

# Zajednica puževa (Mollusca, Gastropoda) izvora rijeke Gojačke Dobre: stanje prije izgradnje HE Lešće

---

Gatarić, Katarina

Master's thesis / Diplomski rad

2015

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:019145>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-16**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Katarina Gatarić

Zajednica puževa (Mollusca, Gastropoda) izvora rijeke  
Gojačke Dobre: stanje prije izgradnje HE Lešće

Diplomski rad

Zagreb, 2015.

Ovaj rad, izrađen u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka 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 edukacije biologije i kemije.

Zahvaljujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Jasni Lajtner na mentorstvu, strpljenju, savjetima i velikoj pomoći tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Hvala roditeljima koji su mi velikim odricanjem omogućili fakultetsko obrazovanje i bili velika podrška i oslonac tijekom cijelog studija, kao i mojem suprugu te mojoj sestri na potpori i razumijevanju.

Veliko hvala i mojoj maloj kćerkici koja mi je bila inspiracija i poticaj za napredovanje u studiju kao što će biti i za sve ostalo što slijedi u životu.

Veliko hvala svima!

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

### ZAJEDNICA PUŽEVA (MOLLUSCA, GASTROPODA) IZVORA RIJEKE GOJAČKE DOBRE: STANJE PRIJE IZGRADNJE HE LEŠĆE

Katarina Gatarić

Rooseveltove trg 6, 10000 Zagreb

Glavni cilj ovog rada bio je odrediti sastav i strukturu zajednice slatkovodnih puževa izvora rijeke Gojačke Dobre. Istraživanje je provedeno u razdoblju od lipnja 2008. godine do svibnja 2009. godine na osam postaja kojima su obuhvaćeni glavni izvor Gojak (D1) i izvorišni tok rijeke Gojačke Dobre (D2), četiri manja izvora uz njezin tok (IZV-SKU, IZV-GOR, IZV-TOM, D5) te izvori njezinih glavnih pritoka, Bistrice (B1) i Ribnjaka (R1). Na svim postajama uzorci makrozoobentosa skupljani su na kamenitoj podlozi, a na postajama D2, B1 i R1 uzorci su uzimani i s mahovine. Iznimka je izvor u Gorincima gdje je prevladavao muljeviti supstrat. Nakon izdvajanja iz bentosa puževi su u laboratoriju determinirani do razine vrste. Iz dobivenih podataka o brojnosti jedinki za svaku vrstu utvrđena je gustoća populacije. Tijekom istraživanja pronađeno je ukupno 13 vrsta puževa, a dominantna vrsta na svim istraživanim postajama bila je *Sadleriana fluminensis*. Na postajama D2, B1 i R1 veća brojnost jedinki zabilježena je na kamenitoj podlozi. Provedena analiza funkcionalnih hranidbenih skupina pokazala je da strugači i detritivori imaju podjednak udio, dok je udio ostalih skupina zanemarivo mali. Margalefov indeks bogatstva vrsta bio je najveći na kamenom supstratu izvorišnog toka Gojačke Dobre. Najviše vrijednosti Shannonovog i Simpsonovog indeksa raznolikosti, kao i Pieoulovog indeksa ujednačenosti utvrđene su na mahovini u izvorišnom toku Gojačke Dobre. Najniže vrijednosti svih indeksa zabilježene su na mahovini u izvoru Ribnjaka. Klaster analizom sastava zajednice puževa ustanovljeno je grupiranje izvora Ribnjaka i Bistrice s jedne, te glavnog izvora Gojak i manjih izvora uz Gojačku Dobru, s druge strane. Dobiveni podaci daju značajan doprinos boljem poznavanju faune slatkovodnih puževa rijeke Gojačke Dobre, ali predstavljaju i osnovu za praćenje promjena nastalih izgradnjom HE Lešće.

(57 stranica, 27 slika, 3 tablice, 39 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: gustoća populacije, funkcionalne hranidbene skupine, mekušci

Voditelj: Doc. dr. sc. Jasna Lajtner

Ocjenitelji: Doc. dr. sc. Jasna Lajtner  
Izv. prof. dr. sc. Ines Radanović  
Prof. dr. sc. Zora Popović

Rad prihvaćen: 28. svibnja 2015.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation Thesis

### SNAIL FAUNA (MOLLUSCA, GASTROPODA) OF THE GOJAČKA DOBRA RIVER SPRINGS: STATUS BEFORE THE CONSTRUCTION OF HPP LEŠĆE

Katarina Gatarić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The main objective of this study was to determine diversity and community structure of the freshwater snails from the Gojačka Dobra River springs. Field research was conducted from June 2008 to May 2009 at eight locations which include the main source Gojak (D1) and the source stream of the river Gojačka Dobra (D2), four small springs along its course (IZV-SKU, IZV-GOR, IZV-TOM, D5) and the sources of its major tributaries, Bistrica (B1) and Ribnjak (R1). At all locations macroinvertebrate samples were collected from the rocky ground, while at the stations D2, B1 and R1 samples were also taken from the moss. The exception was the source of the Gorinci where the muddy substrate was prevailing. Snails were separated from the benthos sample in the laboratory and then were determined to the species level. Population density of each species was determined based on the number of individuals. In this study, a total of 13 species of freshwater snails was found and the dominant species at all investigated locations was *Sadleriana fluminensis*. At the locations D2, B1 and R1 greater number of individuals was recorded on the rocky ground. The analysis of functional feeding guilds showed that scrapers and detritivores were equally present, while presence of other groups was negligible. Margalef's richness index was the highest on the stone substrate of the location D2. The highest values of the Shannon's and Simpson's diversity index, and the Pielou's evenness index were found on the same location, but on the moss substrate. Cluster analysis of similarity showed grouping of sources Ribnjak and Bistrica on one side, and the main source Gojak and smaller sources along Gojačka Dobra on the other side. The resulting data provide a significant contribution to a better knowing of the fauna of freshwater snails of the Gojačka Dobra River, and also provide the basis for tracking changes resulting from the construction of HPP Lešće.

(57 pages, 27 figures, 3 tables, 39 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: population density, functional feeding guilds, molluscs

Supervisor: Dr. Jasna Lajtner, Asst. Prof.

Reviewers: Dr. Jasna Lajtner, Asst. Prof.  
Dr. Ines Radanović, Assoc. Prof.  
Dr. Zora Popović, Prof.

Thesis accepted: 28<sup>th</sup> May, 2015

## SADRŽAJ:

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. UVOD .....                                                                   | 1  |
| 1.1. Obilježja riječnog ekosustava .....                                        | 1  |
| 1.2. Opća obilježja izvora .....                                                | 3  |
| 1.3. Klasifikacija izvora .....                                                 | 4  |
| 1.4. Opća obilježja puževa .....                                                | 5  |
| 1.5. Morfologija i anatomija puževa .....                                       | 6  |
| 1.5.1. Vanjski izgled .....                                                     | 6  |
| 1.5.2. Unutarnja građa i funkcije .....                                         | 8  |
| 1.6. Ekologija i ugroženost slatkovodnih puževa .....                           | 11 |
| 1.7. Cilj istraživanja .....                                                    | 13 |
| 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....                                                  | 14 |
| 3. MATERIJALI I METODE .....                                                    | 21 |
| 3.1. Terenska istraživanja .....                                                | 21 |
| 3.2. Obrada podataka .....                                                      | 23 |
| 4. REZULTATI .....                                                              | 26 |
| 4.1. Sastav i struktura zajednice puževa rijeke Gojačke Dobre .....             | 26 |
| 4.1.1. Izvor Gojak, istraživačka postaja D1 .....                               | 29 |
| 4.1.1.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije .....                     | 29 |
| 4.1.1.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa .....                 | 30 |
| 4.1.2. Izvorišni tok Gojačke Dobre, istraživačka postaja D2 .....               | 31 |
| 4.1.2.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije .....                     | 31 |
| 4.1.2.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa .....                 | 33 |
| 4.1.3. Izvor Bistrice, istraživačka postaja B1 .....                            | 33 |
| 4.1.3.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije .....                     | 33 |
| 4.1.3.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa .....                 | 35 |
| 4.1.4. Glavni izvor Ribnjaka, istraživačka postaja R1 .....                     | 35 |
| 4.1.4.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije .....                     | 35 |
| 4.1.4.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa .....                 | 37 |
| 4.1.5. Izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Podumol, istraživačka postaja D5 ..... | 37 |
| 4.1.5.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije .....                     | 37 |
| 4.1.5.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa .....                 | 39 |
| 4.1.6. Izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Gorinci .....                          | 39 |
| 4.1.6.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije .....                     | 39 |
| 4.1.6.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa .....                 | 41 |
| 4.1.7. Izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Skukani .....                          | 41 |

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.7.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije .....      | 41 |
| 4.1.7.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa .....  | 41 |
| 4.1.8. Tomaševića izvor uz Gojačku Dobru kod toplica Lešće ..... | 43 |
| 4.1.8.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije .....      | 43 |
| 4.1.8.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa .....  | 43 |
| 4.2. Analiza sličnosti i raznolikosti zajednice puževa .....     | 45 |
| 5. RASPRAVA .....                                                | 47 |
| 6. ZAKLJUČAK .....                                               | 51 |
| 7. LITERATURA.....                                               | 53 |
| 8. ŽIVOTOPIS .....                                               | 57 |

# 1. UVOD

## 1.1. Obilježja riječnog ekosustava

Promatramo li rijeku kao sustav u svom prirodnom okolišu on uključuje biotičke interakcije među biljkama, životinjama i mikroorganizmima kao i abiotičke, kemijske i fizikalne interakcije. Karakteristike koje riječni tok čine jedinstvenim te ga razlikuju od ostalih vodenih staništa su: jednosmjernan protok, kontinuirane fizičke promjene duž toka, prisutan visoki stupanj prostorne i vremenske heterogenosti (mikrostaništa), velika varijabilnost među riječnim sustavima, specijaliziranost života biote s uvjetima protoka. Prirodna dinamika rijeka je ključni faktor za raznolikost vrsta i staništa. Različita staništa i vrste koje ih nastanjuju čine vrlo dinamične prirodne ekosustave za čiji je opstanak neophodan i ljudski utjecaj.

Koncept riječnog kontinuuma (RCC – eng. *River Continuum Concept*, Vannote i sur., 1980) integrira tok rijeke, izvor energije, hranidbenu mrežu i u manjem opsegu nutrijente u longitudinalni model riječnog ekosustava. Tekućice imaju karakterističan longitudinalni profil, odnosno strmije su uzvodno dok im se nizvodno nagib postepeno smanjuje. 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).

Rijeke najčešće izvire u jednoj glavnoj točki (izvor ili vrelo) ili nastaju spajanjem više izvora odnosno pritoka. Tok rijeke se može podijeliti na gornji, srednji i donji tok. Gornji tok karakteriziraju brzaci. Erozijom u planinskim ili krškim područjima rijeka urezuje kanjone ili stvara doline. 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 iz kanjona postupno prelazi u riječnu dolinu. Obilježavaju ga šire doline i manji nagib. Sediment postaje pretežak pa se taloži u koritu, te na taj način nastaju šljunčani, pješčani ili muljeviti sprudovi. Smanjuje se dubinska, a jača bočna erozija zbog koje korito poprima oblik slova U. U ovom se dijelu spajaju pritoci i nastaju meandri. U nizinama rijeka ulazi u donji tok gdje teče širokom poplavnom ravnicom. U donjem toku, zoni taloženja sedimenta, rijeka meandrira i može oblikovati nova korita kako teče preko nataloženog sedimenta (Allan i Castillo, 2007). U ovom dijelu toka širine rijeka mogu doseći i po nekoliko stotina metara. Svaka rijeka ima svoj kraj, većina se ulijeva u drugu rijeku ili more, dok rijetke nestaju u kopnu.

Biološke se zajednice prilagođavaju promjenama u preraspodjeli upotrebe kinetičke energije u fizikalnom sustavu rijeke (Vannote i sur., 1980). Sustavi koji imaju stabilne fizikalne čimbenike imaju i malu bioraznolikost, dok sustavi s varijabilnim fizikalnim čimbenicima imaju veliku raznolikost vrsta. Temperatura je jedan od čimbenika koji ima veliki utjecaj na bioraznolikost. Izvorišni dijelovi toka su u kontaktu s podzemnom vodom te imaju male promjene 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 rijeka zbog velikog volumena vode u koritu temperaturna amplituda se smanjuje. Ostali čimbenici, uključujući utjecaj obale, supstrata, toka vode i hrane, također su važni i mijenjaju se nizvodno (Vannote i sur., 1980).

Organizmi riječnih ekosustava pokazuju različite sposobnosti sakupljanja hrane koji ovise o dostupnosti hrane i općenito o značajkama staništa. Makrozoobentos rijeka koji uključuje kukce, rakove, mekušce i druge svojte, organiziran je u funkcionalne hranidbene skupine na temelju sličnosti u prikupljanju i vrsti hrane. Strugači se hrane obraštajem i usitnjenom organskom tvari u obraštaju, usitnjivači krupnim česticama detritusa, sakupljači ili detritivori česticama usitnjene organske tvari koje se talože na dnu, filtratori procjeđuju suspendirane čestice usitnjene organske tvari iz struje vode, grabežljivci konzumiraju druge životinje, ksilofagi jedu drvo, bušači buše staničnu stijenku biljaka i algi nakon čega se hrane njihovim tkivom, a paraziti se hrane tkivom domadara (Moog, 2002). Primjerice usitnjivači i sakupljači prevladavaju u gornjem toku, gdje je organska tvar s kopna glavni izvor hrane. Strugači dominiraju u srednjem toku rijeke. Rastom rijeke i smanjenjem veličine transportiranih čestica, sakupljači prevladavaju u donjim dijelovima toka. Osnovni izvor hrane u gornjem toku je otpalo lišće jer je kod velikog broja rijeka izvor zasjenjen, a rast algi je ograničen zbog nedostatka 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. 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).

## 1.2. Opća obilježja izvora

Izvori ili vrela definiraju se kao mjesta na kojima podzemna voda izlazi na površinu te na taj način stvara površinski tok. Dok biolozi izvore obično predočuju kao mjesta gdje izviru potoci ili rijeke, hidrogeolozi u tu definiciju uključuju još i brojne male izvore koji nisu povezani s glavnim tokom (Zollhöfer i sur., 2002).

Osim što su izvori prisutni u svim tipovima reljefa (brdskim, planinskim i nizinskim područjima) pojavljuju se i pod morem u obliku vrulja. Vrulja je izvor ispod površine mora kroz koji iz krškog sustava u more utječe podzemni tok ili rijeka ponornica. U blizini vrulje, za razliku od ušća rijeke, postoji difuzno područje bočate vode u kojem salinitet raste s udaljenošću, ovisno o morskim strujanjima. Postoje stalne i povremene vrulje. Veličina izvora varira od vrlo malih povremenih izvora koji se pojavljuju nakon obilnijih kiša do vrlo velikih stalnih izvora velikih planinskih rijeka.

Pojavljivanje izvora uvjetovano je kontaktom propusnog i nepropusnog geološkog sloja na površini ili postojanjem pukotina u stijeni koja je povezana sa sabirnim i izlaznim područjem podzemnih voda, a ovisi i o konfiguraciji terena i razini podzemnih voda (Herak, 1990). Izvori su jako raznolika i specifična staništa koja imaju puno prijelaznih oblika pa ih je teško klasificirati.

Izvor (krenon ili krenal) je širi pojam koji podrazumijeva izvorište (eukrenal), odnosno mjesto gdje voda izlazi na površinu, te izvorski tok (hipokrenal), tok nizvodno od izvora. Područje izvorišta, odnosno eukrenala može se odrediti praćenjem godišnjih temperaturnih promjena ili po specifičnim vrstama beskralješnjaka koji nastanjuju samo te dijelove toka. Godišnje temperaturne promjene u izvorima uglavnom su vrlo male pa se područje eukrenala određuje kao dio toka u kojem godišnje temperaturne fluktuacije ne prelaze 2 °C (Erman i Erman 1995, cit. prema Smith i sur. 2001), ili prema nekim autorima 5 °C (Illies 1952, cit. prema Smith i sur. 2001).

Vrste ograničene na eukrenal se nazivaju krenobionti, dok se krenofilima nazivaju vrste koje su jednako raspoređene po čitavome krenalu, ali mogu imati veću zastupljenost i na području hipokrenala. Zona hipokrenala može se prostirati od nekoliko metara do nekoliko stotina metara nizvodno od izvora ovisno o njegovoj veličini. Nakon zone hipokrenala slijedi zona epiritrala.

Izvori su smješteni na prijelazu između podzemne i nadzemne vode pa zbog toga čine zaseban biotop koji nazivamo ekoton. 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). To su specifična i jedinstvena mjesta za proučavanje odnosa životinjskih zajednica i okolišnih čimbenika koji imaju utjecaj na njihovu raznolikost i rasprostranjenost.

### 1.3. Klasifikacija izvora

Različite klasifikacije izvora u Europi utemeljene su uglavnom na ekološkim značajkama, a geološke i klimatske promjene u prošlosti služile su za objašnjenje prisutnosti i rasprostranjenosti izvorskih specijalista ili krenobionata, kao i endemskih i reliktnih vrsta koje su nađene u izvorima (Erman, 2002). Kod upotrebe različitih klasifikacija treba uzeti u obzir veliku raznolikost koja postoji u prirodi. Također treba biti svjestan da su izvori vrlo specifična i raznolika staništa koja se javljaju u širokom spektru prijelaznih oblika, pa ih je time vrlo teško klasificirati.

Dosadašnje klasifikacije izvora temeljile su se na 5 osnovnih kriterija: 1) hidrogeologija, 2) fizikalno – kemijski čimbenici, 3) obim i varijabilnost protoka, 4) fauna (Zollhöfer i sur., 2002), 5) glacijalna prošlost (Williams i Williams, 1998).

U ranim danima hidrobiologije, Steinmann (1915) je klasificirao izvore na temelju načina istjecanja vode i strukturalnih značajki izvora koje su s tim povezane (Zollhöfer i sur., 2000). Autor razlikuje tri glavna tipa izvora:

- Reokreni izvori su izvori kod kojih sva voda izlazi na jednom mjestu te na taj način odmah formira turbulentni izvorski tok. Ovakvi izvori su vrlo slični ograncima prvog reda, a njihova vegetacija često je nalik na onu u zoni ritrala gdje prevladavaju mahovine. To su izvori koji imaju jako prozračivanje vode i stjenovitu podlogu.
- Limnokreni izvori ili oka su izvori gdje voda izlazi na dnu veće i dublje udubine formirajući ujezerenje koje podsjeća na planinsko jezero. Izvorišno područje takvog izvora najčešće ima muljevito - pjeskoviti sediment.
- Helokreni izvori su specifični manji izvori gdje male količine vode difuzno izlaze kroz slojeve mulja i organskog detritusa, a najčešće su prekriveni bogatom vodenom i higrofilnom vegetacijom.

Unatoč nedostacima, odnosno neupotrebljivosti na brojnim različitim prijelaznim tipovima izvora, ova klasifikacija se zbog jednostavnosti zadržala u upotrebi tijekom brojnih generacija limnologa.

Klasičnu tripartitnu podjelu izvora Gerecke i sur. (1998) i Zollhöfer i sur. (2000) proširuju s još jednim tipom izvora – linearni izvori. To su izvori kod kojih voda izlazi duž većeg segmenta kanala, a mjesto izlaženja vode mijenja se ovisno o hidrološkim prilikama i količini oborina. Povećanjem protoka izvor se pomiče uzvodno, a smanjivanjem dotoka podzemnih, podpovršinskih i površinskih voda spušta nizvodno.

Osim navedenih, treba spomenuti švicarsku tipologiju izvora u kojoj su na temelju sastava zajednica i strukturalnih obilježja navedena još tri tipa reokrenih izvora (Zollhöfer i sur., 2000): krški reokreni, sedrotvorni reokreni i nesedrotvorni reokreni izvori.

Nedostatak svih ovih podjela je što ne uzimaju u obzir termalne, bočate i slane izvore i mogu se najbolje upotrijebiti za klasifikaciju stalnih, a djelomično i povremenih hladnih izvora središnje i sjeverne Europe. Idealna ekološka klasifikacija morala bi uključivati opće strukturalne i biotičke karakteristike izvora.

#### **1.4. Opća obilježja puževa**

Puževi (Gastropoda) pripadaju koljenu mekušaca (Mollusca). Puževi su faunistički najraznovrsniji razred mekušaca, a njihova brojnost procjenjuje se na oko 70 000 do danas opisanih vrsta (Habdija i sur., 2011), dok je prema Matonićkin i sur. (1998) poznato više od 105 000 vrsta recentnih i 15 000 fosilnih. Puževi su svoje stanište pronašli u moru, kopnenim vodama, ali također su i jedini mekušci koji su se prilagodili životu na kopnu. Na području Hrvatske živi oko 300 vrsta kopnenih i 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). Prednjoškržnjaci žive u moru, tek manjim dijelom i u slatkim vodama i oni su najbrojniji. Isključivo u moru žive stražnjoškržnjaci i poznato je oko

13 000 vrsta. Predstavnici podrazreda plućnjaka u potpunosti su se prilagodili životu na kopnu, te je poznato oko 35 000 vrsta (Habdija i sur., 2004).

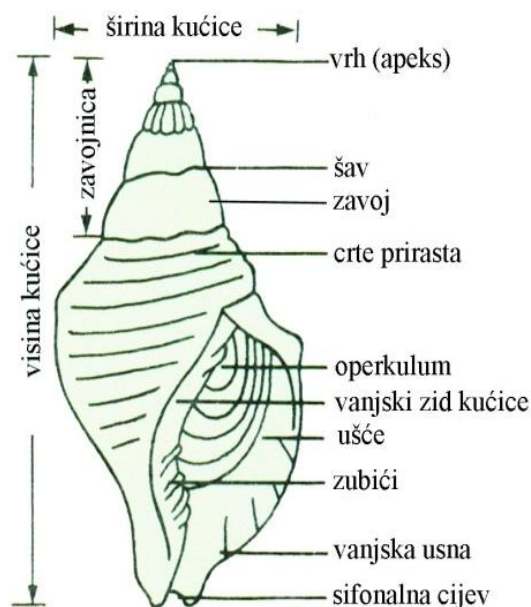
## **1.5. Morfologija i anatomija puževa**

### **1.5.1. Vanjski izgled**

U mnogim obilježjima puževi vrlo malo odstupaju od plana izgradnje pretka mekušaca (Matonićkin i sur., 1998). Oni su asimetrične životinje i na tijelu im možemo razlikovati glavu, stopalo i spiralno savijenu utrobnu vreću koja je zaštićena ljušturom.

Na prednjem dijelu tijela nalazi se glava, a na glavi možemo vidjeti oči, te jedan ili dva para ticala koja imaju osjetilnu ulogu (Habdija i sur., 2011). Ovisno o vrsti, položaj očiju i broj ticala se razlikuju. Kod plućnjaka kopnenih voda pri dnu ticala su oči (*Basommatophora*). Kopneni puževi plućnjaci imaju dva para uglatih ticala, gornji par je dulji, na vrhu nešto proširen i na njemu su oči, dok je donji par kraći i bez očiju (Matonićkin i sur., 1998). Usta se nalaze na donjoj strani glave, te ih pokrivaju usni lapovi. Mišićavo stopalo nalazi se na trbušnoj strani tijela, te služi za puzanje, hvatanje plijena, razmnožavanje i obranu. Kod nekih pelagičkih vrsta puževa stopalo je izmijenjeno i prilagođeno za plivanje, kod vrsta koje se ukopavaju u podlogu stopalo je povećano, dok je kod sjedilačkih vrsta stopalo znatno reducirano (Habdija i sur., 2011). Također, stopalo je cijelo pokriveno sluzi, koju proizvode mukozne žlijezde te sluz pomaže da životinja lagano klizi po podlozi. Spiralno savijena utrobna vreća nalazi se s leđne strane. Utroba je obavijena plaštem koji izlučuje vapnenačku ljušturu. Plašt puževa okružuje cijelo tijelo, osim glave, a budući da izlučuje kućicu, prirastao je uz rub njezina ušća u obliku nabora (Matonićkin i sur., 1998).

Kućica puža u najjednostavnijem je slučaju šuplji čunj koji se zavija oko zamišljene okomite osi (Habdija i sur., 2011). Vrh kućice, apeks, stvara se od embrionalne ljuske u jajetu i značajan je po finoj strukturi, te govorimo o vremenski najstarijem dijelu kućice. Donji, bazalni dio koji se naziva ušće (otvor ili apertura) vremenski je mlađi (Slika 1).



Slika 1. Vanjska građa kućice puža (preuzeto iz Habdija i sur., 2004).

Kućica se orijentira na način da se vrh okrene gore, ušće dolje i prema promatraču. Ako ušće kućice leži na desnoj strani, onda je kućica dešnjakinja (dekstrozna); u suprotnom je kućica ljevakinja (sinistrozna) (Habdija i sur., 2011). Samo nekoliko rodova ima kućicu savijenu ulijevo – sinistroznu (Matoničkin i sur., 1998). Dotiču li se zavoji u osi spirale, onda nastaje vreteno – kolumela, a u drugom slučaju, ako se ne dotiču, nastaje šuplja kolumela, koja s donje strane ima otvor, pupak (umbilikus) (Matoničkin i sur., 1998). Kod nekih vrsta postoji sifonalna cijev koja je zapravo cjevasti nastavak bazalnog dijela ušća. Počevši od najstarijeg, apikalnog dijela kućice, zavoji se pravilno povećavaju prema ušću, te je prema tome posljednji zavoj kućice i najveći. Operkulum je dio koji razlikuje prednoškržnjake od ostalih puževa. On zatvara ušće kućice kada se glava i stopalo uvuku i ne postoji kod stražnoškržnjaka i plućnjaka.

Kućica mekušaca je najčešće izgrađena od vanjskog organskog periostrakuma i dva vapnena sloja ispod njega, ali kod puževa se ne može u potpunosti zapaziti takav raspored. Kod mnogih puževa vapneni se dio sastoji od tri sloja, kod nekih od četiri, a u kopnenih plućnjaka od 4-6. Periostrakum je tanak, smeđe obojen proteinski sloj koji nije pozitivan na hitinski test (Matoničkin i sur., 1998). Neposredno ispod periostrakuma je prizmatični unutarnji sloj oostrakum, u kojem su kristali kalcijevog karbonata položeni u stupce okomite na površinu ljuštore. Ispod oostrakuma je listasti sedefasti unutarnji sloj hipostrakum, u kojem su kristali,

poput listića (lamela), nanizani jedan povrhu drugog (Habdija i sur., 2011). Prema Matoničkin i sur. (1998) vapneni dio kućice općenito sadrži druge minerale, a ne samo kalcijev karbonat. Iako njega ima više od 95 %, prisutne su i druge anorganske komponente kao što su kalcijev fosfat, kalcijev sulfat, magnezijev karbonat, te soli nekih metala (aluminija, željeza, bakra, stroncija, barija).

### **1.5.2. Unutarnja građa i funkcije**

Mišići puževa čine sloj koji je bazalnom membranom odijeljen od epiderme, te izgrađuju mišićno tkivo uronjeno u nakupinu vezivnog tkiva. Najrazvijeniji mišići u puževa su mišići stopala. Njihovim stezanjem stopalo se koljenasto savije u obliku slova V i na taj se način uvuče u kućicu (Matoničkin i sur., 1998). Najvažniji je kolumelarni mišić koji izlazi iz stopala, pričvršćen je za kolumelu, a zatim se grana u mišićne snopiće koji su povezani s ticalima, ždrijelom, glavom i stopalom (Habdija i sur., 2011). Kod nekih vrsta puževa, nakon što se tijelo uvuče u kućicu ušće se pokrije već prije spomenutim operkulumom koji je rožnate strukture i često očvrstnut kalcijevim karbonatom. Bitno je još spomenuti i tarzalni mišić čijim stezanjem nastaju valovi mišićnih kontrakcija pomoću kojih se puževi pokreću.

Jedinstveni proces u životinjskom svijetu, prisutan kod puževa, je zakretanje (torzija) utrobne vreće i plaštanog kompleksa. Ako promatramo s leđne strane, torzija uvijek ide u smjeru suprotnom od kazaljke na satu. Utrobna vreća i plaštani kompleks zarotiraju se za 180° tako da plaštana šupljina i analni otvor s prvobitno stražnjeg dijela tijela dođu u položaj iznad i iza glave (Habdija i sur., 2011). Kriterij po kojem se dijele danas živi puževi je stupanj torzije. Kod prednoškržnjaka plaštani kompleks pomaknut je naprijed pa je par škrga došao u položaj ispred srca (Zygobranchia). Kod stražnoškržnjaka došlo je do detorzije pa su jedna škrga (Azygobranchia) i jedna pretklijetka (Monotocardia) došle u položaj iza srca. Torzija plaštanog kompleksa obilježava i embriogenezu plućnjaka (Habdija i sur., 2004).

U živčanom sustavu puževa iznad ždrijela se nalazi par cerebralnih ganglija, nazvanih i nadždrijelni, povezanih cerebralnom komisurama. Par nadždrijelnih ganglija konjektivama je povezan s parom pleuralnih i parom pedalnih ganglija. Nadalje, pleuralni gangliji su povezani s parom parijetalnih ganglija, a oni s parom visceralnih ganglija. Cerebralni gangliji inerviraju glavu i usta i prihvataju živce osjetnih organa, dok pedalni gangliji inerviraju stopalo i živčanu mrežu koja se nalazi u njemu. Iz pleuralnog ganglija živci idu prema plaštu, a parijetalni gangliji su u vezi sa

škrigama, osfradijima, te dijelom plašta i kože (Matoničkin i sur., 1998). Naposljetku, visceralni ganglij inervira utrobu i plaštane organe. Također, zbog torzije je i živčani sustav postao asimetričan.

Kod puževa su osjetne stanice raširene po cijeloj površini kože u kojoj se nalaze različiti tipovi mehaničkih i kemijskih osjetila, najgušće raspoređenih na rubu stopala i na ticalima. Osfradiji su kemoreceptori koji se nalaze blizu osnovice škrga ili na rubu plašta i upravljaju i strujanjem vode u plaštanoj šupljini. Oči najčešće nalazimo na osnovici ticala, a kod nekih vrsta koje žive na kopnu na vršcima drugog para ticala. Organi za ravnotežu su statocisti smješteni na stopalu u blizini pedalnih ganglija i inervira ih cerebralni ganglij. Oni sadrže vapnenačka tjelešca, statolite, koji se oslanjaju na dlačice osjetnih stanica (Habdija i sur., 2011).

Građa i raspored probavnog sustava nisu isti u svih puževa, te ovise o vrsti i načinu uzimanja hrane. Također, uz probavni sustav vezane su i različite žlijezde, te one sudjeluju u ekstracelularnoj i intracelularnoj probavi hrane. Na donjoj strani glave nalaze se usta koja su pokrivena s dva krpasta izdanka, usnim lapovima. U ustima mnogih puževa nalaze se kutikularizirane čeljusti, također i jedan ili više pari slinskih žlijezda. Osim probavnih enzima (amilaza i proteolitičkih enzima), slinske žlijezde luče sluz za podmazivanje čeljusti i trenice (Habdija i sur., 2011). Vrlo važan organ, trenica ili radula, nalazi se u ždrijelu na odontoforu koji je nosilac trenice, djelomično izgrađen od hrskavičnog tkiva. Ona je vrlo gipka hitinska membrana s mnogobrojnim redovima zubića. Usitnjena hrana odlazi u jednjak koji je u mnogih puževa proširen u volju. Iz jednjaka hrana prelazi u želudac koji je usko povezan s parom velikih probavnih žlijezda (Matoničkin i sur., 1998.). Neprobavljeni ostaci prolaze kroz crijevo i izlaze kroz crijevni otvor.

Otvoreni krvotok je sustav u kojemu nema zatvorenog sustava krvnih žila, već se tjelesna tekućina nakon izlaska iz glavnih krvnih žila izlijeva u veće šuplje prostore oko pojedinih organa (zatoni ili sinusi) te u manje prostore (lakune) unutar pojedinih organa ili u međustanične prostore (Habdija i sur., 2011). Upravo takav optjecajni sustav, kojim struji tjelesna tekućina hemolimfa, imaju puževi. Hemolimfu možemo opisati kao mješavinu izvanstanične i tjelesne tekućine koja teče glavnim krvnim žilama. U njoj je otopljen respiratorni pigment hemocijanin koji sadrži bakar. Rijetko, kao npr. kod vrste *Planorbarius corneus*, postoji u krvi hemoglobin (Matoničkin i sur., 1998). Srce je smješteno u blizini dišnog i ekskretornog sustava, te se sastoji od jedne ili dvije pretkljetke koje su zaliscima povezane s klijetkom. Hemolimfa prelazi iz pretkljetki u klijetku, te se njenom kontrakcijom potiskuje u aortu i dalje arterijama do svih

organa u tijelu. Zatim se skuplja u jednom ili dva zatona iz kojih dolazi u škrge, a iz škrge oksigenizirana hemolimfa ulazi u pretkljetku.

Mehanizmi disanja uvelike se razlikuju kod vodenih i kopnenih puževa. Vodeni puževi, osim što imaju mogućnost izmjene plinova preko površine kože, imaju i posebno izgrađene organe za disanje, peraste škrge ili ktenidije (Habdija i sur., 2011). Neki prednjoškržnjaci imaju jedan par ktenidija, dok je kod nekih drugih vrsta ostao samo lijevi ktenidij. Kod kopnenih puževa ne postoje škrge, već funkciju dišne površine preuzima prokrvljeni plašt.

Izlučivanje produkata metabolizma kod puževa se odvija na nekoliko načina: metanefridijima, kožom i škrnama. Metanefridiji imaju trepetljikavi lijevak (nefrostop) koji se otvara u osrčju. Na njega se nastavlja renoperikardijalna cijev koja se proširuje u vrečastu tvorevinu (žljezdani dio metanefridija) iz koje izlazi mokraćovod koji završava otvorom (nefridioporom). Samo malo jednostavniji prednjoškržnjaci imaju dva metanefridija, od kojih je desni vrlo malen (Matonićkin i sur., 1998). Vodeni puževi odstranjuju dušične ostatke u obliku amonijaka koji je topljiv u vodi. Kopneni puževi nemaju na raspolaganju dovoljnu količinu vode, te su razvili sposobnost resorpcije vode i soli te tako nakupljaju mokraćnu kiselinu koja nije otrovna i izlučuju je iz tijela bez vode, u krutom stanju (Habdija i sur., 2011).

Također, i u spolnom sustavu postoje razlike s obzirom na podrazrede. Tako su prednjoškržnjaci većinom razdvojena spola, dok su stražnjoškržnjaci i plućnjaci dvospolci. U prednjoškržnjaka se uočavaju tri razine usložavanja spolne organizacije u mužjaka i ženki (Habdija i sur., 2011). Dvospolci su razvili dvospolnu žlijezdu (ovotestis) koja proizvodi muške i ženske spolne stanice. Iz nje izlazi dvospolna cijev, kojom se odvede obje vrste spolnih produkata (monaulički tip). Kod nekih skupina dvospolna cijev dijeli se nakon kratkog toka u sjemenovod i jajovod, koji se odvajaju jedan od drugog (dijaulički tip) ili se u nekim slučajevima sjedinjuju naprijed u jedinstveno spolno ušće (Matonićkin i sur., 1998). Nakon oplodnje jaja prolaze spiralno brazdanje nakon kojeg nastaje ličinka veliger. Ličinke napuštaju jaje ili kao skoro razvijeni mladi puževi ili kao jako razvijene ličinke aveliger koje se razvijaju nakon nekoliko sati ili dana.

## 1.6. Ekologija i ugroženost slatkovodnih puževa

Puževi su se, kao najbrojnija i najraširenija skupina mekušaca, prilagodili slanim, slatkim, bočatim vodama, te životu na kopnu (Habdija i sur., 2011). Prednjoškržnjaci (Prosobranchia) su najbrojniji podrazred s oko 20 000 vrsta koje žive u moru, a manjim dijelom i u slatkim vodama ili terestrički (Habdija i sur., 2011). Stražnjoškržnjaci (Opisthobranchia) žive isključivo u moru i to pretežno na morskom dnu, a do danas je opisano oko 13 000 vrsta stražnjoškržnjaka. Među najvećim i najpoznatijim vrstama u Jadranskom moru su *Scaphander lignarius* koji ima ljušturu, *Aplysia depilans* (morski zekan) s malom unutarnjom ljušturom te *Tethys fimbria* (resati plosnoglavac bez ljušture (Habdija i sur., 2011). Nasuprot njih imamo plućnjake (Pulmonata) koji su se prilagodili životu na kopnu. To su većinom kopneni puževi, dok ih je u kopnenim vodama manje (Matonićkin i sur., 1998). Procjenjuje se da ih ima 16 000 do 30 000 vrsta. Također, bitno je znati da zdravlje puževa, kao preduvjet za njihov neometan razvoj, ovisi o nizu abiotičkih i biotičkih čimbenika. Abiotički čimbenici su koncentracija kalcijevih iona, pH vrijednost, substrat, temperatura, vodene struje i mlat valova, dok su biotički čimbenici rast biljaka, suparnici u hranidbenom lancu, neprijatelji i paraziti (Dillon, 2000).

Količina iona kalcija otopljenog u vodi je jedan od vrlo važnih abiotičkih čimbenika za slatkovodne puževe. Puževi koriste kalcij iz vode za izgradnju kućice, što je dokazano pomoću radioaktivnog kalcijeva klorida dodanog vodi (Matonićkin i sur., 1998). Međutim, potreba za kalcijem je drugačija kod različitih vrsta. Na primjer, rod *Lymnaea* preferira vode bogate kalcijem, dok druge vrste žive u vodama siromašnijim kalcijem kao što je rod *Radix*. Također, dokazano je da rod *Lymnaea* dobiva oko 80 % kalcija iz vode, a tek oko 20 % iz hrane (Glöer, 2002). Topljivost kalcija u vodi ovisi o pomaku kemijske ravnoteže između iona kalcija i ugljične kiseline, dok njihova ravnoteža uvelike ovisi o pH vode. Ako ugljikov (IV) oksid nestane isparavanjem, kalcij se taloži kao kalcijev karbonat. Slatkovodni puževi imaju vrlo visoku toleranciju na vrijednosti pH vode. Tako je rod *Galba* prisutan već pri pH 4,8, dok se kao optimalna vrijednost za slatkovodne puževe smatra pH 6 (Glöer, 2002).

Kisik u najvećoj mjeri u vodu dolazi otapanjem iz atmosfere, dok je drugi manji izvor kisika fotosinteza vodenog bilja. Također, i u ovoj komponenti možemo zamjetiti razlike između različitih porodica. Količina kisika otopljenog u vodi važnija je za prednjoškržnjake nego za plućnjake, jer prednjoškržnjaci uzimaju kisik iz vode, a plućnjaci mogu uzimati atmosferski kisik na površini vode (Glöer, 2002). Temperatura vode je najbitniji čimbenik o kojem ovisi količina

kisika u vodi, dok se kao manje značajni čimbenici navode još količina soli u vodi i nadmorska visina. Kod hladnije vode ima više otopljenog kisika, dok ga kod toplije ima manje.

Temperatura tijela kod puževa ovisi o temperaturi okoline, te prati njene dnevne i sezonske promjene. Temperaturna kolebanja u vodi su manja i sporija nego u zraku. Također, što se više udaljavamo od izvora, kolebanja temperature su veća. Temperatura izvorske vode je većinom ujednačena tijekom cijele godine i odgovara prosječnoj godišnjoj temperaturi toga područja (Kerovec, 1986). Slatkovodni puževi, ovisno o vrsti, imaju različitu toleranciju na temperaturu. Neke vrste provode zimu zakopane u sedimentu (npr. rod *Viviparus*) dok su neke druge vrste (npr. porodica Lymnaeidae) aktivne čak i pod tankim slojem leda (Glöer, 2002).

Brzina strujanja vode u tekućicama djeluje na veličinu čestica substrata. Tako je kod velikih brzina dno stjenovito, dok smanjivanjem brzine vode čestice substrata postaju sve manje. Puževi za substrat biraju sve od čega mogu dobiti hranu. Tako se mnogi hrane algama, ikrom, detritusom, pa i strvinama. Na širokim listovima vodenog bilja (npr. lopoč, lokvanj) jedu alge s rubova dok im donji dijelovi služe za odlaganje jaja.

Kao glavni neprijatelji slatkovodnih puževa navode se ribe, patke, labudovi i štakori. Zbog toga postoje različite prilagodbe kako bi mogli opstati. Dok su se neki poput vrste *Physella acuta* prilagodili životu u vodama lošije kvalitete u kojima nema riba, neke druge vrste imaju čak mogućnost snažnog trzanja kućice ako ih napadne neki predator.

Mekušci, općenito, su jedna od najugroženijih skupina organizama što se tiče izumiranja. Brojni su razlozi njihove ugroženosti. Jedan od najvažnijih uzročnika je gubitak i fragmentacija staništa (Lydeard i sur., 2004). Ograničen areal, nizak fekunditet, dugačko razdoblje sazrijevanja i dugovječnost im onemogućavaju prilagodbu na promjenu u toku vode, siltaciji, manje su otporni na onečišćenje i ne mogu se učinkovito nositi s introduciranim stranim vrstama (Strong i sur., 2008).

Za slatkovodne mekušce posebnu prijetnju predstavlja izgradnja brana (Lydeard i sur., 2004). Brane se grade za rekreaciju, potrebe hidroelektrana, kao zaštite od poplava ili kao akumulacije vode. Postoji mnogo problema do kojih dolazi izgradnjom brana. Dolazi do velikih promjena temperature vode, zatim do porasta brzine vode, te do sprječavanja migracija što je jako bitno kod nekih vrsta zbog razmnožavanja. Također, smanjenje broja vrsta kao i smanjenje gustoće populacija mogu se pripisati dvama glavnim razlozima: osobinama životnog ciklusa te

antropogenim utjecajima (Strong i sur., 2008). Kao što znamo, mnogobrojne vrste puževa su teško prilagodljive na velike promjene u okolišu, te se zbog toga njihov broj uvelike smanjuje.

## **1.7. Cilj istraživanja**

Istraživanje slatkovodnih puževa u izvorima rijeke Gojačke Dobre ima za cilj:

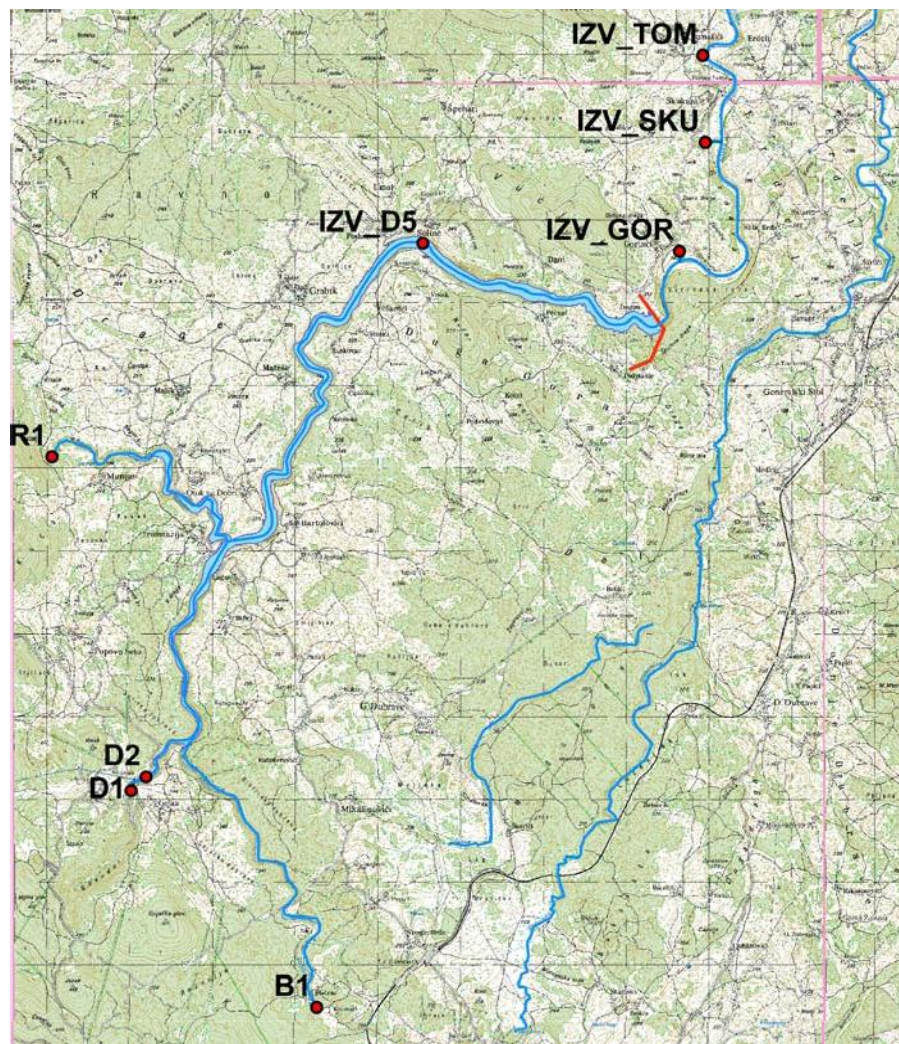
- odrediti sastav zajednice puževa do razine vrste;
- utvrditi gustoću populacija puževa (abundanciju);
- utvrditi funkcionalnu trofičku strukturu zajednice puževa.

## 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Rijeka Dobra je najdulja rijeka ponornica na području Hrvatske s ukupnom dužinom toka od oko 108 kilometara. Sliv rijeke Dobre ima ukupnu površinu od 1 354 km<sup>2</sup> (Gereš, 2007). Prolazi zapadnim dijelom središnje Hrvatske, područjem prostrane zaravni koja se proteže između rijeka Kupe i Une. Dobra ima obilježja nizinskog vodotoka. Izvire u dva izvora u Gorskom kotaru, jedan kod Bukova vrha, a drugi kod Skrada (selo Gornja Dobra). Podijeljena je na dva nadzemna toka, Gornju ili Ogulinsku Dobru, te Donju ili Gojačku Dobru. Poniranjem u Đulinom ponoru rijeka je formirala podzemni sustav s najvećom dužinom speleološki istraženih kanala u Hrvatskoj: sustav Đulin ponor – spilja Medvedica (Šafarek i Šolić, 2011). Ukupna dužina cijelog tog podzemnog spiljskog kompleksa je 16 396 metara. Donji dio toka, odnosno Gojačka Dobra nazvana je po mjestu Gojak na čijem području rijeka ponovno izvire nakon prolaza kroz podzemni sustav. Gojačka Dobra teče dalje kroz 15 km dugačak kanjon te nakon pedesetak kilometara, u blizini grada Karlovca, utječe u rijeku Kupu (Šafarek i Šolić, 2011). Pripada crnomorskom slijevu kao pritoka rijeke Kupe.

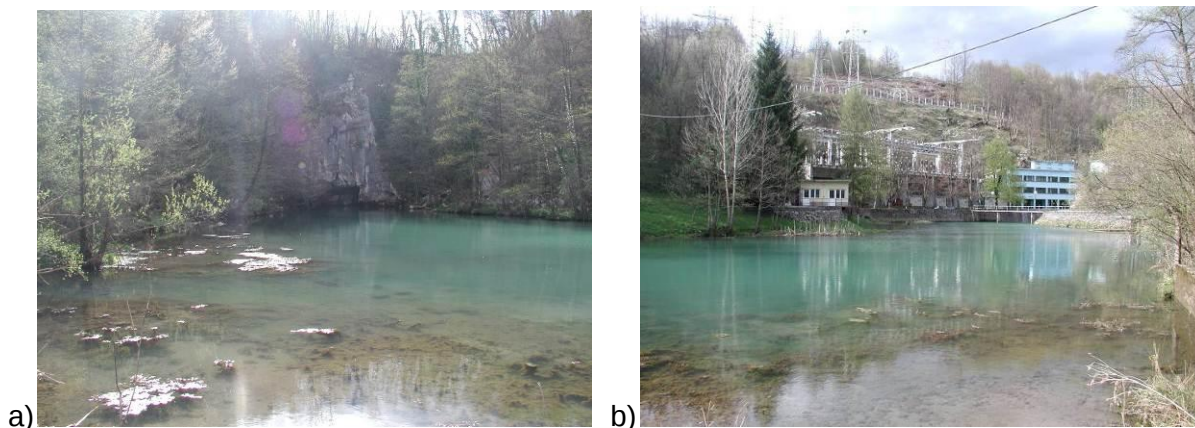
Na rijeci Dobri izgrađene su dvije hidroelektrane: hidroelektrana Gojak na samom izvoru Gojačke Dobre i hidroelektrana Lešće u blizini mjesta Gorinci. Prirodno hidrološko stanje Gojačke Dobre poremećeno je 1959. godine izgradnjom hidroelektrane Gojak na samom izvoru Gojačke Dobre, čiji vodostaj otada znatno ovisi o radu ove hidroelektrane (Bonacci i Andrić, 2010; Žganec, 2012). Izvor Gojačke Dobre danas je nedostupan jer je u njegovoj neposrednoj blizini smještena strojarnica hidroelektrane. Količina protoka vode pod neposrednim je utjecajem hidroelektrane. Cijeli kanjon kroz koji je tekla Gojačka Dobra u svom gonjem dijelu, kao i okolica kanjona, bili su pokriveni šumskom vegetacijom sve do početka radova radi formiranja akumulacije hidroelektrane Lešće koji su uključivali i krčenje šuma. Tijekom 2010. godine nova hidroelektrana počela je s radom, čime je promijenjen hidrološki režim vode nizvodno od brane. Rijeka Dobra bogata je ihtio i ornitofaunom. Jedna od najzastupljenijih skupina u makrofauni bentosa su puževi (Gastropoda).

Područje istraživanja obuhvaća slijev Gojačke Dobre, glavni tok s pritokama Bistricom i Ribnjakom, te male izvore uz glavni tok (Slika 2). Istraživanje i uzorkovanje je provedeno na osam lokaliteta (postaja). Istraživane postaje su: izvor Gojak, izvorišni tok Gojačke Dobre, izvor Bistrice, glavni izvor Ribnjaka, izvor uz Dobru kod mjesta Podumol, izvor uz Dobru kod mjesta Gorinci, izvor uz Dobru kod mjesta Skukani i Tomaševića izvor uz Dobru kod toplica Lešće.



Slika 2. Prikaz položaja istraživanih postaja na gornjem toku Gojačke Dobre i pritoka Bistrice i Ribnjaka, na topološkoj podlozi u mjerilu 1:25.000 s akumulacijom te branom i injekcijskom zavjesom (crvena linija). Skraćenice pojedinih postaja: D1 – izvor Gojak; D2 – izvorišni tok Gojačke Dobre; B1 – izvor Bistrice; R1 – izvor Ribnjak; IZV D5 – izvor u Podumolu; IZV GOR – izvor u Gorincima; IZV SKU – izvor u Skukanima; IZV TOM – Tomaševića izvor (preuzeto iz Gottstein i sur., 2009).

Izvor Gojak, istraživačka postaja D1 (Slika 3), je veliki izvor smješten unutar ograđenog dijela pogona hidroelektrane Gojak, te predstavlja izvor Gojačke Dobre. Nalazi se na 200 metara nadmorske visine. Ujezereni izvor je djelomično okružen šumom i veći dio vremena zasjenjen visokom okomitom stijenom koja se nalazi iznad njega, dok je izvorišni tok znatno manje zasjenjen i zbog toga gusto obrastao algama veći dio godine (Đurić, 2012).



Slika 3. (a) Izvorište (jezerce) i (b) izvorski tok Gojačke Dobre s pogledom na strojarnicu hidroelektrane Gojak (foto: K. Žganec).

Izvorišni tok Gojačke Dobre, istraživačka postaja D2 (Slika 4), smješten je neposredno prije ulaza u ograđeni dio hidroelektrane Gojak. Okružen je šumom i djelomično ili potpuno zasjenjen, ovisno o dobu dana ili godine. Ta postaja je pod znatnim utjecajem hidroelektrane, pa je povremeno zbog jako visokog protoka vode bila potpuno poplavljena.



Slika 4. Postaja D2 u izvorišnom dijelu toka Gojačke Dobre (foto: P. Đurić).

Gornji tok Gojačke Dobre prima vodu iz dviju glavnih pritoka, potoka Bistrice i Ribnjaka. Potok Bistrica je veći prtok dužine od oko 5 kilometara, čije ušće je smješteno iznad potopljenog slapa Veliki Buk koji se nalazi oko 1 kilometar nizvodno od izvora Gojak. Bistrica ima nešto veću nadmorsku visinu čime je gotovo potpuno izbjegao potapanje tijekom punjenja akumulacije hidroelektrane Lešće.

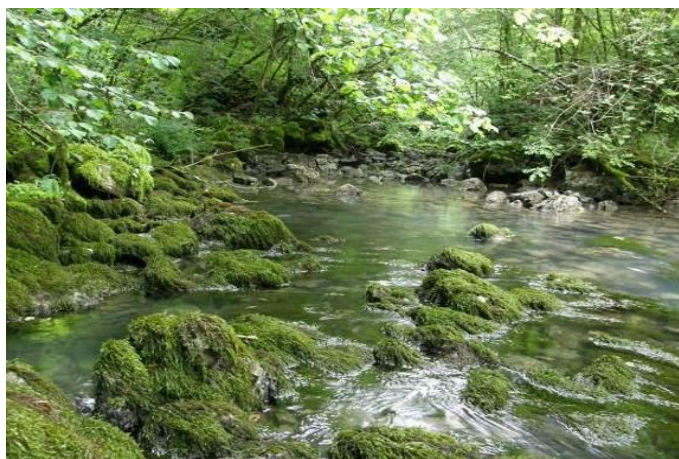
Izvor Bistrice, istraživačka postaja B1 (Slika 5) je izvor smješten jugoistočno od sela Bistrac, okružen šumom i djelomično zasjenjen drvećem. Nalazi se na oko 230 metara nadmorske visine. Izvor je uglavnom prekriven mahovinom.



Slika 5. Izvor Bistrice, postaja B1 (foto: K. Žganec).

U Gojačku Dobru se nizvodno od mjesta Trošmarija ulijeva prtoka Ribnjak. Potok Ribnjak teče u kanjonu koji je gusto obrasao šumom. Tok je širok oko 5-10 metara i dugačak oko 3 kilometra.

Glavni izvor Ribnjaka (Slika 6), istraživačka postaja R1, smješten je u blizini sela Munjasi. To je veliki stalni izvor okružen šumom, te time i potpuno zasjenjen. U sedimentu dominira makrolital (20-40 cm, veće kamenje) i mezolital.



Slika 6. Potok Ribnjak, glavni izvor Ribnjaka – postaja R1 (foto: K. Žganec).

Izvor uz Dobru kod mjesta Podumol, istraživačka postaja D5, (Slika 7) smješten je uz samu rijeku Dobru ispod sela Podumol koje se nalazi uz lijevu obalu. Izvor je potpuno izložen sunčevom zračenju i nije zasjenjen niti prije uklanjanja vegetacije kod pripremnih radova za potapanje kanjona. Istraživačka postaja D5 i njen bočni izvor potopljani su u srpnju 2010. godine nakon punjenja akumulacije.



a)



b)

Slika 7. (a) Postaja D5 u Podumolu prije uklanjanja šumske vegetacije pri niskom protoku iz HE Gojak i (b) ista postaja pri visokom protoku iz HE Gojak nakon uklanjanja šumske vegetacije tijekom 2008. godine za potrebe izgradnje akumulacije HE Lešće (foto: K. Žganec). Na slici (b) vidi se bočni izvor na lijevoj obali malo uzvodno od slapa. Postaja je potopljena nakon izgradnje HE Lešće i punjenja akumulacije Lešće u lipnju 2010. godine.

Izvor uz Dobru kod mjesta Gorinci, (Slika 8) nalazi se istočno ispod sela Gorinci uz lijevu obalu rijeke. To je prva postaja nizvodno od hidroelektrane Lešće. Izvor je potpuno zasjenjen tijekom vegetacijske sezone, a izvan nje samo djelomično. Sediment je muljevit. Početkom rada HE Lešće vjerojatno su u određenoj mjeri promijenjeni hidromorfološki i fizikalno-kemijski uvjeti na ovoj i ostalim postajama nizvodno od brane (Đurić, 2012).



Slika 8. Izvor uz Dobru kod mjesta Gorinci (foto: S. Gottstein).

Izvor uz Dobru kod mjesta Skukani (Slika 9) je izvor manjeg povremenog, lijevog pritoka Gojačke Dobre koji se nalazi u rječnoj dolini Dobre kod mjesta Skukani. Udaljen je oko 200 metara od same rijeke. Nizvodno od izvorskog toka ljeti presušuje dok je sam izvor stalan. Izvor je djelomično zasjenjen, s jedne strane okružen šumom, a s druge obradivim poljoprivrednim površinama. Sediment izvora je muljevit s krupnim kamenjem u dubljim dijelovima izvora.



Slika 9. Izvor uz Dobru kod mjesta Skukani (foto: S. Gottstein).

Tomaševića izvor uz Dobru kod toplica Lešće (Slika 10) podrazumijeva dva izvora na lijevoj obali Dobre. Prvi je linearni izvor s koritom koji se nalazi ispod podnožja brda nizvodno od toplica Lešće, a drugi je stalni izvor s kratkim izvorišnim tokom koji se nalazi udaljen oko 70 metara nizvodno od toka prvog, linearnog izvora. Taj izvor je djelomično zasjenjen sa sedimentom od mulja, dok je stalni izvor u Tomaševićima sa sedimentom pretežito od mezolitala (oblutci i kamenje do veličine šake, 6-20 cm).



Slika 10. Stalni Tomaševića izvor uz Dobru kod toplica Lešće (foto: S. Gottstein).

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Terenska istraživanja

Istraživanje na rijeci Gojačkoj Dobri provedeno je u razdoblju od lipnja 2008. godine do svibnja 2009. godine. Kao što je već navedeno u prethodnom poglavlju, istraživanje i uzorkovanje je obavljeno na osam postaja: izvor Gojak (istraživačka postaja D1), izvorišni tok Gojačke Dobre (istraživačka postaja D2), izvor Bistrice (istraživačka postaja B1), glavni izvor Ribnjaka (istraživačka postaja R1), izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Podumol (istraživačka postaja D5), izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Gorinci, izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Skukani i Tomaševića izvor uz Gojačku Dobru kod toplica Lešće. Dinamika terenskih istraživanja za svaku istraživačku postaju prikazana je u Tablici 1.

**Tablica 1.** Popis istraživanih postaja s naznačenom dinamikom terenskih istraživanja za svaku postaju po mjesecima (•).

| VODOTOK          | REDNI<br>BROJ | NAZIV ISTRAŽIVAČKE POSTAJE                                                  | DINAMIKA TERENSKIH ISTRAŽIVANJA |     |      |    |   |    |     |   |       |     |    |   |  |
|------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----|------|----|---|----|-----|---|-------|-----|----|---|--|
|                  |               |                                                                             | 2008.                           |     |      |    |   |    |     |   | 2009. |     |    |   |  |
|                  |               |                                                                             | VI                              | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II    | III | IV | V |  |
| Bistrica         | 1.            | Izvor Bistrice, <b>B1</b>                                                   | •                               |     |      |    | • |    |     |   | •     |     | •  |   |  |
| Gojačka<br>Dobra | 2.            | Izvor Gojak, <b>D1</b>                                                      | •                               |     |      |    |   |    |     |   |       | •   |    |   |  |
|                  | 3.            | Izvorišni tok Gojačke Dobre, <b>D2</b>                                      | •                               | •   | •    | •  | • | •  |     | • | •     |     | •  | • |  |
|                  | 4.            | Izvor uz Gojačku Dobru kod<br>mjesta Podumol, <b>D5</b>                     | •                               | •   | •    | •  | • | •  | •   | • | •     | •   | •  | • |  |
|                  | 5.            | Izvor uz Gojačku Dobru kod<br>mjesta Gorinci,<br><b>IZV-GOR</b>             | •                               | •   | •    | •  | • | •  | •   | • | •     | •   | •  | • |  |
|                  | 6.            | Izvor uz Gojačku Dobru kod<br>mjesta Skukani,<br><b>IZV-SKU</b>             | •                               |     | •    |    | • |    | •   |   | •     |     |    | • |  |
|                  | 7.            | Tomaševića izvor uz Gojačku<br>Dobru kod toplica Lešće, <b>IZV-<br/>TOM</b> |                                 |     |      | •  |   |    | •   |   |       |     |    | • |  |
| Ribnjak          | 8.            | Glavni izvor Ribnjaka, <b>R1</b>                                            | •                               |     |      | •  |   |    |     | • |       | •   |    |   |  |

Tijekom istraživanja izmjereni su slijedeći fizikalno-kemijski čimbenici: temperatura vode, količina kisika u vodi i zasićenje kisikom pomoću oksimetra WTW Oxi 330/SET; pH vrijednost vode pomoću pH-metra WTWpH 330; električna provodnost pomoću konduktometra WTW LF 330; alkalinitet je određen titracijski s otopinom 0,1 M HCl uz metil-orange kao indikator do završne točke titracije kod pH=4,3, a izražavan je u mg CaCO<sub>3</sub>L<sup>-1</sup>. Srednje vrijednosti svih mjerenih čimbenika prikazane su u Tablici 2.

**Tablica 2.** Srednje vrijednosti fizikalno-kemijskih čimbenika na istraživačkim postajama.

| POSTAJA                                                                   | TEMPERATURA VODE<br>(°C) | KONCENTRACIJA<br>OTOPLJENOG KISIKA<br>(mg l <sup>-1</sup> ) | ZASIĆENJE VODE<br>KISIKOM (%) | pH VODE | PROVODNOST VODE<br>(µS/cm) | ALKALINITET<br>VODE<br>(mg<br>CaCO <sub>3</sub> l <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Izvor Bistrice, <b>B1</b>                                                 | 10,55                    | 10,81                                                       | 99,33                         | 7,66    | 444,0                      | 230,0                                                             |
| Izvor Gojak, <b>D1</b>                                                    | 10,23                    | 9,67                                                        | 88,47                         | 7,99    | 383,5                      | 215,0                                                             |
| Izvorišni tok Gojačke<br>Dobre, <b>D2</b>                                 | 12,29                    | 13,11                                                       | 123,18                        | 8,16    | 377,23                     | 185,0                                                             |
| Izvor uz Gojačku Dobru<br>kod mjesta Podumol, <b>D5</b>                   | 10,6                     | 9,86                                                        | 89,78                         | 7,62    | 332,67                     | 175,0                                                             |
| Izvor uz Gojačku Dobru<br>kod mjesta Gorinci, <b>IZV-<br/>GOR</b>         | 13,15                    | 6,15                                                        | 58,33                         | 7,35    | 582,56                     | 250,0                                                             |
| Izvor uz Gojačku Dobru<br>kod mjesta Skukani, <b>IZV-<br/>SKU</b>         | 12,52                    | 7,95                                                        | 73,95                         | 7,65    | 439,17                     | 235,0                                                             |
| Tomaševića izvor uz<br>Gojačku Dobru kod toplica<br>Lešće, <b>IZV-TOM</b> | 14,63                    | 7,99                                                        | 79,53                         | 8,0     | 90,5                       | ~                                                                 |
| Glavni izvor Ribnjaka, <b>R1</b>                                          | 9,8                      | 10,44                                                       | 93,5                          | 7,79    | 333,0                      | 187,5                                                             |

Uzorkovanje makrozoobentosa provedeno je kvadratnom bentos mrežom dimenzija 25x25, promjera oka 200 µm. Na istraživačkim postajama B1, R1 i D2 uzorci su uzimani s dva tipa supstrata, s mahovine i s kamenite podloge, i to po tri uzorka sa svakog. Na ostalim postajama uzorkovanje je provedeno u triplikatu na kamenitom supstratu, osim izvora u Gorincima gdje je prevladavao muljeviti supstrat. Sakupljeni uzorci su konzervirani u 75 %-tnom alkoholu.

U laboratoriju Zoologijskog zavoda su iz uzoraka bentosa puževi izdvojeni u zasebne epruvete koje su etiketirane. Determinaciju puževa do razine vrste provela sam uz pomoć binokularne lupe Olympus SZ61. Za determinaciju sam koristila dihotomske ključeve za određivanje slatkovodne malakofaune koji su navedeni u popisu literature.

### 3.2. Obrada podataka

Na osnovu podataka o brojnosti puževa izračunala sam apsolutne gustoće populacija svih vrsta, izražene na metar kvadratni površine. Rezultate sam grafički prikazala pomoću programa Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation, 2007).

Za određivanje raznolikosti zajednice puževa primjenila sam Shannonov indeks raznolikosti ( $H'$ ) te Simpsonov indeks raznolikosti ( $1 - \lambda$ ), 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). Razlike između ova dva indeksa raznolikosti su u tome što je Shannonov indeks osjetljiviji na brojnost rijetkih vrsta, a Simpsonov indeks na brojnost dominantnih vrsta.

Indekse sam izračunala 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:**

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

gdje je:  $1 - \lambda$  = Simpsonov indeks raznolikosti,

$p_i$  = udio pojedine vrste u uzorku,

$s$  = broj vrsta u uzorku.

Odredila sam i **Pielouov indeks ujednačenosti** (Krebs, 1999):

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

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

$H'$  - Shannon-Wienerov indeks raznolikosti,

$s$  - broj vrsta u zajednici.

Osim toga, izračunala sam i **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).

Puževe sam prema Moogu (2002), s obzirom na izvor hrane i način prehrane razvrstala u četiri funkcionalne hranidbene skupine:

- usitnjivači (**SHR** eng. *shredders*) – hrane se krupnim česticama detritusa;
- strugači (**GRA** eng. *grazers*) – hrane se obraštajem i usitnjenom organskom tvari u obraštaju;
- detritivori ili sakupljači (**DET** eng. *detritivores*) – hrane se česticama usitnjene organske tvari koje se talože na dnu;
- ostali (**OTH** eng. *others*).

## 4. REZULTATI

### 4.1. Sastav i struktura zajednice puževa rijeke Gojačke Dobre

Tijekom terenskih istraživanja na rijeci Gojačkoj Dobri pronađeno je trinaest slatkovodnih vrsta puževa. Za svaku postaju napravljen je popis faune puževa, određena je gustoća populacija zabilježenih vrsta te prikazana funkcionalno trofička struktura zajednice puževa.

#### Sistematski prikaz zajednice puževa na istraživanom području

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)

Red **Neotaenioglossa** Haller, 1890

Nadporodica Cerithioidea A. Férussac, 1822

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

Podporodica Melanopsinae H. & A. Adams, 1854

Rod **Holandriana** Bourguignat, 1884

*Holandriana holandrii* (C. Pfeiffer, 1828)

Porodica **Hydrobiidae** Troschel, 1857

Podporodica Belgrandiinae de Stefani, 1877

Rod **Belgrandiella** A. J. Wagner, 1928

*Belgrandiella kuesteri* (Boeters, 1970)

Rod **Graziana** Radoman, 1975

*Graziana lacheineri* (Küster, 1853)

Rod **Iglica** A. J. Wagner, 1928

Podrod *Iglica* A.J.Wagner, 1928

*Iglica gracilis* (Clessin, 1882)

Rod **Sadleriana** Clessin, 1890

*Sadleriana fluminensis* (Küster, 1852)

Rod **Hauffenia** Pollonera, 1898

*Hauffenia* sp.

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

*Valvata piscinalis* (O. F. Müller, 1774)

Red **Pulmonata** Cuvier & Blainville, 1814

Podred Basommatophora Keferstein, 1864

Nadporodica Lymnaeoidea Rafinesque, 1815

Porodica **Lymnaeidae** Lamarck, 1812

Podporodica Lymnaeinae Rafinesque, 1815

Rod **Galba** Schrank, 1803

*Galba truncatula* (O. F. Müller, 1774)

Rod **Radix** Montfort, 1810

*Radix labiata* (Rossmässler, 1835)

Nadporodica Planorboidea Rafinesque, 1815

Porodica **Planorbidae** Fitzinger, 1833

Podporodica Planorbinae Rafinesque, 1815

Rod **Gyraulus** Charpentier, 1837

Podrod *Gyraulus* Charpentier, 1837

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

Rod **Hippeutis** Charpentier, 1837

*Hippeutis complanatus* (Linnaeus, 1758)

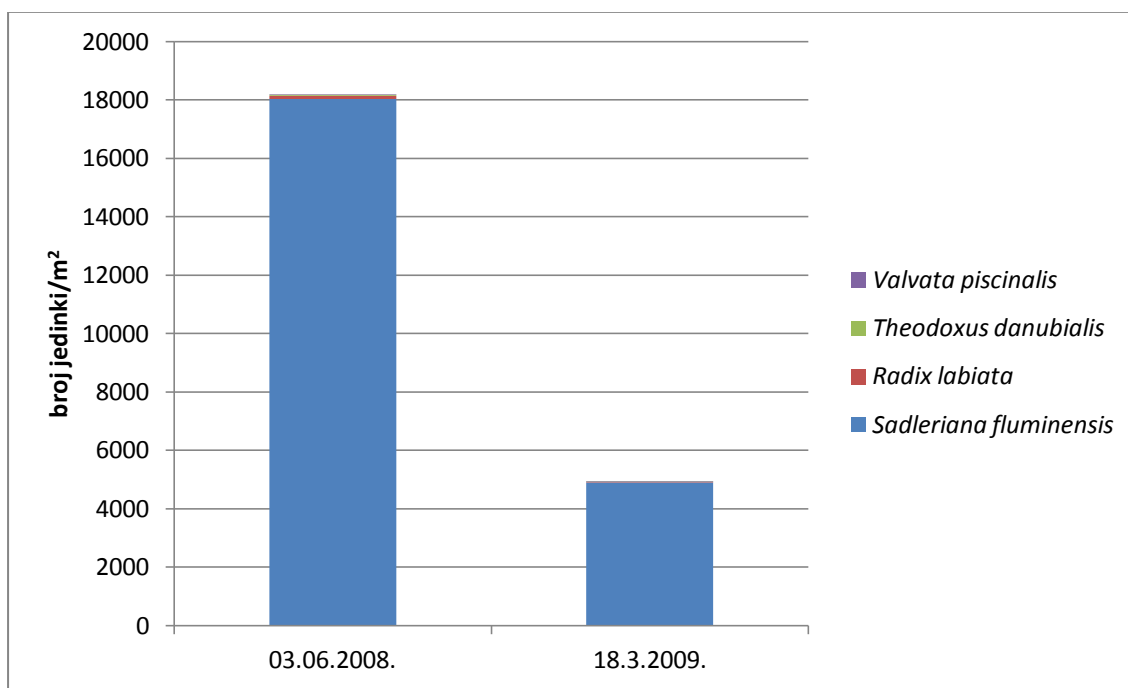
Rod **Ancylus** O. F. Müller, 1773

*Ancylus fluviatilis* (O. F. Müller, 1774)

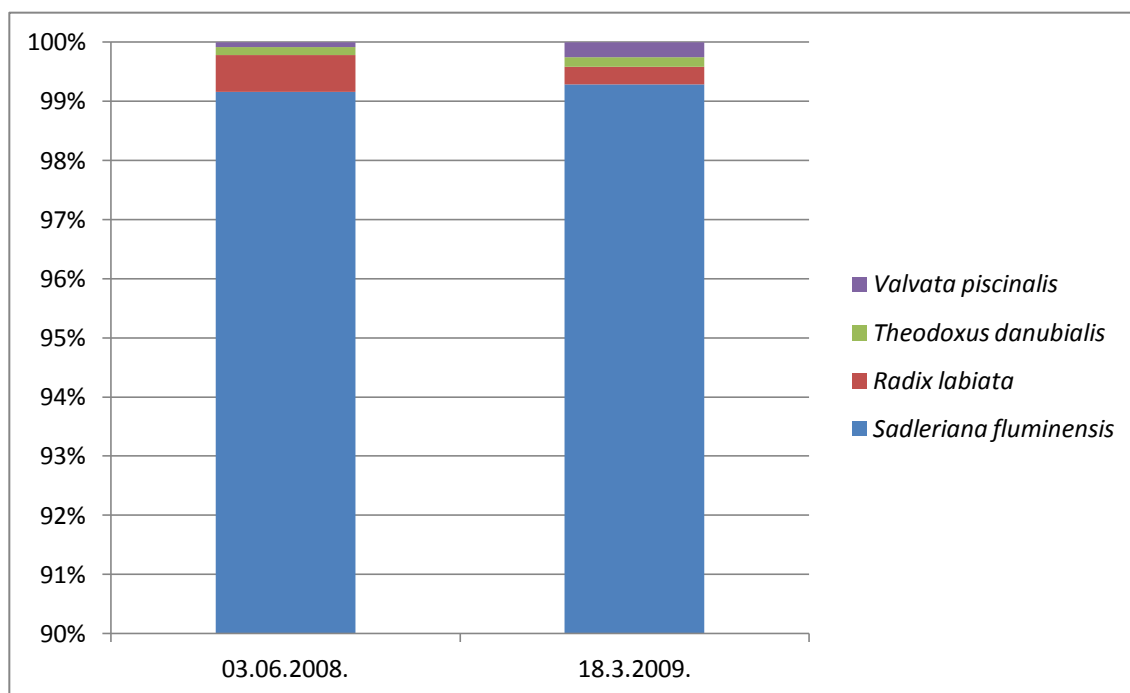
#### 4.1.1. Izvor Gojak, istraživačka postaja D1

##### 4.1.1.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije

Na istraživačkoj postaji D1 (izvor Gojak) uzorci su uzimani u lipnju 2008. godine i ožujku 2009. godine. Pronađene su četiri vrste puževa: *Sadleriana fluminensis*, *Radix labiata*, *Theodoxus danubialis* i *Valvata piscinalis* (Slike 11 i 12). Vrsta *S. fluminensis* ističe se brojnošću jedinki. U lipnju 2008. godine gustoća populacije iznosila je 18037 jedinki/m<sup>2</sup>, a u ožujku 2009. godine 4903 jedinke/m<sup>2</sup>. U lipnju 2008. godine najmanju gustoću populacija imale su vrste *T. danubialis* (24 jedinke/m<sup>2</sup>) i *V. piscinalis* (16 jedinki/m<sup>2</sup>). Iste vrste imale su i u ožujku 2009. godine najmanju gustoću populacija, *T. danubialis*, 8 jedinki/m<sup>2</sup>, te *V. piscinalis*, 13 jedinki/m<sup>2</sup>. U ožujku 2009. godine vrsta *R. labiata* imala je skoro osam puta manju gustoću populacije (15 jedinki/m<sup>2</sup>) nego u travnju 2008. godine kada je zabilježeno 113 jedinki/m<sup>2</sup>.



**Slika 11.** Gustoća populacija pojedinih vrsta puževa po mjesecima na postaji D1 (izvor Gojak).



**Slika 12.** Udio pojedinih vrsta puževa po mjesecima na postaji D1 (izvor Gojak).

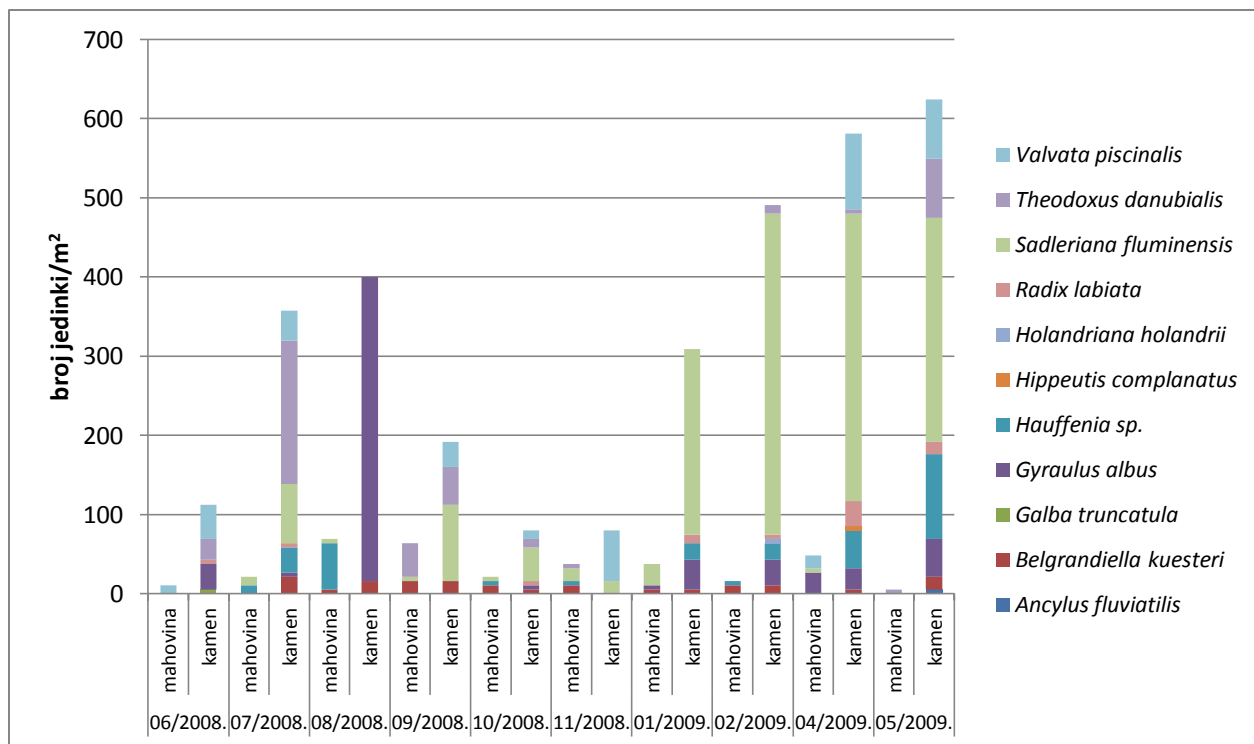
#### 4.1.1.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa

Na istraživačkoj postaji D1 (izvor Gojak) prevladavaju strugači koji se hrane obraštajem i usitnjenom organskom tvari u obraštaju, te detritivori ili sakupljači koji se hrane česticama organske tvari koje se talože na dnu. Strugači su zastupljeni sa 49,90 %, detritivori sa 49,82 %, dok usitnjivača (0,16 %) i "ostalih" (0,12 %) ima toliko malo u usporedbi s njima da se mogu zanemariti.

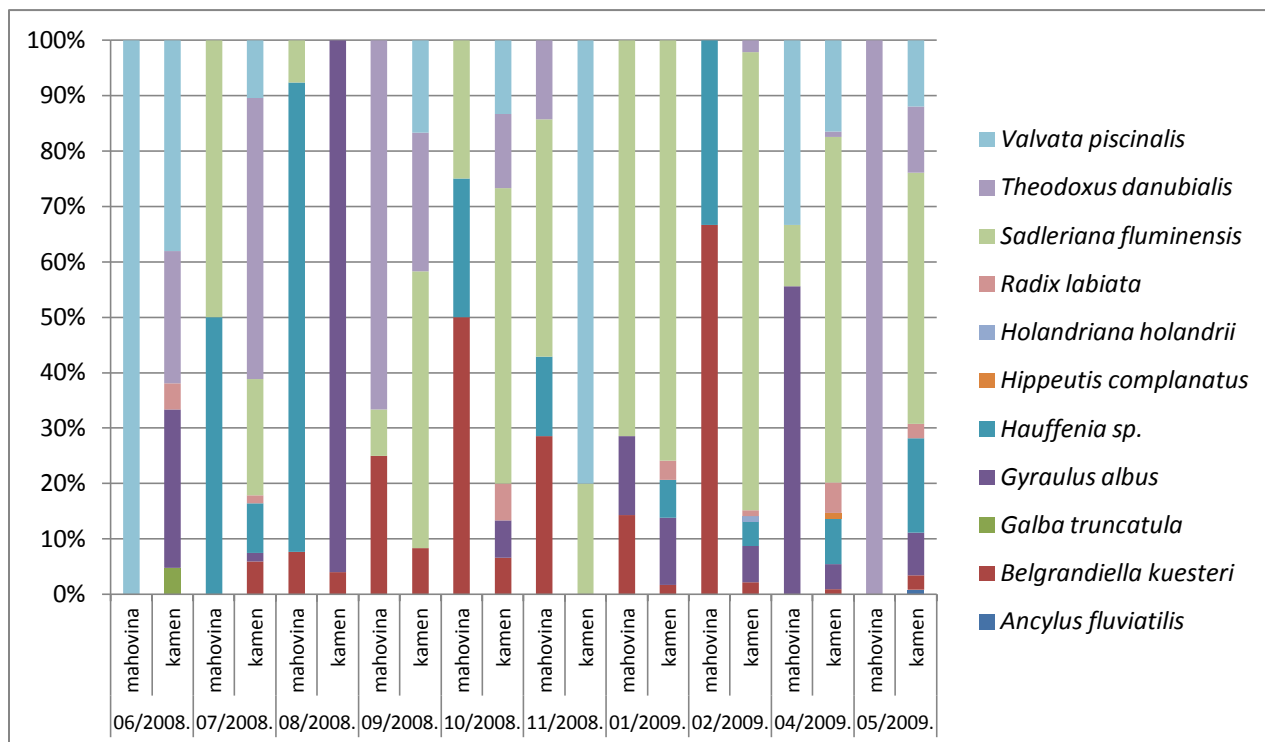
#### 4.1.2. Izvorišni tok Gojačke Dobre, istraživačka postaja D2

##### 4.1.2.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije

Na istraživačkoj postaji D2 (izvorišni tok Gojačke Dobre) uzorkovanje je provedeno svaki mjesec od lipnja 2008. godine do svibnja 2009. godine, osim u prosincu 2008. i ožujku 2009. godine. Ukupno je pronađeno jedanaest vrsta puževa: *Ancylus fluviatilis*, *Belgrandiella kuesteri*, *Galba truncatula*, *Gyraulus albus*, *Hauffenia* sp., *Hippeutis complanatus*, *Holandriana holandrii*, *Radix labiata*, *Sadleriana fluminensis*, *Theodoxus danubialis* i *Valvata piscinalis* (Slike 13 i 14). Uzorkovalo se na dva različita supstrata, kamenitoj podlozi i mahovini. Na kamenitoj podlozi su zabilježene sve pronađene vrste, a vrsta koje je dominirala brojnošću jedinki je *S. fluminensis*. U 2008. godini najveću gustoću populacije imala je u srpnju (75 jedinki/m<sup>2</sup>). U 2009. godini najmanju vrijednost gustoće populacije ova vrsta imala je u siječnju (235 jedinki/m<sup>2</sup>), a najveću u veljači (405 jedinki/m<sup>2</sup>). Po zastupljenosti na kamenitoj podlozi slijede *G. albus*, te *T. danubialis* i *V. piscinalis*. Vrsta *G. albus* najveću gustoću populacije ima u kolovozu 2008. godine dok su vrijednosti gustoće populacije u ostalim mjesecima znatno manje. Najmanju gustoću populacija imaju *A. fluviatilis*, *G. truncatula*, *H. complanatus* i *H. holandrii* koje su zastupljene sa svega nekoliko jedinki i to samo kod jednog uzorkovanja, ali različitih mjeseci. Na mahovini su zabilježene vrste: *B. kuesteri*, *G. albus*, *Hauffenia* sp., *S. fluminensis*, *T. danubialis* i *V. piscinalis*. Na mahovini je najzastupljenija *Hauffenia* sp., zatim slijede *S. fluminensis*, te *B. kuesteri*. Najveću gustoću populacije *Hauffenia* sp. je imala u kolovozu 2008. godine, 58 jedinki/m<sup>2</sup>. Vrsta *S. fluminensis* se pojavila kod najviše uzorkovanja, na sedam od ukupno deset, dok su sve ostale vrste manje zastupljene. Uspoređujući oba tipa supstrata vidljivo je da su na mahovini gustoće populacija svih zabilježenih vrsta zamjetno manje nego na kamenitoj podlozi.



Slika 13. Gustoća populacija pojedinih vrsta puževa po mjesecima na postaji D2 (izvorišni tok Gojačke Dobre).



Slika 14. Udio pojedinih vrsta puževa po mjesecima na postaji D2 (izvorišni tok Gojačke Dobre).

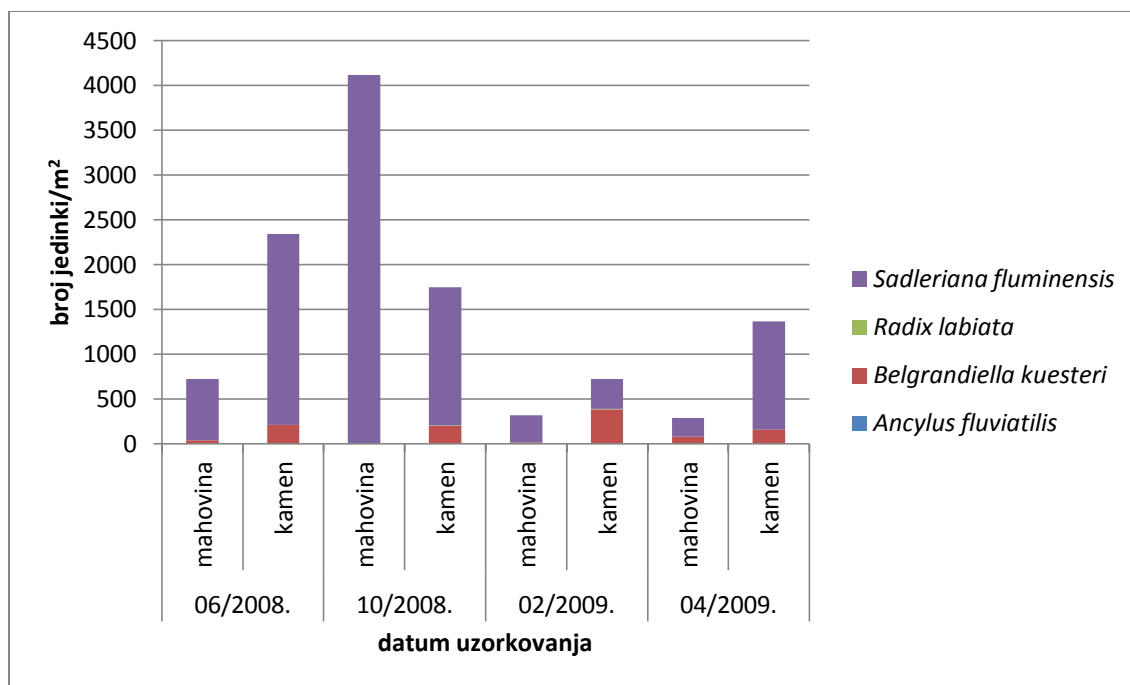
#### 4.1.2.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa

Na ovoj postaji uzorkovanje je provedeno na dva tipa supstrata, kamenitoj podlozi i mahovini. Na oba tipa supstrata prevladavaju skupine strugači i detritivori. Na kamenitoj podlozi ima 51,31 % strugača, 40,17 % detritivora, 4,41 % usitnjivača i 4,11 % "ostalih". Kod mahovine je situacija slična, strugači čine 54,99 %, detritivori 41,13 % dok usitnjivača i "ostalih" ima svakih po 1,94 %.

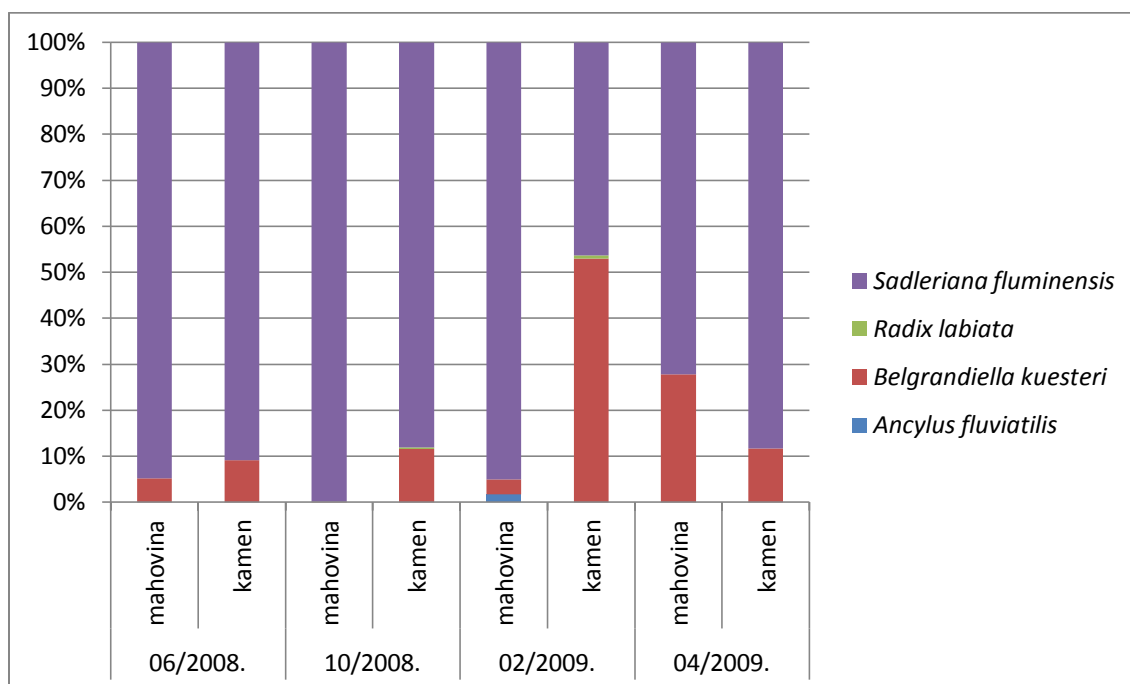
#### 4.1.3. Izvor Bistrice, istraživačka postaja B1

##### 4.1.3.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije

Na istraživačkoj postaji B1 (izvor Bistrice) uzorci su uzimani četiri puta, u lipnju i listopadu 2008. godine, te u veljači i travnju 2009. godine. Pronađene su četiri vrste puževa: *Ancylus fluviatilis*, *Belgrandiella kuesteri*, *Radix labiata* i *Sadleriana fluminensis* (Slike 15 i 16). Uzorkovano je na dva tipa supstrata, kamenitoj podlozi i mahovini. Na kamenu su pronadene tri vrste: *B. kuesteri*, *R. labiata* i *S. fluminensis*. Vrsta s najvećom gustoćom populacije je *S. fluminensis* kod svih uzorkovanja na kamenitoj podlozi, osim u veljači kada prevladava *B. kuesteri* s nešto većim brojem jedinki. Tog mjeseca je za vrstu *S. fluminensis* na kamenitom supstratu zabilježeno odstupanje jer je gustoća i do šest puta manja u usporedbi s ostalim mjesecima. Ova vrsta najveću gustoću populacije bilježi u lipnju 2008. godine (2128 jedinki/m<sup>2</sup>). Od ove tri pronadene vrste jedino se vrsta *R. labiata* ne pojavljuje kod svih uzorkovanja. Pronađena je samo u listopadu 2008. i veljači 2009. godine sa svega nekoliko jedinki. Na mahovini su pronadene tri vrste puževa: *A. fluviatilis*, *B. kuesteri* i *S. fluminensis*. Vrsta *S. fluminensis* pojavljuje se s najvećim brojem jedinki i to u listopadu 2008. godine, 4112 jedinke/m<sup>2</sup>. Ostale mjesece je broj jedinki bio znatno manji. Vrsta *A. fluviatilis* zabilježene je samo u veljači 2009. godine s nekoliko jedinki.



**Slika 15.** Gustoća populacija pojedinih vrsta puževa po mjesecima na postaji B1 (izvor Bistrice).



**Slika 16.** Udio pojedinih vrsta puževa po mjesecima na postaji B1 (izvor Bistrice).

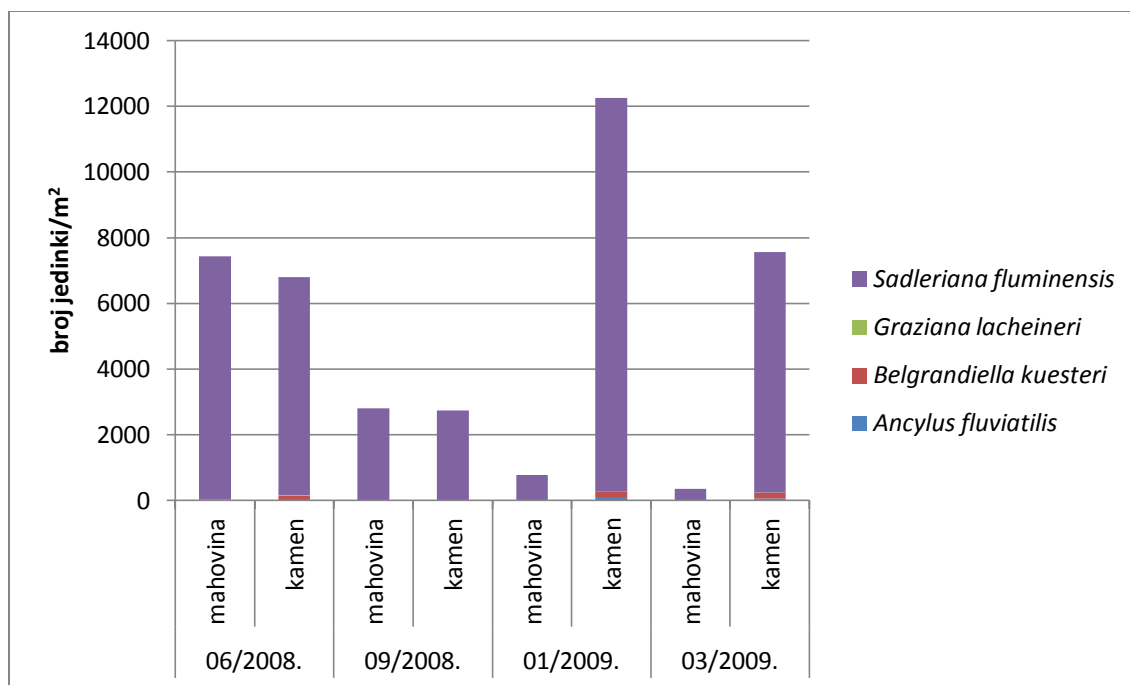
#### 4.1.3.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa

Na istraživačkoj postaji B1 (izvor Bistrice) na oba tipa supstrata podjednako su zastupljene skupine strugači i detritivori. Na kamenitoj podlozi je pronađeno svega nekoliko jedinki usitnjivača (0,05 %) i "ostalih" (0,03 %) koje se odnose na vrstu *Radix labiata*. Strugača je zabilježeno 49,97 %, a detritivora 49,95 %. Na mahovini usitnjivača i "ostalih" uopće nije bilo, dok je pronađeno 50,04 % strugača i 49,96 % detritivora.

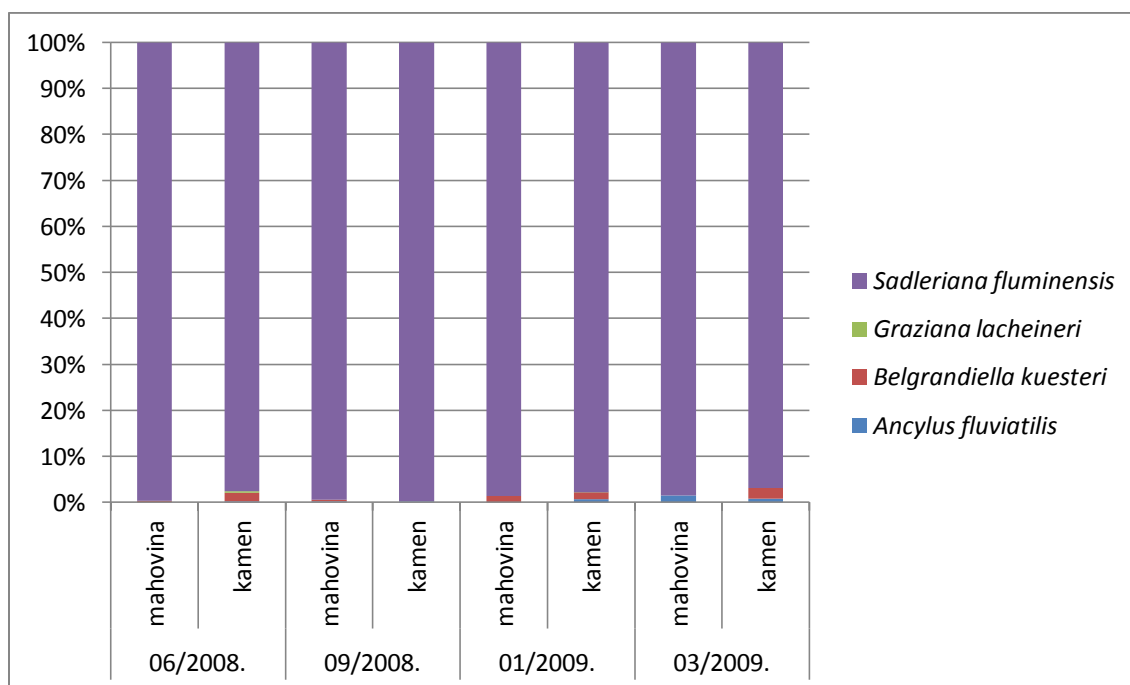
#### 4.1.4. Glavni izvor Ribnjaka, istraživačka postaja R1

##### 4.1.4.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije

Na istraživačkoj postaji R1 (glavni izvor Ribnjaka) uzorkovanje je provedeno u lipnju i rujnu 2008. godine, te u siječnju i ožujku 2009. godine na kamenitom supstratu i na mahovini. Pronađene su četiri vrste puževa: *Ancylus fluviatilis*, *Belgrandiella kuesteri*, *Graziana lacheineri* i *Sadleriana fluminensis* (Slike 17 i 18). Na kamenitoj podlozi su pronađene sve četiri vrste. Najveću gustoću populacije imala je vrsta *S. fluminensis* u siječnju 2009. godine (11989 jedinki/m<sup>2</sup>). Jedino je još vrsta *A. fluviatilis* zabilježena kod svakog uzorkovanja. Vrsta *G. lacheineri* pronađena je samo u lipnju 2008. (21 jedinka/m<sup>2</sup>) i siječnju 2009. godine (5 jedinki/m<sup>2</sup>). Na mahovini su pronađene tri vrste: *A. fluviatilis*, *B. kuesteri* i *S. fluminensis*. Vrsta *S. fluminensis* i na ovom supstratu bilježi najveće gustoće populacije. U 2008. godini brojnost jedinki na mahovini i kamenu je bila podjednaka, dok u 2009. godini dolazi do smanjenja broja jedinki na mahovini. Ističe se također siječanj 2009. godine kada je za vrstu *S. fluminensis* na mahovini gustoća populacije iznosila 768 jedinki/m<sup>2</sup>.



**Slika 17.** Gustoća populacija pojedinih vrsta puževa po mjesecima na postaji R1 (glavni izvor Ribnjaka).



**Slika 18.** Udio pojedinih vrsta puževa po mjesecima na postaji R1 (glavni izvor Ribnjaka).

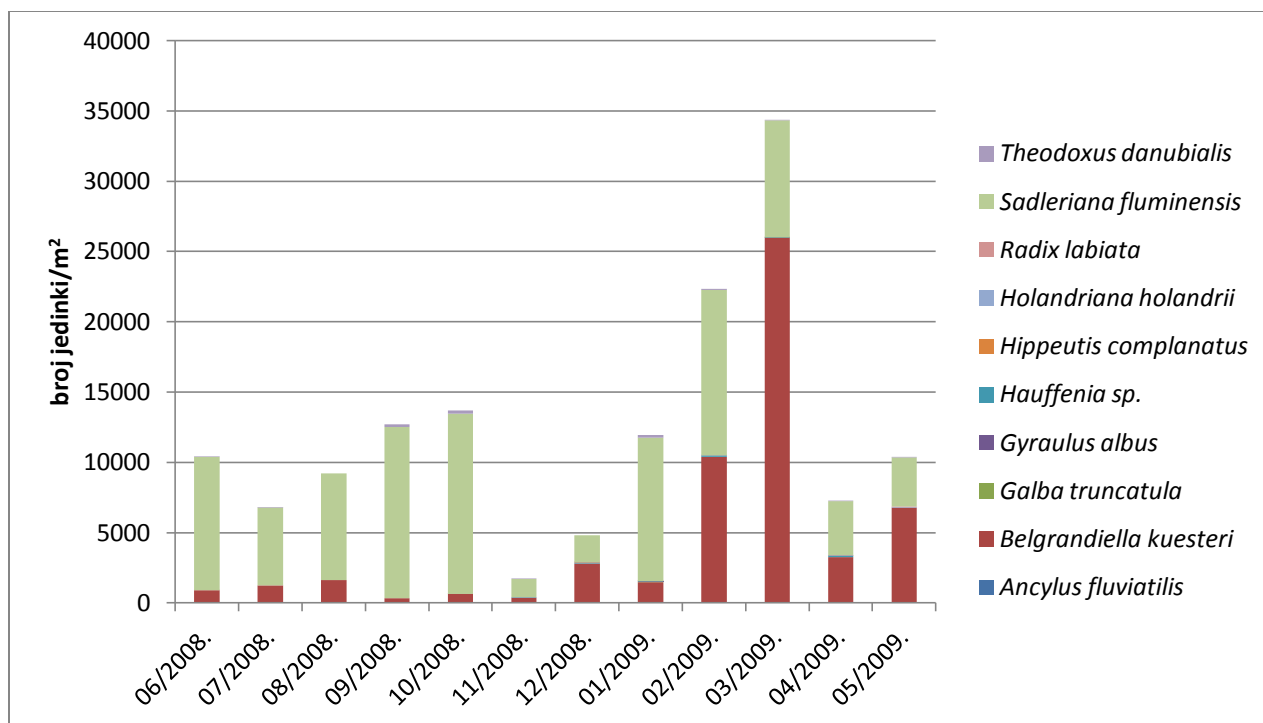
#### 4.1.4.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa

Na istraživačkoj postaji R1 (glavni izvor Ribnjaka) i na mahovini i na kamenitom supstratu zastupljene su skupine strugači i detritivori. Usitnjivača i "ostalih" uopće nije bilo na ovom lokalitetu. Na kamenitoj podlozi strugači su zastupljeni s udjelom od 50,26 %, a detritivori sa 49,74 %, dok je na mahovini zabilježeno 50,05 % strugača i 49,95 % detritivora.

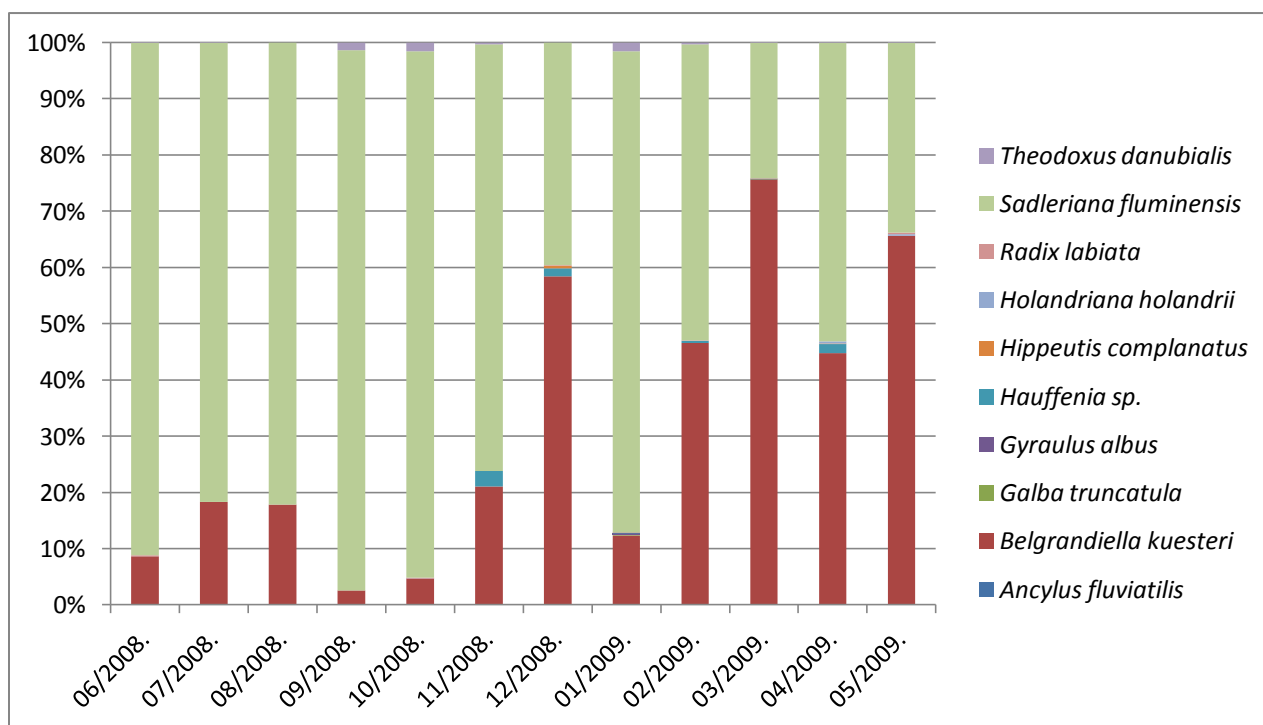
#### 4.1.5. Izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Podumol, istraživačka postaja D5

##### 4.1.5.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije

Na istraživačkoj postaji D5 (izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Podumol) uzorkovanje je provedeno svaki mjesec od lipnja 2008. godine do svibnja 2009. godine. U tom razdoblju pronađeno je deset vrsta puževa: *Ancylus fluviatilis*, *Belgrandiella kuesteri*, *Galba truncatula*, *Gyraulus albus*, *Hauffenia* sp., *Hippeutis complanatus*, *Holandriana holandrii*, *Radix labiata*, *Sadleriana fluminensis* i *Theodoxus danubialis* (Slike 19 i 20). Najveću gustoću populacije imale su vrste *S. fluminensis*, te *B. kuesteri*. Najveća vrijednost gustoće populacije za vrstu *S. fluminensis* utvrđena je u listopadu 2008. godine (12821 jedinka/m<sup>2</sup>). Iako je ova vrsta bila dominantna tijekom cijelog istraživanog perioda, najveću vrijednost gustoće populacije na ovoj postaji imala je vrsta *B. kuesteri* u ožujku 2009. godine (25989 jedinki/m<sup>2</sup>). Ove dvije vrste su ujedno jedine vrste koje su kontinuirano bile pronalazene kroz sve mjesece, dok su se ostale pojavljivale samo povremeno. Vrsta *A. fluviatilis* zabilježena je samo u rujnu 2008. i veljači 2009., vrsta *G. truncatula* u siječnju i ožujku 2009. godine, a vrsta *G. albus* uzorkovana je samo u siječnju 2009. godine (37 jedinki/m<sup>2</sup>). Jedino još vrsta *T. danubialis* dolazi u svim mjesecima osim u kolovozu i prosincu 2008. godine.



**Slika 19.** Gustoća populacija pojedinih vrsta puževa po mjesecima na postaji D5 (izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Podumol).



**Slika 20.** Udio pojedinih vrsta puževa po mjesecima na postaji D5 (izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Podumol).

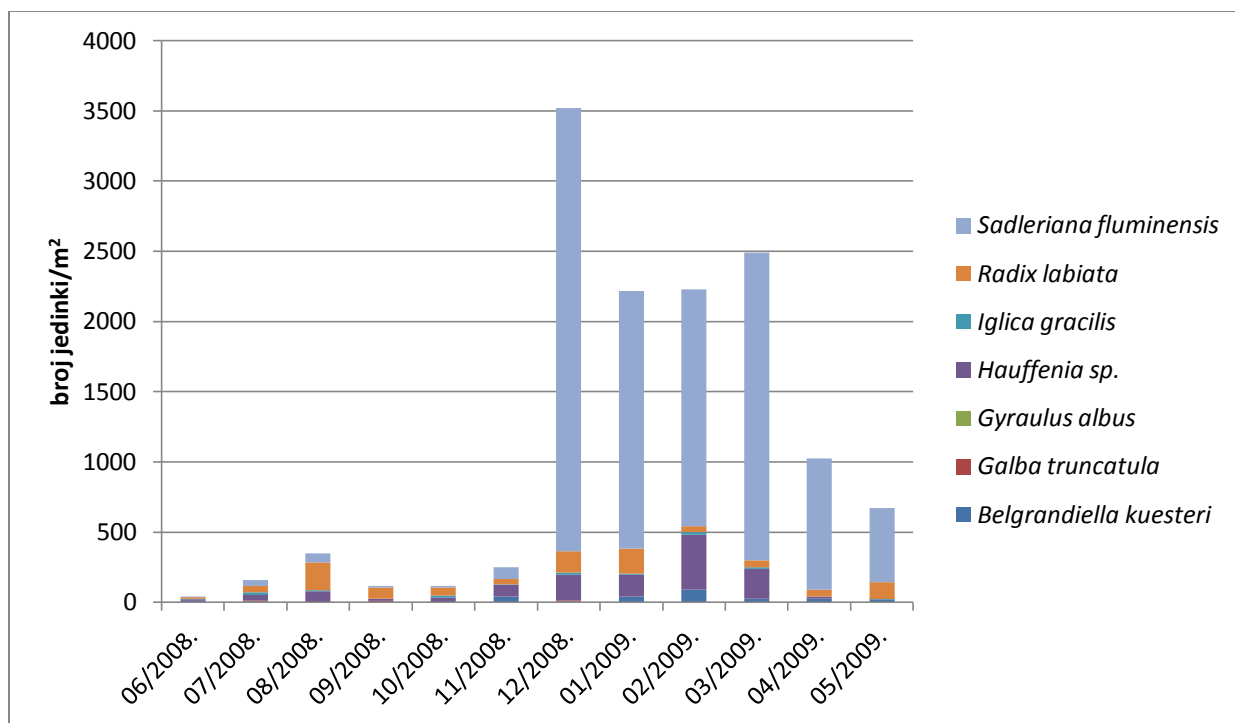
#### 4.1.5.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa

Na istraživačkoj postaji D5 (izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Podumol) prevladavali su strugači i detritivori. Nešto veći udio imali su strugači (50,22 %), dok je udio detritivora iznosio 49,71 %. Osim navedene dvije skupine, na ovoj istraživačkoj postaji utvrđena je i prisutnost usitnjivača (0,05 %) i "ostalih" (0,03 %) no njihovi udjeli su bili zanemarivo mali u odnosu na strugače i detritivore.

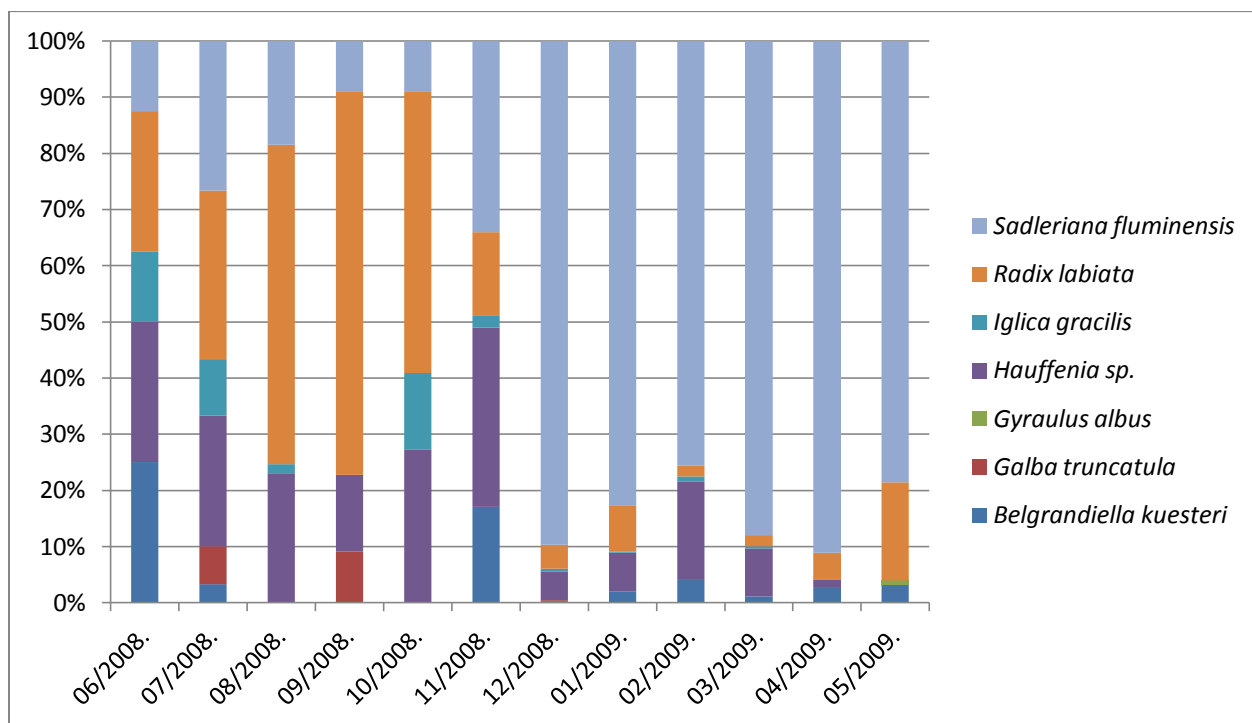
#### 4.1.6. Izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Gorinci

##### 4.1.6.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije

Na istraživačkoj postaji kod mjesta Gorinci uzorci su uzimani svaki mjesec od lipnja 2008. godine do svibnja 2009. godine. Pronađeno je sedam vrsta puževa: *Belgrandiella kuesteri*, *Galba truncatula*, *Gyraulus albus*, *Hauffenia* sp., *Iglica gracilis*, *Radix labiata* i *Sadleriana fluminensis* (Slike 21 i 22). Daleko najveću gustoću populacije imala je vrsta *S. fluminensis* i to od prosinca 2008. godine, kada je zabilježena najveća vrijednost gustoće populacije (3157 jedinki/m<sup>2</sup>). U siječnju se ta vrijednost smanjuje, ali onda ponovo raste sve do ožujka 2009. godine, nakon čega ponovo slijedi pad vrijednosti. Osim ove vrste još dvije vrste su pronađene kod svakog uzorkovanja, *Hauffenia* sp. i *R. labiata*. Vrsta *Hauffenia* sp. najveću gustoću je imala u veljači 2009. godine (389 jedinki/m<sup>2</sup>), a *R. labiata* u kolovozu 2008. godine (197 jedinki/m<sup>2</sup>). Ostale zabilježene vrste imaju manju gustoću i nisu pronađene kod svakog uzorkovanja. Primjerice, vrsta *B. kuesteri* u kolovozu, rujnu i listopadu 2008. godine uopće nije pronađena. Najmanje gustoće populacije imaju vrste *G. albus* i *G. truncatula*. Vrsta *G. albus* zabilježena je samo u svibnju 2009. godine i to s gustoćom populacije od 5 jedinki/m<sup>2</sup>, a *G. truncatula* u srpnju, rujnu i prosincu 2008. godine s istim vrijednostima kod svakog od tih uzorkovanja (11 jedinki/m<sup>2</sup>).



**Slika 21.** Gustoća populacija pojedinih vrsta puževa po mjesecima na izvoru uz Gojačku Dobru kod mjesta Gorinci.



**Slika 22.** Udio pojedinih vrsta puževa po mjesecima na izvoru uz Gojačku Dobru kod mjesta Gorinci.

#### 4.1.6.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa

Analiza funkcionalno trofičke strukture zajednice puževa na istraživačkoj postaji kod mjesta Gorinci pokazala je dominaciju skupina strugači i detritivori. Strugači su zastupljeni s udjelom od 48,41 %, dok je udio detritivora nešto manji i iznosi 47,59 %. Usitnjivači i „ostali“ zastupljeni su s vrlo malim udjelima, usitnjivači čine svega 2,40 %, a "ostali" samo 1,60 %.

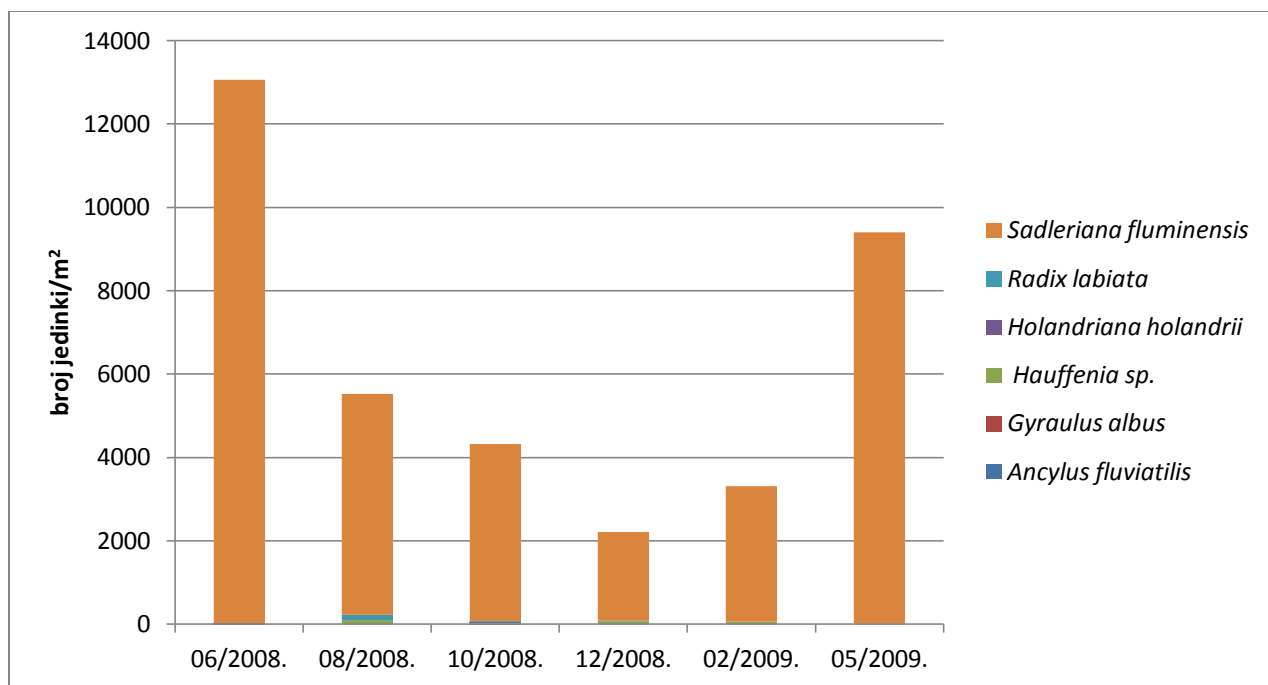
#### 4.1.7. Izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Skukani

##### 4.1.7.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije

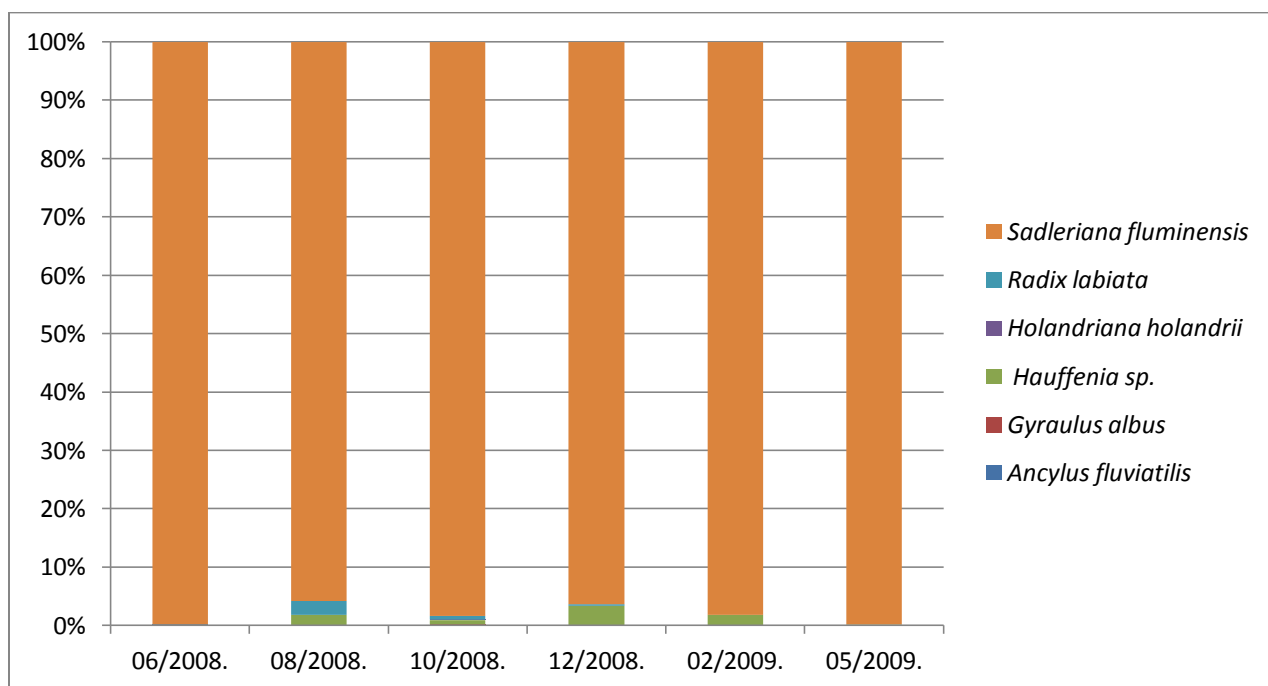
Na istraživačkoj postaji kod mjesta Skukani uzorkovanje je provedeno u lipnju, kolovozu, listopadu i prosincu 2008. godine, te u veljači i svibnju 2009. godine. Tijekom istraživanja na tom lokalitetu pronađeno je šest vrsta puževa: *Ancylus fluviatilis*, *Gyraulus albus*, *Hauffenia* sp., *Holandriana holandrii*, *Radix labiata* i *Sadleriana fluminensis* (Slike 23 i 24). Jedino vrsta *S. fluminensis* je pronađena kod svakog uzorkovanja, te ima daleko najveću gustoću populacije u odnosu na ostale pronađene vrste. Najveća vrijednost gustoće populacije zabilježena je u lipnju 2008. godine (13040 jedinki/m<sup>2</sup>), a najmanja u zimskim mjesecima (u prosincu 2008. godine 2133 jedinke/m<sup>2</sup> i u veljači 2009. godine 3248 jedinki/m<sup>2</sup>). Vrsta *A. fluviatilis* pronađena je samo u lipnju 2008. godine (16 jedinki/m<sup>2</sup>), dok su vrste *G. albus* i *H. holandrii* zabilježene u studenom 2008. godine (5 jedinki/m<sup>2</sup>).

##### 4.1.7.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa

Na istraživačkoj postaji u mjestu Skukani pronađeni su strugači i detritivori u relativno istom udjelu, strugača ima 49,93 % i detritivora 49,84 %. Slično kao i na većini ostalih istraživanih postaja, usitnjivača i "ostalih" ima zanemarivo malo u usporedbi s njima, udio usitnjivača iznosi samo 0,14 %, a "ostalih" 0,09 %.



**Slika 23.** Gustoća populacija pojedinih vrsta puževa po mjesecima na izvoru uz Gojačku Dobru kod mjesta Skukani.



**Slika 24.** Udio pojedinih vrsta puževa po mjesecima na izvoru uz Gojačku Dobru kod mjesta Skukani.

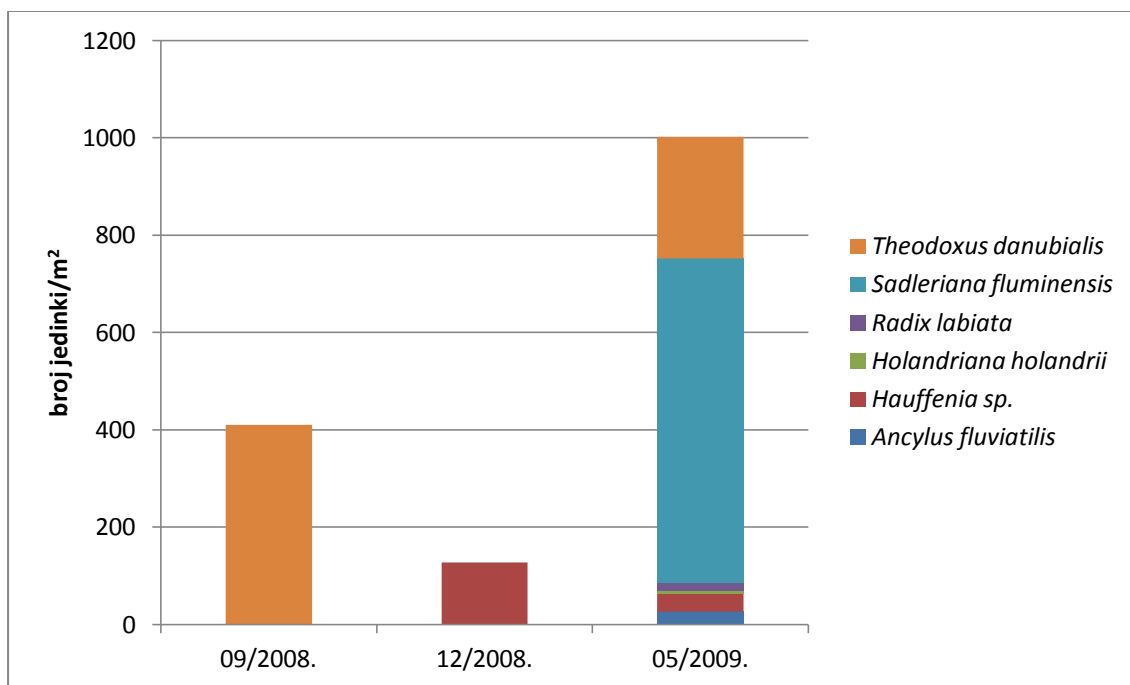
#### 4.1.8. Tomaševića izvor uz Gojačku Dobru kod toplica Lešće

##### 4.1.8.1. Sastav zajednice puževa i gustoća populacije

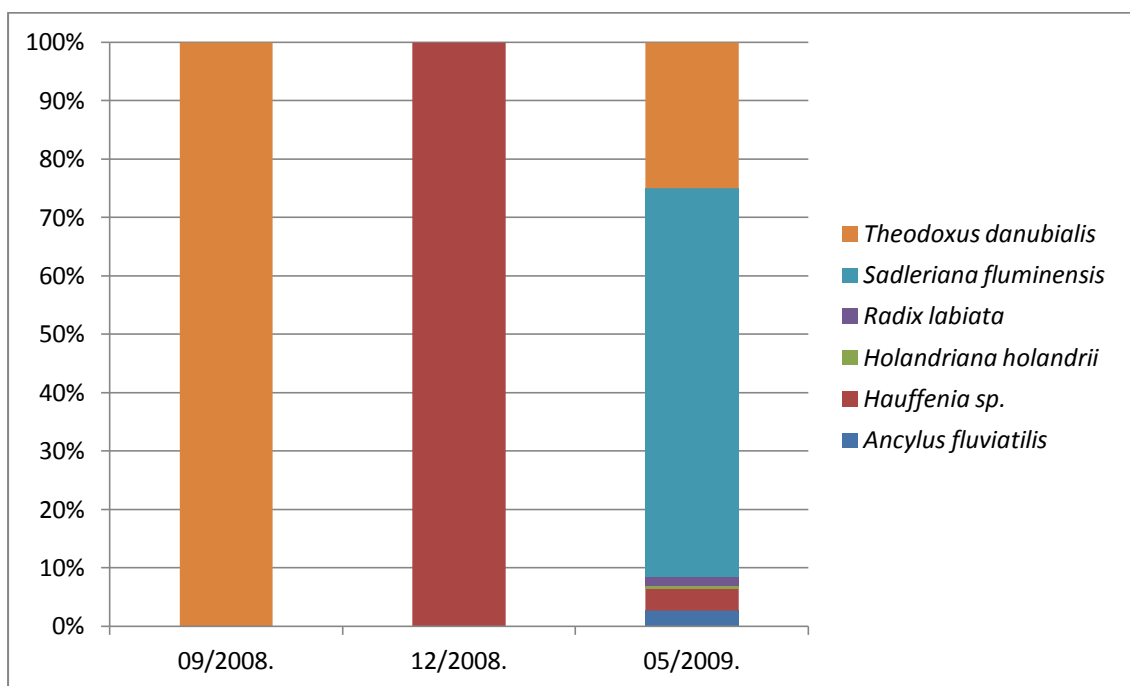
Na istraživačkoj postaji Tomaševića izvor uz Gojačku Dobru kod toplica Lešće uzorci su uzimani samo u tri navrata, u rujnu i prosincu 2008. godine, te svibnju 2009. godine. Zabilježeno je šest vrsta puževa: *Ancylus fluviatilis*, *Hauffenia* sp., *Holandriana holandrii*, *Radix labiata*, *Sadleriana fluminensis* i *Theodoxus danubialis* (Slike 25 i 26). U rujnu 2008. godine zabilježena je samo vrsta *T. danubialis* (411 jedinki/m<sup>2</sup>), a u prosincu 2008. godine samo *Hauffenia* sp. (128 jedinki/m<sup>2</sup>). Tim vrstama su to ujedno i najveće vrijednosti gustoće populacije obzirom na ostale mjesece. U svibnju 2009. godine pronađeno je svih šest vrsta puževa od kojih je vrsta *S. fluminensis* imala najveću vrijednost gustoće populacije (667 jedinki/m<sup>2</sup>), a *H. holandrii* najmanju (5 jedinki/m<sup>2</sup>). Brojnošću jedinki u tom mjesecu ističe se još i vrsta *T. danubialis* (251 jedinka/m<sup>2</sup>), a sve ostale vrste zastupljene su sa znatno manjim gustoćama populacija.

##### 4.1.8.2. Funkcionalno trofička struktura zajednice puževa

Provedena analiza funkcionalno trofičke strukture zajednice puževa na istraživačkoj postaji Tomaševića izvor pokazala je da, za razliku od ostalih istraživanih postaja, na ovoj postaji uvjerljivo dominiraju strugači sa udjelom od 72,04 %. Detritivora ima 27,30 %, a usitnjivača svega 0,42 %. "Ostalih" ima zanemarivo malo" (0,24 %).



**Slika 25.** Gustoća populacija pojedinih vrsta puževa po mjesecima na postaji Tomaševića izvor uz Gojačku Dobru kod toplica Lešće.



**Slika 26.** Udio pojedinih vrsta puževa po mjesecima na postaji Tomaševića izvor uz Gojačku Dobru kod toplica Lešće.

## 4.2. 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 3.

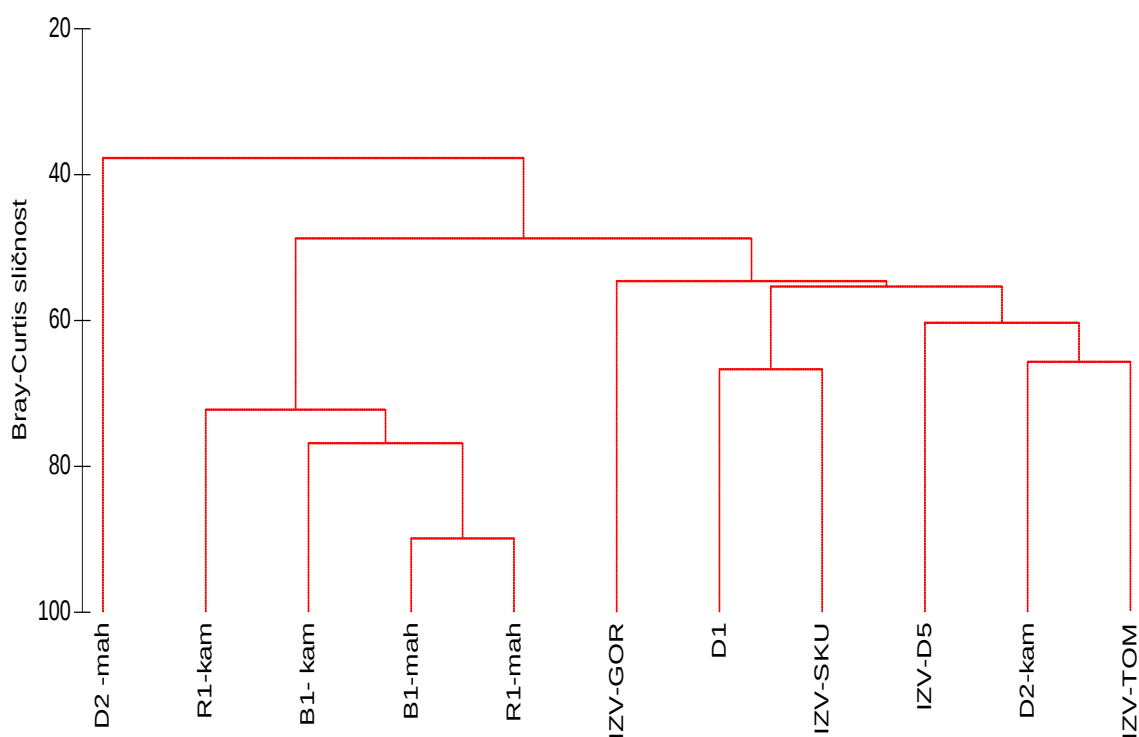
**Tablica 3.** Prikaz broja vrsta ( $S$ ), broja jedinki ( $N$ ), bogatstvo vrsta prema Margalefu ( $d$ ), ujednačenost vrsta prema Pielou ( $J'$ ), Shannonovog indeksa raznolikosti ( $H'$ ) Simpsonovog indeksa raznolikosti ( $1-\lambda'$ ) na istraživanim postajama (supstrat: mah – mahovina; kam – kamen).

| Postaja/tip supstrata                                               | S  | N     | d        | J'       | H' (loge) | 1- $\lambda'$ |
|---------------------------------------------------------------------|----|-------|----------|----------|-----------|---------------|
| Izvor Gojak, <b>D1</b>                                              | 4  | 11564 | 0,320662 | 0,039022 | 0,054096  | 0,016159      |
| Izvorišni tok Gojačke Dobre, <b>D2-mah</b>                          | 6  | 33    | 1,429182 | 0,957561 | 1,715720  | 0,834289      |
| Izvorišni tok Gojačke Dobre, <b>D2-kam</b>                          | 11 | 323   | 1,731118 | 0,656935 | 1,575261  | 0,719497      |
| Izvor Bistrice, <b>B1-mah</b>                                       | 3  | 1363  | 0,277116 | 0,111647 | 0,122657  | 0,049668      |
| Izvor Bistrice, <b>B1-kam</b>                                       | 3  | 1545  | 0,272369 | 0,404337 | 0,444209  | 0,265452      |
| Glavni izvor Ribnjaka, <b>R1-mah</b>                                | 3  | 2844  | 0,251478 | 0,031634 | 0,034754  | 0,010273      |
| Glavni izvor Ribnjaka, <b>R1-kam</b>                                | 4  | 7339  | 0,337044 | 0,090183 | 0,125020  | 0,044959      |
| Izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Podumol, <b>D5</b>                | 10 | 12133 | 0,957069 | 0,314862 | 0,724998  | 0,483909      |
| Izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Gorinci, <b>IZV-GOR</b>           | 7  | 1099  | 0,856867 | 0,375590 | 0,730865  | 0,345690      |
| Izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Skukani, <b>IZV-SKU</b>           | 6  | 6273  | 0,571823 | 0,029203 | 0,052325  | 0,015175      |
| Tomaševića izvor uz Gojačku Dobru kod toplica Lešće, <b>IZV-TOM</b> | 6  | 508   | 0,802619 | 0,591677 | 1,060142  | 0,608924      |

Vrijednosti Margalefovog indeksa bogatstva vrsta kreću se od 0,25 na mahovini izvora Ribnjaka, do 1,73 na kamenom supstratu izvorišnog toka Gojačke Dobre. Pielouov indeks ujednačenosti također je najniži na mahovini izvora Ribnjaka (0,03), a najviši na mahovini izvorišnog toka Gojačke Dobre (0,96). Isto kao i kod prethodnog indeksa, najniže vrijednosti Shannonovog i

Simpsonovog indeksa raznolikosti zabilježene su na mahovini izvora Ribnjaka (0,03 i 0,01), a najviše na mahovini izvorišnog toka Gojačke Dobre (1,72 i 0,83).

Rezultati klaster analize na osnovu Bray-Curtisovog indeksa sličnosti (Slika 27) pokazuju jasno izdvajanje zajednice puževa na mahovini izvorišnog dijela Gojačke Dobre od zajednice puževa na ostalim postajama. Osim toga, vidljivo je grupiranje izvora glavnih pritoka Gojačke Dobre, Ribnjaka i Bistrice na jednu te izvora Gojačke Dobre na drugu stranu. Najveću sličnost pokazuju zajednice puževa zabilježene na izvoru Ribnjaka i izvoru Bistrice, pri čemu ta vrijednost za zajednice na mahovini prelazi 90 %.



**Slika 27.** Dendrogram sličnosti zajednica puževa na različitim postajama i podlogama na osnovu gustoće populacija (podaci su transformirani (četvrti korijen)). (Objašnjenje kratica: Izvor Gojak, **D1**; Izvorišni tok Gojačke Dobre, **D2-mah**; Izvorišni tok Gojačke Dobre, **D2-kam**; Izvor Bistrice, **B1-mah**; Izvor Bistrice, **B1-kam**; Glavni izvor Ribnjaka, **R1-mah**; Glavni izvor Ribnjaka, **R1-kam**; Izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Podumol, **D5**; Izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Gorinci, **IZV-GOR**; Izvor uz Gojačku Dobru kod mjesta Skukani, **IZV-SKU**; Tomaševića izvor uz Gojačku Dobru kod toplica Lešće, **IZV-TOM**).

## 5. RASPRAVA

Ovaj diplomski rad dio je velikog istraživanja na rijeci Gojačkoj Dobri koje se počelo provoditi 2007. godine. Osnovni cilj tog istraživanja bio je utvrditi potencijalni utjecaj izgradnje hidroelektrane Lešće na gustoću populacija slatkovodnih beskralježnjaka te na fizikalno – kemijske čimbenike okoliša (Gottstein i sur., 2009; Žganec i sur., 2010; Đurić, 2012). Hidroelektrana Lešće izgrađena je u blizini mjesta Gorinci. Tijekom studenog 2005. godine započeli su radovi na 52,5 metara visokoj brani, a hidroelektrana je puštena u pogon 2010. godine, pri čemu je potopljeno trinaest kilometara kanjonskog dijela rijeke i stvoreno je akumulacijsko jezero (Đurić, 2012).

Ovim diplomskim radom utvrđen je sastav i struktura zajednice puževa na rijeci Gojačkoj Dobri u razdoblju od lipnja 2008. godine do svibnja 2009. godine, prije izgradnje brane i stvaranja hidroakumulacije. Na osam istraživanih postaja pronađeno je ukupno trinaest vrsta slatkovodnih puževa. Najveći broj zabilježenih vrsta pripada redu Neotaenioglossa (šest vrsta), a od toga čak pet vrsta je iz porodice Hydrobiidae (*Belgrandiella kuesteri*, *Graziana lacheineri*, *Hauffenia* sp., *Iglica gracilis* i *Sadleriana fluminensis*), dok je porodica Melanopsidae zastupljena samo s vrstom *Holandriana holandrii*. Vrste iz porodice Hydrobiidae karakterizirane su kućicama visokim svega nekoliko milimetara, a svojim biološkim i fiziološkim značajkama prilagodile su se životu u podzemlju, izvorima i gornjim dijelovima potoka ili rijeka za koje su karakteristične visoke vrijednosti otopljenog kisika, male promjene temperature vode i relativno brzo strujanje vode (Radoman, 1983; Glöer, 2002). Budući da je u ovom diplomskom radu određivanje puževa provedeno na osnovu konholoških značajki kućice, rod *Hauffenia* nije determiniran do razine vrste jer je za to potrebno napraviti usporedbu unutrašnje građe rasplodnog sustava (Radoman, 1983; Glöer, 2002). Vrsta *H. holandrii* ima izduženu, visoku kućicu, nije izvorska vrsta, a ukoliko dolazi u vodotocima s većom brzinom strujanja vode širokim stopalom se priljubi za podlogu (Glöer, 2002). Ova vrsta inače živi na čvrstom supstratu poput kamenja ili drva u tekućicama (Vučur, 2010). Red Pulmonata je također zastupljen s čak pet vrsta puževa (*Ancylus fluviatilis*, *Galba truncatula*, *Gyraulus albus*, *Hippeutis complanatus* i *Radix labiata*). Za razliku od vrsta iz prethodnog reda, odnosno porodice Hydrobiidae, ove vrste nisu usko vezane za izvore, imaju široku ekološku valenciju i mogu se pronaći i u nizvodnijim dijelovima potoka, rijeka i jezera, u vodama s višom koncentracijom kisika (Glöer, 2002; Moog, 2002). Redovi zastupljeni samo s jednom vrstom u ovom istraživanju su Neritopsina s porodicom Neritidae i vrstom *Theodoxus danubialis* i red Ectobranchia s porodicom Valvatidae i vrstom *Valvata piscinalis*. Vrsta *T. danubialis* dolazi u tekućicama bogatim kisikom i kamenitom podlogom na koju je prilagođena

posebnim oblikom kućice i širokim stopalom, dok vrsta *V. piscinalis* ima široku ekološku valenciju i osim u tekućicama živi i u jezerima (Glöer, 2002).

Najviše vrsta puževa, ukupno jedanaest, pronađeno je na izvorišnom toku Gojačke Dobre (postaja D2), a nakon nje slijedi postaja kod mjesta Podumol (D5) na kojoj je pronađeno deset vrsta puževa. Razmjerno velik broj vrsta na ovim postajama može se objasniti njihovim geografskim položajem. Naime, postaja D2 nalazi se nizvodno od izvora Gojak, koji je glavni izvor rijeke Gojačke Dobre, i na njoj su zabilježene i vrste koje su karakteristične za glavni tok rijeke kao što su *Holandriana holandrii* i *Theodoxus danubialis*. Izvor u Podumolu specifičan je po tome što se nalazi svega nekoliko metara udaljen od glavnog toka pa su i na njemu zabilježene vrste koje nisu isključivo izvorske. Najmanji broj vrsta, četiri, utvrđen je na postajama izvor Gojak (D1), izvor Bistrice (B1) i glavni izvor Ribnjaka (R1). Ta tri lokaliteta su ujedno i ona s najmanjim brojem uzorkovanja. Na postaji izvor Gojak (D1) uzorci su uzimani samo dvaput, a na ostale dvije postaje četiri puta tijekom godine dana. Manji broj uzorkovanja može, ali i ne mora biti razlog manjeg broja pronađenih vrsta. Naime, rjeđim uzorkovanjem možda nisu zahvaćene vrste koje imaju malu brojnost. No, s druge strane, primijenjena metodologija kvantitativnih istraživanja kao i dodatno kvalitativno uzorkovanje omogućuju donošenje relevantnih zaključaka. Postaja kod mjesta Podumol (D5) je ona s najvećim brojem uzorkovanja, jer su uzorci sakupljeni svaki mjesec u istraživanom periodu, dok na izvorišnom toku Gojačke Dobre (D2) samo dva mjeseca nije provedeno uzorkovanje. Istraživačka postaja kod mjesta Gorinci je iznimka jer su na njoj uzorci također uzimani svaki mjesec u istraživanom razdoblju, a zabilježeno je samo sedam vrsta puževa. Ovi rezultati idu u prilog ranije iznesenoj tvrdnji da broj vrsta nije nužno povezan s brojem uzorkovanja, pogotovo stoga što su puževi, za razliku od nekih skupina kukaca, stalno prisutni u bentosu.

Na svim istraživanim postajama podloga je bila kamenita, osim u Gorincima gdje je dominirao mulj. Na izvorišnom toku rijeke Gojačke Dobre (D2), izvoru Ribnjaka (R1) i izvoru Bistrice (B1) uzorci su osim sa kamenite podloge sakupljeni i na mahovini. Poznato je da je podloga ili supstrat od velike važnosti za puževe. U sastavu podloge prisutne su anorganske i organske komponente (Giller i Malmquist, 1998), a puževi na tom staništu nalaze hranu, zaklon od grabežljivaca, polažu jaja, pričvršćuju se za podlogu ili pužu po njoj. Mahovine usporavaju brzu struju vode te poput mreže zaustavljaju detritus, a alge u epifitonu mahovina, zajedno s detritusom, osiguravaju hranu puževima. Usporavanjem struje vode te nakupljanjem detritusa unutar mahovina nastaju mikrostaništa u kojima puževi nalaze skloništa kako bi se zaštitili i sakrili od potencijalnih predatora (Pfleger, 1999; Glöer, 2002; Špoljar i sur., 2012).

Vrsta *Sadleriana fluminensis* jedina je pronađena na svim lokalitetima. Za razliku od nje, vrste *Graziana lacheineri* i *Iglica gracilis* pronađene su samo na jednom od lokaliteta, *G. lacheineri* na izvoru Ribnjaka (R1) i to samo na kamenitoj podlozi, a *I. gracilis* na istraživačkoj postaji kod mjesta Gorinci. Vrsta *S. fluminensis* imala je najveću gustoću populacija na svim istraživanim postajama što je čini dominantnom vrstom u zajednici puževa na izvorišnim područjima rijeke Gojačke Dobre. To je vrsta koja je na području Slovenije uvrštena u kategoriju osjetljivih vrsta i nalazi se na njoj Crvenoj listi. Rasprostranjena je samo na području Slovenije, Hrvatske i Bosne i Hercegovine ([http://www.faunaeur.org/distribution\\_table.php](http://www.faunaeur.org/distribution_table.php)).

Funkcionalna struktura zajednice puževa u rijeci Gojačkoj Dobri određena je na osnovu hranidbenih grupa (Moog, 2002). Prema ovom autoru jedna vrsta puževa nije nužno vezana samo za jedan način prehrane, nego su za jednu vrstu karakteristični različiti načini prehrane. Provedena analiza pokazala je da na svih osam postaja prevladavaju strugači i detritivori ili sakupljači u podjednakim omjerima. Ovakvu raspodjelu možemo pripisati najviše visokom udjelu vrste *Sadleriana fluminensis* koja je jednakim dijelom strugač i detritivor. Isto vrijedi i za ostale vrste iz porodice Hydrobiidae. Na postaji Tomaševića izvor s velikim postotkom prevladavaju strugači u odnosu na detritivore. Usitnjivači i "ostali" tijekom ovog istraživanja nisu zabilježeni ili su zabilježeni s vrlo malim brojem jedinki. Vrste koje pripadaju skupini usitnjivača i "ostalih" su *Galba truncatula*, *Gyraulus albus*, *Hippeutis complanatus*, *Holandriana holandrii* i *Radix labiata*. To su vrste koje su se pojavljivale s malim gustoćama populacija što objašnjava malu zastupljenost ovih dviju hranidbenih grupa.

Najveće bogatstvo vrsta (Margalefov indeks bogatstva vrsta) zabilježeno je na kamenom supstratu izvorišnog toka Gojačke Dobre, gdje je ukupno utvrđeno jedanaest vrsta puževa. Najveću ujednačenost (Pielouov indeks ujednačenosti) pokazala je zajednica puževa na mahovini izvorišnog toka Gojačke Dobre, a na istoj postaji i istom tipu supstrata utvrđene su i najviše vrijednosti Shannonovog i Simpsonovog indeksa raznolikosti. Naime, na toj postaji je zabilježeno šest vrsta puževa, ali s malim gustoćama populacija. Najniže vrijednosti svih indeksa utvrđene su na izvoru Ribnjaka na mahovini, gdje su ukupno zabilježene tri vrste puževa no vrsta koja dominira je *Sadleriana fluminensis*, s udjelima većim od 98 % u svim mjesecima istraživanja. Klaster analizom sastava zajednice puževa ustanovljeno je grupiranje velikih stalnih reokrenih izvora Ribnjaka i Bistrice s jedne, te glavnog, limnokrenog izvora Gojak i manjih izvora uz Gojačku Dobru s druge strane. Zajednica puževa na mahovini izvorišnog toka Gojačke Dobre jasno se odvojila od ostale dvije grupe. Kao što je već ranije navedeno, Ribnjak i Bistrica dva su glavna pritoka rijeke Gojačke Dobre, a od ukupno četiri vrste koje su zabilježene

na tim postajama, čak tri vrste su im zajedničke: *Sadleriana fluminensis*, *Belgrandiella kuesteri* i *Ancylus fluviatilis*. Osim toga, vrsta *S. fluminensis* na obje postaje ima najveće vrijednosti gustoće populacija, a slijedi je vrsta *B. kuesteri*. Razlog ranog odvajanja zajednice puževa na mahovini izvorišnog toka Gojačke Dobre je u tome što je na toj postaji zabilježen relativno velik broj vrsta, ali s malim gustoćama populacija.

Izvor Gojak, izvor Bistrice i izvor Ribnjaka veliki su izvori koji imaju stabilna fizikalno-kemijska obilježja tijekom godine, pri čemu je posebno važan stabilan protok vode i stabilna temperatura. S druge strane, izvori s velikim oscilacijama protoka i temperature vode su izvor u Gorincima, izvor u Skukanima i povremeni izvor u Tomaševićima. Isto vrijedi i za izvor u Podumolu no on je zbog blizine rijeke za vrijeme višeg vodostaja poplavljen. Općenito, gustoća zajednica i raznolikost makroskopskih beskralježnjaka uglavnom je viša u stalnim izvorima, iako u nekim izvorima koji povremeno presušuju, gustoće populacija nekih skupina (npr. Ephemeroptera i Diptera) mogu biti veće zbog njihove sposobnosti da brzo koloniziraju vode nakon ponovnog uspostavljanja protoka (Glazier i Glooch, 1987).

Izgradnja brana ima veliki utjecaj na riječne sustave, dovodi do hidromorfoloških promjena nizvodno od brane, promjena prirodnog režima protoka vode te do promjene u kvaliteti vode (McAllister i sur., 2000). Primjerice, istraživačka postaja kod mjesta Podumol i njen bočni izvor (D5) potopljene su u srpnju 2010. godine nakon punjenja akumulacije (Žganec, 2012). Samo mali broj vrsta se uspješno prilagodi na takve promjene, što dovodi do smanjenja biološke raznolikosti i smanjenja gustoće populacija pojedinih vrsta u vodenim ekosustavima nizvodno od brane. Najbolji primjer za to je endemski rakušac *Echinogammarus cari* koji je direktno ugrožen izgradnjom HE Lešće (Đurić, 2012). Osim izgradnje brane, potencijalnu prijetnju izvorskom području rijeke svakako predstavljaju i klimatske promjene, kojima se u današnje vrijeme poklanja sve više pažnje, a koje uključuju velike suše i presušivanje izvora (Cuttelod i sur., 2011).

Rezultati ovog rada predstavljaju značajan doprinos poznavanju faune rijeke Gojačke Dobre, posebno njenih izvora. Postaje D5 i D2 u cijelosti su potopljene i podaci iz ovog rada ostaju kao zadnji zapis o prisutnosti vrsta na njima. Na postajama uzvodno od brane, koje nisu potopljene stvaranjem akumulacije (D1, R1, B1), kao i na postajama nizvodno od brane (IZV-GOR, IZV-SKU, IZV-TOM), koje su utjecane svakodnevnim promjenom režima vode, na osnovu podataka iz ovog diplomskog rada i istraživanja koja su u tijeku moći će se utvrditi direktan utjecaj izgradnje brane na sastav i strukturu zajednice puževa.

## 6. ZAKLJUČAK

1. U razdoblju od lipnja 2008. godine do svibnja 2009. godine na istraživanim postajama rijeke Gojačke Dobre pronađeno je ukupno trinaest vrsta slatkovodnih puževa. Najviše vrsta puževa, jedanaest, pronađeno je na izvorišnom toku Gojačke Dobre (postaja D2). Na izvoru kod mjesta Podumol (postaja D5) utvrđeno je deset vrsta, na izvoru kod mjesta Gorinci sedam vrsta, na Tomaševića izvoru i izvoru u Skukanima šest vrsta, a na izvoru Gojak (postaja D1), izvoru Bistrice (postaja B1) i glavnom izvoru Ribnjaka (postaja R1) pronađene su četiri vrste.
2. Vrste zabilježene na području rijeke Gojačke Dobre su: *Ancylus fluviatilis*, *Belgrandiella kuesteri*, *Galba truncatula*, *Graziana lacheineri*, *Gyraulus albus*, *Hauffenia* sp., *Hippeutis complanatus*, *Holandriana holandrii*, *Iglica gracilis*, *Radix labiata*, *Sadleriana fluminensis*, *Theodoxus danubialis* i *Valvata piscinalis*. Jedina vrsta pronađena na svih osam lokaliteta je *Sadleriana fluminensis*. Vrste *G. lacheineri* i *I. gracilis* pronađene su samo na jednoj od postaja, *G. lacheineri* na izvoru Ribnjaka, a *I. gracilis* na izvoru u Gorincima.
3. Najveću gustoću populacija na svim istraživanim postajama imala je vrsta *Sadleriana fluminensis* što ovu vrstu čini dominantnom u zajednici puževa na izvorišnim područjima rijeke Gojačke Dobre.
4. Analiza funkcionalno trofičke strukture zajednice puževa na svim istraživačkim postajama pokazala je dominaciju grupa strugača i detritivora u podjednakim omjerima, osim na postaji Tomaševića izvor gdje prevladavaju strugači s udjelom od 72 %. Usitnjivači i "ostali" nisu zabilježeni ili su zabilježeni s vrlo malim brojem jedinki.
5. Najveće bogatstvo vrsta zabilježeno je na kamenom supstratu izvorišnog toka Gojačke Dobre, dok je najveću ujednačenost pokazala zajednica puževa na izvorišnom toku Gojačke Dobre, na mahovini. Shannonov indeks raznolikosti, koji je osjetljiviji na prisutnost rijetkih svojti, kao i Simpsonov indeks na koji više utječe brojnost dominantnih svojti, najveći su na izvorišnom toku Gojačke Dobre na mahovini. Najniže vrijednosti svih indeksa zabilježene su na izvoru Ribnjaka na mahovini.

6. Klaster analizom sastava zajednice puževa ustanovljeno je grupiranje velikih stalnih reokrenih izvora Ribnjaka i Bistrice s jedne, te glavnog, limnokrenog izvora Gojak i manjih izvora uz Gojačku Dobru s druge strane. Zajednica puževa na mahovini izvorišnog toka Gojačke Dobre jasno se odvojila od ostale dvije grupe.
7. Dobiveni podaci daju značajan doprinos boljem poznavanju faune slatkovodnih puževa rijeke Gojačke Dobre, ali i predstavljaju osnovu za praćenje promjena nastalih izgradnjom HE Lešće.

## 7. LITERATURA

1. Allan, J. D., Castillo, M. M. (2007): Stream ecology: Structure and function of running waters. Springer, Dordrecht.
2. Bole, J. (1969): Ključići za določevanje živali – IV. Mehkužci (Mollusca), Društvo biologov Slovenije, Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani, Ljubljana.
3. Bonacci, O., Andrić, A. (2010): Hidrološka analiza krške rijeke Dobre. Hrvatske vode 72: 127-138.
4. Carroll, T. M. (2009): Resource pulses and spatial subsidies in Ozark karst springs. PhD Thesis, University of Kansas, str. 1-152.
5. Clarke, K. R., Gorley, R. N. (2006): PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
6. Cuttelod, A., Seddon, M., Neubert, E. (2011): European Red List of Non-marine Molluscs. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
7. Dillon, T. R. Jr. (2000): The Ecology of Freshwater Molluscs. Cambridge University Press, Cambridge, 509 str.
8. Đurić, P. (2012): Ekologija i rasprostranjenost ugrožene endemske vrste rakušca *Echinogammarus cari* (Amphipoda: Gammaridae) u slivu rijeke Dobre, Doktorski rad, Biološki odsjek, PMF, Zagreb.
9. Erman, N. A. (2002): Lessons from a Long-term Study of Springs and Spring Invertebrates (Sierra Nevada, California, U. S. A.) and Implications for Conservation and Management. U: Sada, D. W. Sharpe, S. E. (ur.), Conference Proceedings. Spring-fed Wetlands: Important Scientific and Cultural Resources of the Intermountain Region. NV. DHS Publication No. 41210, Las Vegas.
10. Gerecke R., Meisch C., Stoch F., Acri F., Franz H. (1998): Eucrenon-hypocrenon ecotone and spring typology in the Alps of Berchtesgaden (Upper Bavaria, Germany). A study of microcrustacea (Crustacea: Copepoda, Ostracoda) and water mites (Acari: Halacaridae, Hydrachnellae), str. 167-182. U: Botosaneanu, L. (ur.), Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbooks. Backhuys Publishers, Leiden.
11. Gereš, D. (2007): Vodni resursi i navodnjavanje u priobalju i krškom zaleđu Hrvatske. U: Priručnik za hidrotehničke melioracije, III kolo, knjiga 3: Vodnogospodarski aspekti razvoja navodnjavanja u priobalju i krškom zaleđu Hrvatske. Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Rijeka.

12. Giller, P. S., Malmquist, B. (1998): The Biology of Stream and Rivers. Oxford University Press, Oxford.
13. Glazier, D. S., Gooch, J. L. (1987): Macroinvertebrate assemblages in Pennsylvanian (U. S. A.) springs. *Hydrobiologia*, 150: 33-43.
14. Glöer, P. (2002): Die Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas, Bestimmungsschlüssel, Lebensweise, Verbreitung. Die Tierwelt Deutschlands, 73 Teil, Conchbooks, Hackenheim.
15. Gottstein, S., Žganec, K., Kerovec, M., Ternjej, I., Lajtner, J., Mihaljević, Z., Popijač, A., Previšić, A., Ivković, M., Mičetić, V., Slavikovski, A. (2009): Potencijalni utjecaj HE Lešće na zajednice makroskopskih vodenih beskralješnjaka izvorišnih područja gornjeg toka Gojačke Dobre. *Biološki odsjek, PMF, Zagreb*.
16. Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Vidaković, J., Kučinić, M., Špoljar, M., Matoničkin, R., Miliša, M. (2004): Protista - Protozoa i Metazoa - Invertebrata funkcionalna građa i praktikum. Meridijani, Samobor.
17. Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perić, M. (2011): Protista - Protozoa. Metazoa – Invertebrata. *Strukture i funkcije*. Alfa, Zagreb.
18. Herak, M. (1990): Geologija. Postanak, tektonika i dinamika Zemlje. Razvojni put Zemlje i Života. *Geološka građa kontinenata i oceana*. Školska knjiga, Zagreb, 1-433.
19. Kerovec, M. (1986): Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka, SNL, Zagreb.
20. Krebs, C. J. (1999): *Ecological Methodology*. Addison Wesley. Longman, inc., Menlo Park.
21. 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 non-marine mollusks. *BioScience* 54: 321–330.
22. Malard, F., Turquin, M.-J., Magniez, G. (1997): Filter effect of karstic spring ecotones on the population structure of the hypogean amphipod *Niphargus virei*, str. 40-50. U: Gilbert, J. Mathieu, J. Fournier, F. (ur.), *Groundwater/Surface Water Ecotones: Biological and Hydrological Interactions and Management Options*. Cambridge University Press, Cambridge.
23. Matoničkin, I., Habdija, I., Primc-Habdija, B. (1998): *Beskralješnjaci, Biologija nižih avertebrata*, III. prerađeno i dopunjeno izdanje. Školska knjiga, Zagreb.

24. McAllister, D. E., Craig, J. F., Davidson, N., Delany, S., Seddon, M. (2000): Biodiversity impacts of large dams. A contributing paper to the World Commission on Dams.
25. Moog, O. (2002): Fauna Aquatica Austriaca, 2nd Edition Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Vienna
26. Pfleger, V. (1999): A Field Guide in Colour to Molluscs. Blitz Editions, Leicester.
27. Ponder, W., Lindberg, D. R. (ur.) (2008): Phylogeny and Evolution of the Mollusca. University of California Press, Berkeley.
28. Radoman P. (1983): Hydrobioidea a superfamiliy of Prosobranchia (Gastropoda), I. Systematics. Serbian academy of sciences and arts, Beograd.
29. 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.
30. Strong, E. E., Gargominy, O., Ponder, W. F., Bouchet, P. (2008): Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater. Hydrobiologia 595:149–166.
31. Šafarek, G., Šolić, T. (2011): Rijeke Hrvatske, Veda, Križevci.
32. 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). Ann. Limnol. 48: 125–138.
33. Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., Gushing, C. E. (1980): The river continuum concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37: 130-137
34. Vučur, T. (2010): Ključ za određivanje slatkovodnih puževa, Diplomski rad, Biološki odsjek, PMF, Zagreb.
35. Williams, D. D., Williams, N. E. (1998): Invertebrate communities from freshwater springs: What can they contribute to pure and applied ecology. str. 251-261. U: Botosaneanu, L. (ur.), Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbooks. Backhuys Publishers, Leiden.
36. Zollhöfer, J. M., Brunke, M. i 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.
37. Žganec, K. (2012): The effects of water diversion and climate change on hydrological alteration and temperature regime of karst rivers in central Croatia. Environ. Monit. Assess. DOI: 10.1007/s10661-011-2375-1.
38. Žganec, K., Gottstein, S., Jeran, N., Đurić, P., Hudina, S. (2010): Freshwater endemics in peril: a case study of species *Echinogammarus cari* (Amphipoda: Gammaridae)

threatened by damming. U: Tepper, G. H. (ur.), Species Diversity and Extinction, Nova Science Publishers, Inc.

39. Internetski izvor:

[http://www.faunaeur.org/distribution\\_table.php](http://www.faunaeur.org/distribution_table.php), pristupljeno 24. travnja 2015.

## 8. ŽIVOTOPIS

Osobni podaci :

Ime i prezime: Katarina Gatarić

Datum i mjesto rođenja: 25.07.1986., grad Karlovac, Republika Hrvatska

Adresa: Gorščaki 22, 47286 Mahično

Mobitel: 091/540-1643

E-mail adresa: katarina2507@gmail.com

Obrazovanje :

Prirodoslovno – matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2005. - 2015., cjeloviti integrirani preddiplomski i diplomski studij biologije i kemije

Gimnazija Karlovac (smjer opći), Karlovac, 2001. - 2005.

Osnovna škola Mahično, Karlovac, 1993. - 2001.

Radno iskustvo:

- Osnovna škola Grabrik, Karlovac; zamjena na radnom mjestu profesor prirode, biologije i kemije

Znanja i vještine:

- poznavanje rada na računalu
- poznavanje engleskog (iskusni korisnik) i njemačkog jezika (početnik)
- držanje instrukcija iz kemije
- izrada herbara
- vozačka dozvola B kategorije