

# Populacijske značajke potočnog raka *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) u potoku Dolje

---

Jurković, Tamara

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:513166>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno – matematički fakultet  
Biološki odsjek

Tamara Jurković

**Populacijske značajke potočnog raka *Austropotamobius  
torrentium* (Schrank, 1803) u potoku Dolje**

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

Ovaj rad, izrađen u Zoološkom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Ivane Maguire i neposrednim vodstvom dr. sc. Andreje Lucić, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra edukacije biologije i kemije.

*Ovom prigodom zahvaljujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Ivani Maguire na velikoj susretljivosti, prijedlozima, korisnim savjetima i strpljenju tijekom izrade ovog rada, kao i ugodnom radnom okruženju. Hvala i dr.sc. Andreji Lucić na velikoj pomoći prilikom izlazaka na teren i korisnim savjetima tijekom njegova provođenja.*

*Najveću zahvalost dugujem svojoj obitelji koja mi je pružila nesebičnu pomoć, bezgraničnu podršku, razumijevanje i prije svega ljubav. Mama, tata, Marina i Bruno – hvala vam!*

*Posebno, neizmjerne zahvala Martini i Tei na nesebičnoj pomoći i podršci tijekom pisanja diplomskog rada, a ponajviše na predivnom prijateljstvu.*

*Od srca zahvaljujem Vedranu za veliku pomoć prilikom tehničkog dijela izrade diplomskog rada, ali najviše za neizmjernu podršku, strpljenje i ljubav tijekom studijskih dana.*

*Također, zahvaljujem se svim svojim prijateljima i kolegama s kojima sam provodila dane studiranja, koji su mi bili velika pomoć i podrška te učinili studiranje nezaboravnim i dragocjenim.*

---

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno – matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

### Populacijske značajke potočnog raka *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) u potoku Dolje

Tamara Jurković

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Potočni rak (*Austropotamobius torrentium*) je autohtona europska vrsta slatkovodnih rakova iz porodice Astacidae koja nastanjuje potoke na višim nadmorskim visinama s kamenim dnom i velikim brojem zaklona. Primarni cilj ovog istraživanja je bio prikupiti i analizirati podatke o rakovima i staništu kako bi dobili uvid o populacijskim značajkama potočnog raka u prirodnom i antropogeno utjecanom staništu, kao i istražiti postoje li razlike u mjerenim parametrima (gustoća populacije, morfometrijske značajke rakova, odnos spolova, kondicija) između populacije u prirodnom toku potoka Dolje i populacija koje su pod antropogenim utjecajem u nizvodnim dijelovima potoka Dolje. Rakovi su lovljeni pomoću ručno izrađenih vrša u periodu od 2. lipnja do 9. lipnja 2015. godine. Ukupno je ulovljeno 70 rakova, od čega 39 mužjaka i 31 ženka. Svakom ulovljenom raku je određen spol, izmjerena masa i sedam morfometrijskih značajki. Također, svim ulovljenim jedinkama je određena kondicija tijela. Procjena veličine populacija određena je Schnabel te Schumacher i Eschmeyer metodom. Ustanovljeno je da se mužjaci i ženke značajno razlikuju u masi, širini 1. začanog kolutića, veličini kliješta, kao i kondiciji tijela te da postoje značajne razlike u morfometrijskim značajkama rakova iz različitih lokacija. Najveća procijenjena veličina populacije je u prirodnom dijelu toka potoka Dolje gdje nema antropogenog utjecaja, a najmanja na kanaliziranom dijelu. Dobiveni rezultati potvrđuju veliku osjetljivost potočnih rakova na promjene u okolišu te upućuju na veliku važnost i potrebu očuvanja prirodnih staništa ove vrste.

(50 stranica, 26 slika, 15 tablica, 68 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski jezik)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

**Ključne riječi:** *Austropotamobius torrentium*, veličina populacije, morfometrija, zaštita staništa

**Voditelj:** Izv. prof. dr. sc. Ivana Maguire  
**Neposredni voditelj:** Dr. sc. Andreja Lucić  
**Ocjenitelji:** Izv. prof. dr. sc. Ivana Maguire  
Izv. prof. dr. sc. Ines Radanović  
Izv. prof. dr. sc. Vesna Petrović Peroković

**Rad prihvaćen:** 3. ožujka 2016.

---

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Graduation thesis

### **Population characteristics of the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) from the Dolje Stream**

Tamara Jurković

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) is a native European crayfish species from family Astacidae inhabiting streams at higher altitudes with rocky bottoms and large number of shelters. The primary objective of this study was to collect and analyze data on crayfish and their habitat in order to get insight into the stone crayfish population characteristics in the natural and anthropogenically affected habitat, as well as to investigate whether there were differences in measured parameters (population density, morphometrical crayfish characteristics, sex ratio, body condition) between population in the natural course of the Dolje Stream and populations that are under anthropogenic influence in the downstream parts of the Dolje Stream. The crayfish were caught by hand made baited traps from June 2<sup>nd</sup> until June 9<sup>th</sup> 2015. A total of 70 crayfish were caught, of which 39 males and 31 females. For each trapped crayfish, sex, weight and seven morphometrical characteristics were recorded. Also, the body condition was determined for all individuals. Population size was estimated by Schnabel and Schumacher and Eschmeyer method. It was found that males and females differ significantly in weight, width of the first abdominal segment, size of claws and body condition. Also it was found that there were significant differences in morphometrical characteristics of stone crayfish from different localities. The biggest population size was estimated in the natural flow of the Dolje Stream where there are no anthropogenic influences, and the lowest in the canalised part of the stream, situated in the settlement. The results confirm high sensitivity of the stone crayfish to environmental changes and indicate the great importance and necessity to preserve natural habitats of this species.

(50 pages, 26 figures, 15 tables, 68 references, original in: Croatian)

Thesis stored in the Central Biological Library

**Keywords:** *Austropotamobius torrentium*, population size, morphometry, habitat protection

**Supervisor:** Assoc. Prof. Ivana Maguire  
**Associate supervisor:** Dr. sc. Andreja Lucić  
**Reviewers:** Assoc. Prof. Ivana Maguire  
Assoc. Prof. Ines Radanović  
Assoc. Prof. Vesna Petrović Peroković

**Thesis accepted:** March 3, 2016.

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
1.1. Porodica Astacidae.....	1
1.1.1. Morfološke značajke porodice Astacidae .....	2
1.2. Sistematika vrste <i>Austropotamobius torrentium</i> (Schrank, 1803) - potočni rak, rak .....5	5
kamenjar .....	5
1.3. Geografska rasprostranjenost potočnog raka.....	5
1.4. Opis vrste <i>Austropotamobius torrentium</i> - potočni rak.....	7
1.5. Reprodukcijski ciklus .....	7
1.6. Ekološke značajke .....	8
1.7. Kondicijski indeksi.....	10
1.8. Fizikalno – kemijski parametri vode.....	11
2. CILJ ISTRAŽIVANJA .....	12
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....	13
3.1. Obilježja istraživanih lokaliteta .....	13
4. MATERIJALI I METODE .....	16
4.1. Lov i rukovanje rakovima.....	16
4.2. Određivanje spola i morfometrijskih karakteristika rakova .....	18
4.3. Metoda označavanja i ponovnog ulova („mark – recapture“ metoda).....	19
4.4. Mjerenje fizikalno – kemijskih parametara vode.....	20
4.5. Obrada podataka .....	20
5. REZULTATI.....	22
5.1. Fizikalno – kemijski parametri vode na istraživanim lokacijama u potoku Dolje .....	22
5.2. Brojnost populacija potočnog raka u potoku Dolje .....	23
5.3. Odnos fizikalno-kemijskih parametara vode i brojnosti rakova.....	24
5.4. Morfometrijske značajke istraživanih populacija potočnog raka u potoku Dolje .....	30
5.5. Kondicijski indeksi.....	33
5.6. Usporedba morfometrijskih značajki i kondicije istraživanih populacija potočnog.....	35
5.7. Procjena veličine populacije .....	39
6. RASPRAVA .....	41
7. ZAKLJUČCI.....	45
8. LITERATURA .....	46
9. PRILOZI .....	I
10. ŽIVOTOPIS .....	

# 1. UVOD

## 1.1. Porodica Astacidae

Slatkovodne vrste rakova pripadaju podredu Astacidea, koji uključuje tri porodice s 30 rodova koji se međusobno razlikuju morfološki, biološki i ekološki (Holdich, 2002). Porodica Astacidae je prirodno rasprostranjena u Europi, a predstavnici te porodice naseljavaju tekućice i stajaćice, podzemne i bočate vode (Maguire, 2010). Ova porodica je zastupljena s dva roda: *Astacus* (Fabricius, 1775) i *Austropotamobius* (Skorikov, 1907), a na području Europe, zapadno od Urala, obitava pet autohtonih vrsta slatkovodnih rakova iz ove porodice (Holdich, 2002). To su vrste *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) – potočni rak ili rak kamenjar, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858) – bjelonogi ili primorski rak, *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) – riječni ili plemeniti rak, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 – uskoškari, turski ili barski rak i *Astacus pachypus* (Rathke, 1837). Danas je vrsta *Astacus astacus* rasprostranjena u istočnim, središnjim i sjevernim dijelovima Europe, vrsta *Astacus pachypus* se zadržava oko Crnog i Azovskog mora, te oko Kaspijskog jezera dok je vrsta *Astacus leptodactylus* uglavnom rasprostranjena u Aziji i istočnoj Europi iako je unesena i u druge europske zemlje i širi se vodenim putevima prema zapadu. Vrsta potočni rak ili rak kamenjar (*Austropotamobius torrentium*), koja je i cilj istraživanja ovog diplomskog rada raširena je u središnjoj i jugoistočnoj Europi, a njegov srodnik, vrsta *Austropotamobius pallipes* je rasprostranjena u južnoj i zapadnoj Europi, uključujući i Britansko otočje (Holdich i Lowery, 1988; Kouba i sur., 2014).

Hrvatsku karakterizira velika raznolikost ekoloških sistema i staništa. Obzirom da je smještena na granici nekoliko biogeografskih regija, obuhvaća dijelove s različitim geološkim, pedološkim, hidrološkim i klimatskim uvjetima (Radović, 2000).

Kao posljedica toga, na području Hrvatske obitavaju četiri autohtone europske vrste: *Austropotamobius pallipes* koji je rasprostranjen na području Like, Dalmacije i nekih jadranskih otoka; *Austropotamobius torrentium* koji obitava u potocima kontinentalnog dijela Hrvatske na višoj nadmorskoj visini; *Astacus astacus*, vrsta koja je rasprostranjena na području kontinentalne Hrvatske i *Astacus leptodactylus* koji se s područja Posavine i Slavonije proširio prema zapadu pa ga se može pronaći u rijekama Mrežnici, Kupi i Dobri (Maguire i sur., 2011).

Osim autohtonih vrsta, u Europi su prisutne i alohtone vrste iz porodice Astacidae (npr. *Pacifastacus leniusculus*) i Cambaridae (npr. *Orconectes limosus*, *Procambarus clarkii*). U Europi je također zabilježena prisutnost australskih vrsta roda *Cherax*, iz porodice Parastacoidea (Holdich, 2002), dok su u Hrvatskoj prema dosadašnjim istraživanjima od alohtonih vrsta utvrđene: *Pacifastacus leniusculus*, *Orconectes limosus* (Maguire i Gottstein-Matočec, 2004; Hudina i sur., 2009; Maguire i sur., 2011), te *Procambarus fallax* f. *virginalis* (Souty-Grosset i sur., 2006; Martin i sur., 2010; Chucholl i sur., 2012).



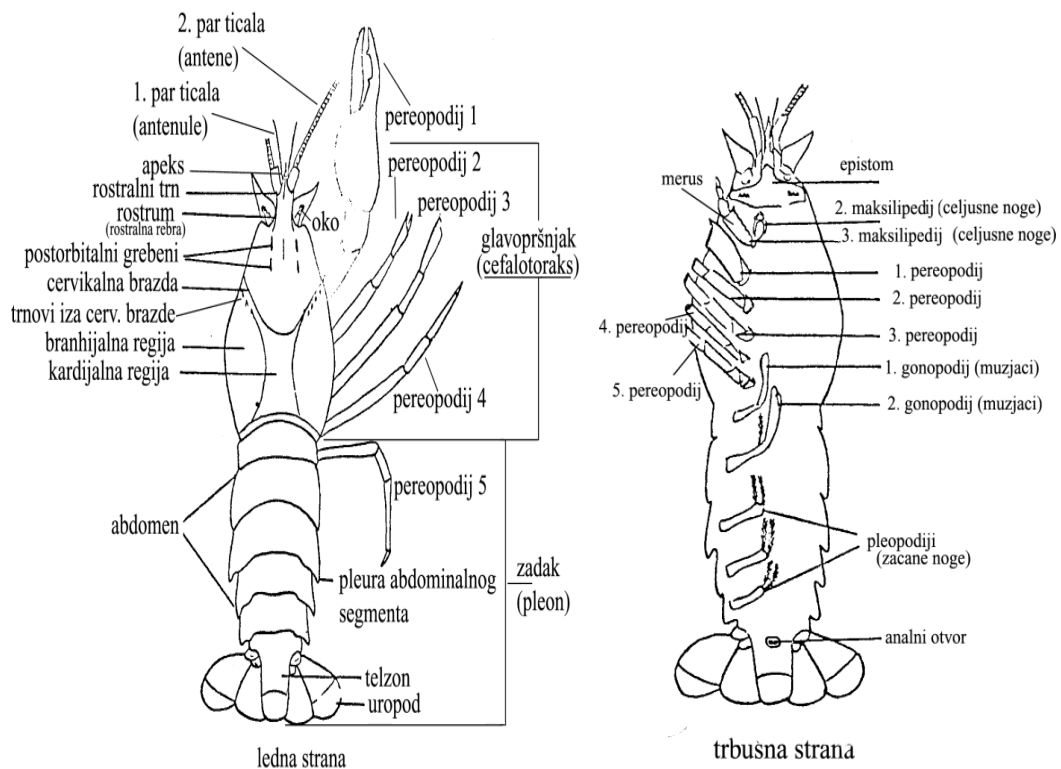
### 1.1.1. Morfološke značajke porodice Astacidae

Rakovi su morfološki izrazito raznolika skupina životinja, ali neke osnovne anatomske značajke jednake su za sve skupine pa tako i za porodicu Astacidae. Sve jedinke ove porodice karakterizira građa tipična za sve više rakove (razred Malacostraca). Pripadnost tom razredu očituje se od embrionalnog razvitka gdje stadij ličinke ima 20 tjelesnih kolutića, zatim u juvenilnom stadiju koji se izliježe iz jaja i kroz odrasli stadij čije je tijelo građeno od 19 tjelesnih kolutića i podijeljeno na funkcionalne cjeline –tagme.

Zajednička morfološka značajka porodice Astacidae je tagmatizacija tjelesnih kolutića u dvije funkcionalne cjeline, anteriorni glavopršnjak (cefalotoraks, cefalopereion) i posteriorni zadak (pleon).

Glavopršnjak je sastavljen od pet kolutića cefalona i osam kolutića toraksa. Cefalon se dijeli na protocefalon i gnathothoraks. Protocefalon čine stapkaste oči, labrum i dva para ticala (antene i antenule), a gnathothoraks čine usni organi (gornja čeljust odnosno mandibula i dva para donjih čeljusti odnosno maksilula i maksila). Na toraksu se nalaze tri para čeljusnih nogu (maksilipediji) i pet pari nogu za hodanje (pereopodiji) od kojih je prvi par preobražen u kliješta. Kod ženki se spolni otvor nalazi na trećem paru pereopodija, a kod mužjaka je spolni otvor na petom paru pereopodija. Dolazi i do razvoja kožnog nabora, karapaksa, koji pokriva dorzalnu stranu toraksa i bočno se produžuje u šupljine unutar kojih se nalaze škrge. Glavni biološki značaj karapaksa je zaštita tijela i dišnih organa. Na karapaksu se nalazi i granica između cefalona i toraksa, a predstavlja ju transverzalno položena cervikalna brazda.

Na zataku se nalazi šest pari nogu za plivanje (pleopodiji). Kod mužjaka su prva dva para pleopodija preobražena u kopulatorne organe (gonopode), a kod ženki je prvi par pleopodija reduciran. Zajednička osobina oba spola je da je posljednji par začanih nogu preobražen u uropodije koji s telzonom čine repnu peraju (Slika 1).

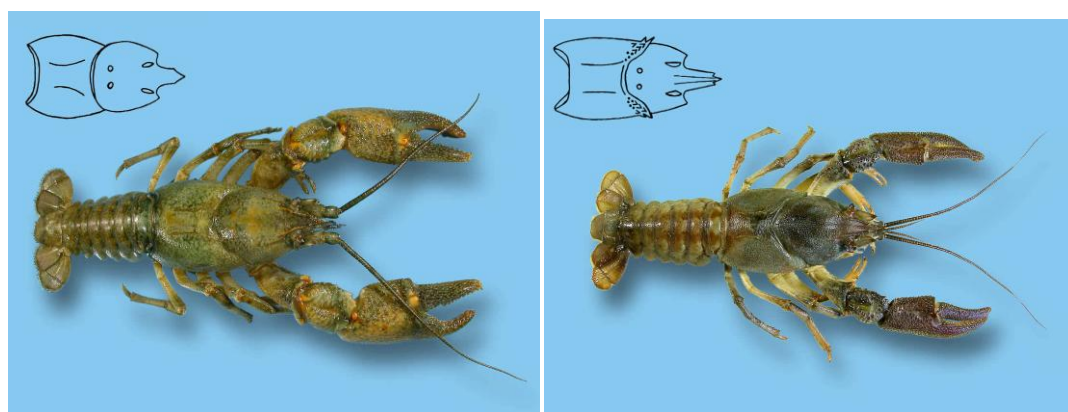


**Slika 1.** Vanjska morfologija deseteronožnih rakova (preuzeto iz Maguire, 2010)

Svaki rod i vrsta imaju određena morfološka obilježja po kojima se mogu lako razlikovati u odnosu na druge. Stoga je važno pri određivanju pojedine vrste obratiti pažnju na oblik rostruma, nabore i šiljke na karapaksu, brazde, kao i na obilježja gonopoda. Tablica 1 prikazuje najznačajnije morfološke kriterije za određivanje vrsta roda *Austropotamobius* pomoću kojih možemo identificirati vrstu *Austropotamobius torrentium* – potočni rak, koja je i cilj istraživanja ovog diplomskog rada (Slika 2).

**Tablica 1.** Morfološke značajke za određivanje vrsta roda *Austropotamobius* (Prilagođeno prema Füreder i Machino, 2002 i Maguire, 2010).

KRITERIJI/ VRSTA	<i>Austropotamobius torrentium</i>	<i>Austropotamobius pallipes</i>
ROSTRALNI TRNOVI	prisutni, vrlo mali	prisutni
ROSTRUM	kratak, oblik jednakostraničnog trokuta	trokutast ili trapezoidan
ROSTRALNA KRESTA	prisutna ili neznatno primjetna	prisutna
IZGLED KLIJEŠTA	velika i široka	
POVRŠINA KLIJEŠTA	velike i grube granule	sitne granule
UDUBLJENJE NA UNUTRAŠNJEM RUBU NEPOKRETNOG PRSTA KLIJEŠTA	vrlo izraženo, kod regeneriranih kliješta manje izraženo	nije prisutno
POSTORBITALNI GREBENI	1 par	1 par, ponekad je 2. par neznatno primjetan
TRNOVI IZA CERVICALNE BRAZDE	nisu prisutni	prisutni, jedan do nekoliko jače izraženih trnova
TALON NA 2. PLEOPODU KOD MUŽJAKA	ponekad prisutan, a ponekad ne	prisutan



**Slika 2.** Vrste roda *Austropotamobius*: *Austropotamobius torrentium* – potočni rak (lijevo) i *Austropotamobius pallipes* - bjelonogi rak (desno) (preuzeto s [www.salzburg.gv.at/en/bf/krebse1\\_m.pdf](http://www.salzburg.gv.at/en/bf/krebse1_m.pdf))

## 1.2. Sistematika vrste *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) - potočni rak, rak kamenjar

Do danas je opisano oko 68 000 različitih vrsta rakova koji žive u slatkim vodama, u moru, a neki su se djelomično prilagodili i životnim uvjetima na kopnu. Slatkovodne vrste pripadaju podredu Astacida, raznolikoj skupini unutar reda Decapoda sa oko 650 opisanih vrsta (Crandall i Buhay, 2008). U podred Astacida uključena je porodica Astacidae u kojoj se nalazi vrsta *Austropotamobius torrentium* - potočni rak ili rak kamenjar koji je i bio cilj istraživanja ovog diplomskog rada. Sistematska pripadnost potočnog raka je sljedeća:

Koljeno: Arthropoda - člankonošci

Potkoljeno: Crustacea - rakovi

Razred: Malacostraca - viši rakovi

Red: Decapoda - deseteronošci

Podred: Astacida

Nadporodica: Astacoidea

Porodica: Astacidae

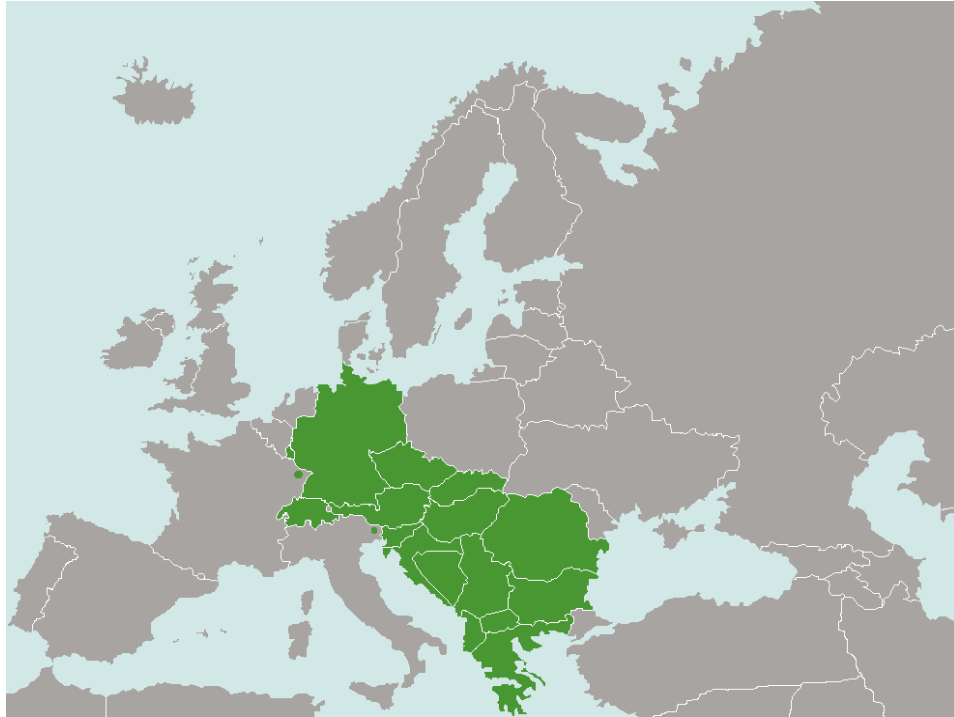
Rod: *Austropotamobius*

Vrsta: *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) - potočni rak ili rak kamenjar

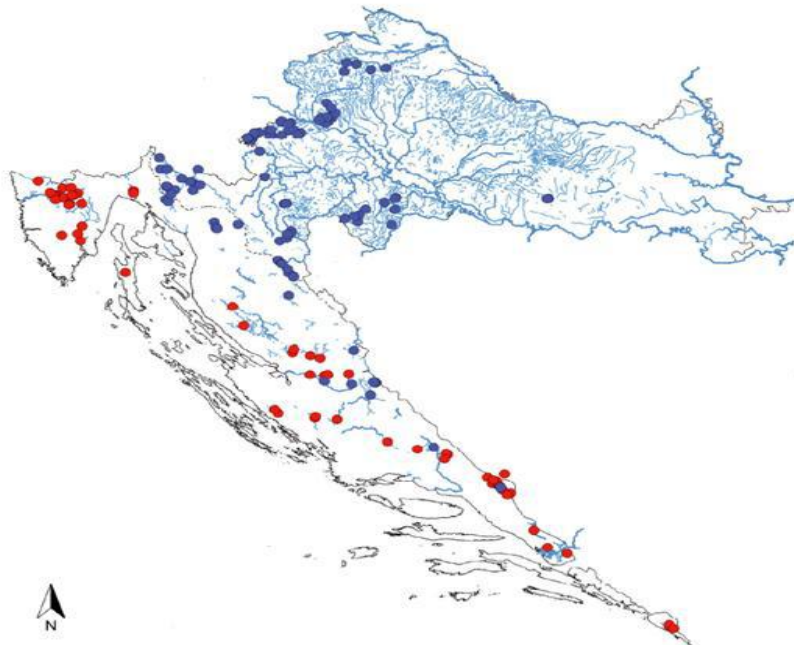
## 1.3. Geografska rasprostranjenost potočnog raka

Potočni rak je autohtona vrsta koja je rasprostranjena u središnjoj i istočnoj Europi. Nastanjuje prostor koji se proteže na sjever do Njemačke i Češke, zapadno do Luksemburga i Francuske, južno do Grčke i istočno do Bugarske (Holdich, 2002). Pronađen je i na području Turske (Harhoglu i Gunern, 2006), ali se ne zna sa sigurnošću je li to njegovo prirodno stanište ili je unesen (Slika 3).

U Hrvatskoj je ova vrsta rasprostranjena u rijekama savskog slijeva, ali su utvrđeni i u nekoliko potoka jadranskog slijeva (pritoke Zrmanje i Krke) (Maguire, 2002; Maguire i Gottstein - Matočec, 2004) (Slika 4).



**Slika 3.** Rasprostranjenost vrste *Austropotamobius torrentium* na području Europe (Holdich, 2002)



**Slika 4.** Geografska rasprostranjenost vrste *Austropotamobius torrentium* (plave točke) i vrste *Austropotamobius pallipes* (crvene točke) u Republici Hrvatskoj (Maguire i sur., 2011)

#### 1.4. Opis vrste *Austropotamobius torrentium* - potočni rak

Potočni rak se smatra najmanjom vrstom porodice Astacidae. Naime, najveći izmjereni primjerci ove vrste bili su dugi svega 11 cm (Troschel i Dehus, 1993). Mužjaci dosegnu duljinu tijela od 8 do 10,5 cm, a ženke 6 do 9 cm. Tijelo im je obično tamnosmeđe do maslinastozelene boje, ali su zabilježeni i svijetli, pa čak i plavi primjerci. Rakovi ove vrste naseljavaju izvorišne i gornje dijelove potoka s kamenim dnom i dobrom kvalitetom vode s koncentracijom kisika iznad 4 mg/L i to na višim nadmorskim visinama (Maguire, 2002). Vrstama roda *Austropotamobius* odgovaraju hladnije temperature vode pri čemu vrsta *A. torrentium* preferira tekućice čija je prosječna godišnja temperatura do 10 °C (Maguire i Gottstein-Matočec, 2004). Kao i ostalim vrstama porodice Astacidae, tako je i potočnom raku bitno da stanište na kojem obitava ima mnoštvo zaklona ili mogućnost da ih rakovi sami iskopaju. U slučaju nedostatka prostora ponašaju se teritorijalno.

Prehrana im se bazira na manjim životinjama, detritusu i vodenoj vegetaciji (Gottstein i sur., 1999; Nyström, 2002). Rakovi su aktivni noću, tako da su preko dana u svojim skloništim, a noću izlaze u potragu za hranom. Noćni način života je prilagodba na izbjegavanje predatora, ali i na dnevni ciklus njihova plijena (Skurdal i Taugbøl, 2002). Kod nekih vrsta rakova, pa tako i kod vrste *A. torrentium* je zabilježena dnevna aktivnost za vrijeme parenja (Skurdal i Taugbøl, 2002; Maguire, 2010). Osim što imaju raznoliku prehranu i sami su hrana brojnim predatorima, te su ključni organizmi u mnogim hranidbenim lancima kopnenih voda i važni u kruženju organskih tvari (Creed, 1994; Nyström i sur., 1996).

#### 1.5. Reprodukcijski ciklus

Razmnožavanje ili reprodukcija je jedno od najvažnijih značajki živih bića jer osigurava opstanak vrsta na planeti. Razmnožavanje rakova porodice Astacidae ovisi o klimatskim uvjetima, uvjetima staništa te posebno o temperaturi (Reynolds, 2002). Potočni rakovi spolnu zrelost dostižu u 2. i 3. godini života, a dužina spolno zrelih jedinki iznosi 5,4 cm. Nakon dostizanja spolne zrelosti nastupa alometrijski rast (u mužjaka razvoj većih kliješta, a u ženki širi zadak), promjene u ponašanju, te fiziološke promjene kao što je razvoj cementnih žlijezdi u ženki koji se najčešće koristi kao pokazatelj spolne zrelosti. Većinu populacija karakterizira približno jednak omjer spolova (Keller, 1999; Stucki, 1999; Maguire, 2002), no zbog razlika u sezonskoj aktivnosti u mužjaka i ženki taj se omjer može i mijenjati. U našim krajevima, vrsti *A. torrentium* sezona parenja započinje u studenom. Iako se u prirodnim populacijama pari većina ženki, samo u 50-60% slučajeva dolazi do oplodnje i izlijeganja juvenilnih jedinki (Reynolds, 2002). Ženke nose oplodena jaja na zadčanim nogama ispod abdomena sve do lipnja slijedeće godine, kada se izliježu juvenilni rakovi (Maguire, 2010). Primjećena je povezanost između broja jajašaca i veličine ženke; veće ženke

nositi će više jajašaca (Taugbøl i sur., 1988). U ženki potočnog raka je zabilježeno do 100 pleopodnih jaja (Maguire, 2005). Nakon što se juvenilni rakovi izlegnu nastavljaju rasti kroz periodična presvlačenja tijekom toplijeg dijela godine. Broj presvlačenja ovisi o dostupnosti hrane i temperaturi; u povoljnijim uvjetima se češće presvlače (Reynolds, 2002). Također, broj presvlačenja opada starenjem i postizanjem spolne zrelosti. Stoga je i razdoblje između presvlačenja kraće u mlađih nego u starijih jedinki (Ackefors i sur., 1995).

## 1. 6. Ekološke značajke

Vrste rakova iz porodice Astacidae se zbog svoje morfološke raznolikosti može pronaći i u brzacima i u stajaćicama, a neke čak obitavaju i u bočatim vodama. Sve te vrste rakova preferiraju staništa s mnoštvom potencijalnih zaklona (kamenje, korijenje drveća...) u koje se mogu zavući tijekom dnevnog mirovanja i hladnog zimskog perioda (Maguire, 2010). Vrste roda *Austropotamobius* nalazimo u tekućicama, ali se mogu naći i u stajaćicama (Füreder i sur., 2010). Staništa u kojem obitava vrsta *A. torrentium* nalaze se na višim nadmorskim visinama, obično u izvorišnim i gornjim dijelovima potoka, u tekućicama brzog strujanja i kamenitog dna (Maguire i Gottstein-Matočec, 2004; Füreder i sur., 2010). Budući da je noćna životinja, preko dana se zadržava u skloništima pod kamenjem, korijenjem ili rupama koje izbuši u obalama potoka, rijeka i jezera. Potočni rakovi su hrana nekim vrstama riba, vodozemaca, ptica i sisavaca, a uz to imaju važnu ulogu u strukturi prehranbenih lanaca ekosustava (utjecaj na brojnost populacija riba i vodozemaca, na biomasu makrofita i akvatičkih biljaka itd.) (Nyström, 2002). Njihova prehrana se bazira na manjim životinjama, vodenoj vegetaciji i detritusu, a upravo o količini i dostupnosti hrane ovisi i veličina populacije (Gottstein i sur., 1999). Danas su prirodne populacije u opadanju ili su ugrožene (Gherardi i Holdich, 1999).

Nedavna istraživanja u Europi i Hrvatskoj zabilježila su značajan pad broja jedinki autohtonih vrsta rakova roda *Astacus* i *Austropotamobius*. Potočni rak je ugrožena vrsta i zaštićena nacionalnim i međunarodnim zakonima i to na nacionalnoj razini Zakonom o zaštiti prirode (NN 80/13), tj. Pravilnikom o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/2013). Na međunarodnoj razini vrsta *Austropotamobius torrentium* je uvrštena na IUCN - ovu crvenu listu ugroženih vrsta kao DD (DD –data deficient, nedovoljno istražena) (Füreder, L., Gherardi, F. i Southy - Grosset, C., 2010), dok je u Hrvatskoj prema kriterijima IUCN - a klasificirana kao osjetljiva vrsta (VU - vulnerable) (Gottstein i sur., 2011).

Uzroci smanjenja broja populacija i ugroženosti potočnog raka su brojni, a jedan od najčešćih je antropogeni utjecaj na njegovo stanište (Füreder i sur., 2006). Razvoj industrijalizacije i izgradnja građevinskih objekata uzrokuje fragmentaciju i degradaciju prirodnog staništa. Također, poseban utjecaj na rakove ima izgradnja kanala i regulacija vodenih tokova, kao i unošenje anorganskih spojeva (teški metali, nitrati, nitriti) i organskih spojeva (pesticidi). Za smanjivanje broja populacija je zaslužan i prekomjeran nekontroliran izlov pojedinih vrsta (Taylor, 2002; Maguire i sur., 2011).

Uz to, veliki problem za populacije autohtonih slatkovodnih vrsta rakova u Europi predstavlja i prisutnost alohtonih vrsta čijom se distribucijom mijenja biološka raznolikost i ustrojstvo autohtone populacije. Naime, alohtone vrste potiskuju autohtone u kompeticiji za hranu i stanište, a u tome im pomaže njihova bolja adaptacija, otpornost i agresivnije ponašanje (Holdich i sur., 1999). Najčešće alohtone vrste su američke vrste *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) također iz porodice Astacidae, zatim pripadnici porodice Cambaridae: *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) i *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) i neke vrste australskog roda *Cherax* (Erichson, 1846) iz porodice Parastacidae.

Američke alohtone vrste su na područje Europe unošene krajem 19. stoljeća radi uzgoja, ali se njihovim dolaskom na europsko tlo unijela i bolest pogubna za autohtone populacije rakova, račja kuga, uzrokovana patogenom *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1906 (Oomycetes)). Naime, američke alohtone vrste su otporne na tog patogena i zapravo su vektor njegovog širenja (Maguire i Gottstein- Matočec, 2004). Kako to često i biva, unos novih vrsta donio je samo više štete nego koristi.

Na području Republike Hrvatske, kao što je već i spomenuto su zabilježene alohtone vrste *Pacifastacus leniusculus*, *Orconectes limosus* (Hudina i sur., 2009; Maguire i sur., 2011) i *Procambarus fallax* f. *virginalis* (Souty-Grosset i sur., 2006; Martin i sur., 2010; Chucholl i sur., 2012). Prema podacima Maguire i sur. (2011) alohtone vrste utječu na smanjivanje broja vrste roda *Astacus*. Do sada nije zabilježen utjecaj invazivnih vrsta rakova na vrste roda *Austropotamobius*, no invazivne vrste i dalje predstavljaju prijetnju svim autohtonim rakovima u Hrvatskoj i Europi (Taylor, 2002; Maguire i sur., 2011).

Na temelju navedenog se može uočiti da se brojne vrste autohtonih slatkovodnih rakova na području Europe i Hrvatske suočavaju s velikim prijetnjama što ih i stavlja na listu ugroženih vrsta. Zbog toga se i javlja potreba za institucionalnom zaštitom pojedinih vrsta slatkovodnih rakova i njihova staništa. Kao dio toga, vrijedno je spomenuti i Naturu 2000, to jest ekološku mrežu Europske Unije koja obuhvaća područja važna za očuvanje ugroženih vrsta biljaka, životinja i stanišnih tipova. Ulaskom Republike Hrvatske u Europsku uniju proglašava se Natura 2000 i na prostoru naše zemlje.

Natura 2000 za Republiku Hrvatsku proglašena je 26. rujna 2013. godine, kada je Vlada Republike Hrvatske donijela Uredbu o ekološkoj mreži (NN 124/13).

Glavni cilj Natura 2000 područja je potaknuti očuvanje bioraznolikosti, uzimajući u obzir znanstvene, ekonomske, socijalne, kulturalne i regionalne potrebe. Svrha ovakvih zaštićenih područja nije kreiranje prirodnih utočišta u kojima će biti isključene sve ljudske aktivnosti, već provođenje mjera očuvanja od strane ljudi koji u suživotu s prirodom dijele svoj životni prostor s ugroženim vrstama i staništima. Kao takva, Natura 2000 može pružiti nove mogućnosti ruralnim područjima, primjerice kroz eko-turizam, rekreaciju ili prirodi blisku poljoprivredu i šumarstvo.

Da bi neko područje bilo proglašeno Natura 2000 područje, prvi korak je znanstvena procjena ugroženosti i rasprostranjenosti vrsta i staništa ugroženih vrsta koje su navedene u Dodacima Europske Direktive (Direktiva o zaštiti prirodnih staništa i divlje faune i flore (Council Directive 92/43/EEC)) na nacionalnoj razini. Pri tome je potrebno uzeti u obzir ekološku kvalitetu staništa, stupanj reprezentativnosti, veličinu i gustoću populacije ugrožene vrste, stupanj izolacije vrste i drugo. Nakon toga Europska komisija u suradnji sa zemljom članicom



procjenjuje predloženi lokalitet na temelju određenih kriterija. U konačnici, Vijeće ministara Europske Unije odabire područja od europske važnosti (Sites of Community Interest – SCI). Nakon što je područje određeno kao Site of Community Interest (SCI), u roku od 6 godina zemlja članica mora ga proglasiti Posebnim područjem zaštite (Special Area of Conservation). Nakon toga zemlja članica uvodi različite mjere zaštite, bilo da se radi o zakonskim, administrativnim ili ugovornim mjerama, ali sve s istim ciljem - spriječiti uništavanje određenog područja i, ukoliko je potrebno, omogućiti njegovo obnavljanje.

S obzirom da u sklopu ovog rada istražujemo populacije vrste *A. torrentium*, važno je naglasiti kako se radi o vrsti koja je navedena u Dodacima Direktive u sklopu ekološke mreže Natura 2000, te je od ključne važnosti spriječiti uništavanje njihovih prirodnih staništa kako ne bi došlo do smanjivanja i u konačnici nestajanja populacija potočnih rakova na području Republike Hrvatske i šire.

## 1. 7. Kondicijski indeksi

Proučavajući različite vrste organizama, pa tako i razne vrste rakova, uočava se kako je većina njihova životna vijeka usmjerena na osiguravanje opstanka, bilo da se radi o pronalsku hrane, zaštiti od neprijatelja ili reprodukciji. Preživljavanje jedinki uvelike ovisi o kondiciji njihovog tijela, to jest o njihovom energetsom stanju. Naime, jedinke s većim energetske zalihama imaju veću izdržljivost i veću stopu preživljavanja od jedinki s manjim energetske zalihama (Millar i Hickling, 1990). Kondicija rakova ovisi o sezonskoj dinamici, odnosno o fazi godišnjeg ciklusa vrste (Yamaguchi, 2001), ali i o uvjetima koji prevladavaju u staništu.

Uvjeti koji imaju pozitivan utjecaj na kondiciju životinje mogu ubrzati stopu rasta jedinki (Gutowsky i Fox, 2012), kao i ubrzati rast populacija (Burton i sur., 2010; Phillips i sur., 2010). Prema istraživanju Streissla i Hödla (2002) utvrđena je povezanost između kondicije tijela rakova i karakteristika staništa u kojima obitavaju. Naime, populacije rakova u staništima koja nisu pod antropogenim utjecajem i koja sadrže veliki broj različitih zaklona gdje se rakovi mogu skloniti kako bi izbjegli agresivne kontakte i reducirali svoju aktivnost u potrazi za skloništem u pravilu pokazuju veću kondiciju tijela (Vorburger i Ribi, 1999; Streissl i Hödl, 2002).

U sklopu ovog diplomskog rada za određivanje tjelesne kondicije vrste *A. torrentium* korištena su dva morfometrijska indeksa kondicije; Fultonov kondicijski faktor i konstanta dekapodnog raka (eng. Crayfish Constant).

## 1.8. Fizikalno – kemijski parametri vode

Postoje brojni fizikalno – kemijski parametri vode koji utječu na sastav živih organizama u slatkovodnim staništima. Za život slatkovodnih rakova od presudne su važnosti temperatura vode, količina otopljenog kisika i zasićenost kisikom u vodi, te pH vode.

Temperatura vode tekućica ovisi o nekoliko čimbenika: klimi koja ovisi o geografskoj širini i visini, kao i utjecaju kontinentalnosti, zatim, temperatura vode ovisi i o hidrološkim značajkama tekućice (izvoru tekućice, podzemnim vodama, strujanju vode i pritokama), te o insloaciji koja ovisi o prisutnosti vegetacije, obliku korita tekućice, topografiji okolnog terena i geografskoj širini (Ward, 1985). Temperatura vode u tekućicama se mijenja kako tijekom godine tako i tijekom dana prateći srednje mjesečne vrijednosti temperature zraka, osim tijekom zimskih mjeseci. U zimi zbog visokog toplinskog kapaciteta vode organizmi uspijevaju preživjeti nepovoljan period života, dok temperatura vode nije nikada niža od 0 °C (Karr i Schlosser, 1978). Temperatura vode utječe na određenom staništu na životinjske vrste te prvenstveno utječe na životne cikluse životinja, na veličinu tijela, ali i na samo njihovo preživljavanje (Allan, 1995). Vrsta *A. torrentium* preferira tekućice čija je prosječna godišnja temperatura do 10 °C (Maguire i Gottstein-Matočec, 2004).

Kisik dospijeva u vodu otapanjem iz zraka i procesom fotosinteze. Otopljeni kisik u vodi je neophodan većini vodenih organizama, prvenstveno zbog disanja, ali i stoga što je topivost i dostupnost hranjivih tvari u direktnoj ovisnosti o njegovoj koncentraciji u vodi. Količina otopljenog kisika, kao i zasićenje vode kisikom su u ovisnosti o temperaturi vode, brzini strujanja vode, tipu supstrata te ionskom sastavu vode (Allan, 1995; Wetzel, 2001). Stoga, će se više kisika otopiti u hladnoj nego u toploj vodi. Kao što je već ranije spomenuto, potočnom raku odgovaraju potoci ili jezera s dobrom kvalitetom vode s koncentracijama kisika iznad 4 mg/L (Maguire, 2002).

Zasićenost kisikom je relativna mjera koja nam pokazuje postotak kisika otopljenog u vodi u odnosu na normalnu topljivost pri određenoj temperaturi. Zasićenost ispod 80 % ukazuje nam na povećanu potrošnju kisika. Organska tvar koja se prirodno nalazi u vodi (mrtvi biljni i životinjski organizmi), a pogotovo dodatni antropogeni unos (npr. kanalizacija) troši kisik prilikom procesa razgradnje. Ukoliko se radi o sporo - tekućim vodama, vrijednost kisika često pada ispod 50 % zasićenosti.

Mjera kiselosti neke otopine je definicija pH vrijednosti, a određuje se prema koncentraciji vodikovih ( $H^+$ ) iona. Kiselost vode je uvjetovana ponajviše količinom i odnosom ugljikovog dioksida ( $CO_2$ ) i ugljične kiseline ( $H_2CO_3$ ). Stoga će na pH vode utjecati biološki procesi koji djeluju na koncentraciju ugljikova dioksida. Kako se intenzitet tvorbe i razgradnje ugljikovog dioksida ciklički mijenja i tijekom dana i tijekom godine, postoje dnevna i godišnja kolebanja pH. Većina jezera i tekućica ima pH između 6,5 do 8,5, a to su optimalni uvjeti za život većine biljnih i životinjskih vrsta pa tako i slatkovodnih rakova.

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Za izradu ovog diplomskog rada odabrana je vrsta *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) – potočni rak, rak kamenjar (Slika 5), koja ima važnu ulogu u slatkovodnim ekosustavima te se smatra ključnom vrstom za sveobuhvatnu zaštitu vodenih ekosustava. Unatoč tome, ne postoji dovoljno podataka o populacijskim značajkama ove vrste što je neophodno za njezinu pravilnu zaštitu i upravljanje.

Stoga je općenita svrha ovog istraživanja bila prikupiti podatke koji će dati uvid u populacijske značajke potočnog raka u prirodnom i antropogeno utjecanom staništu.

Specifični cilj ovog istraživanja bio je procijeniti veličinu populacije na tri odabrane lokacije na potoku Dolje; jednu u prirodnom dijelu potoka (zapadni dio Parka prirode Medvednica) i dvije u naseljenom području (Podsusedsko Dolje) te utvrditi brojnost (procijeniti veličinu populacije), morfometrijske značajke, uzrasnu strukturu, odnos spolova te kondiciju potočnih rakova. Također, cilj ovog istraživanja bio je istražiti postoje li razlike u navedenim mjerenim parametrima (gustoća populacije, odnos spolova, morfometrijske značajke, kondicija) između populacije iz prirodnog toka potoka Dolje te populacija prisutnih u antropogeno utjecanim dijelovima potoka u naselju Podsusedsko Dolje.



**Slika 5.** *Austropotamobius torrentium* – potočni rak ili rak kamenjar ulovljen tijekom istraživanja u potoku Dolje

### 3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Obilježja istraživanih lokaliteta

Područje istraživanja je obuhvatilo tri lokacije na potoku Dolje; jednu u prirodnom dijelu potoka (zapadni dio Parka prirode Medvednica) i dvije u naseljenom području (Podsusedsko Dolje) od kojih je jedna od lokacija određena kao Natura 2000 područje. Vrsta *Austropotamobius torrentium* istraživana je kontinuirano u periodu od sedam dana od 2. lipnja do 9. lipnja 2015. godine.

Lokacija u prirodnom dijelu potoka Dolje nalazi se u zapadnom dijelu Parka prirode Medvednica (Slika 6). Ovaj bujični tip potoka je sa svoje lijeve i desne strane okružen bujnom vegetacijom. Dominiraju bjelogorične vrste drveća; grab (*Carpinus betulus* L.) i bukva (*Fagus sylvatica* L.), a uz njih prevladavaju bujni grmovi lijeske (*Corylus avellana* L.) i kupine (*Rubus fruticosus* L.), kao i gusto rasprostranjene populacije koprive (*Urtica dioica* L.). Prisutnost vegetacije uz rub potoka je od velike važnosti za populacije rakova jer stvara veliku zasjenjenost koja osigurava da ne dođe do velikog porasta temperature vode, a time da i količina kisika u vodi bude optimalnija za život rakova. Također, korijenje vegetacije osigurava sigurno sklonište rakovima tijekom njihova dnevnog mirovanja. Korito potoka ima blagi oblik meandra s maksimalnom dubinom vode do 0,5 m, a srednja širina mu je 1,5 m. Također, na potoku su prisutna i dva mala vodopada, a dno potoka je uglavnom prekriveno kamenim oblucima i šljunkom uz pokoju otpadnutu granu i deblo drveća. Prosječna brzina toka vode ovog potoka je 0,24 m/sec, a voda je u svakom svom dijelu izrazito bistra.

Druge dvije lokacije su smještene u naseljenom području Podsusedsko Dolje i svojim izgledom i karakteristikama se razlikuju od prve lokacije (Slika 7 i 8). Naime, druga lokacija ovog istraživanja je antropogeno izmijenjeni tok pretvoren u kanal, tj. bočne strane kanala, kao i samo dno su izbetonirani. Područje oko kanala je okruženo travnjacima, poljima i naseljenim kućama. Uz rub kanala nije prisutno drveće pa je postotak zasjenjenosti izrazito nizak (5-10 %). Od vegetacije koja je prisutna u široj blizini kanala su različite vrste iz porodice trava (Poaceae), a od drveća stabla jabuke (*Malus domestica* Borkh.) i trešnje (*Prunus avium* L.). Kanal je cijelom svojom dužinom ravan, sa srednjom širinom od 1,5 m i maksimalnom dubinom od 0,3 m. Kao što je već spomenuto, dno kanal je prekriveno betonom, a ponegdje su prisutne i naslage pijeska, busenovi trave i otpalo lišće. Prosječna brzina toka vode tijekom istraživanja kanala je 0,04 m/sec, a voda je kao i u prethodnoj lokaciji u svakom svom dijelu bistra. Posljednja lokacija koja je ujedno proglašena i Natura 2000 područjem i koja je ulazila u područje istraživanja je lijeva pritoka potoka Dolje (kanaliziranog dijela) smještena paralelno s drugom lokacijom, te je isto tako okružena pašnjacima i dvorištima kuća. Udio drveća uz sam rub kanala je veći u odnosu na prethodnu lokaciju, što uvjetuje i veći postotak zasjenjenosti (30 %). Dominantne vrste vegetacije prisutne uz rub kanala su stabla šljive (*Prunus domestica* L.) i jabuke (*Malus domestica* L.), grmovi lijeske (*Corylus avellana* L.) i različite vrste trava. Ovo je vijugavi tip potoka sa srednjom širinom od 0,5 m, te maksimalnom dubinom tijekom istraživanja od 0,3 – 0,5 m.

Dno kanala čini šljunak, glina, kameni oblutci i korijenje drveća. Određena prosječna brzina toka vode kanala iznosi 0,18 m/sec, te za razliku od prethodne dvije lokacije, uočena boja vode je okarakterizirana kao mutna.



**Slika 6.** Izgled lokaliteta 1 (prirodni dio potoka Dolje)



**Slika 7.** Izgled lokaliteta 2 (kanal)





**Slika 8.** Izgled lokaliteta 3 (Natura 2000 područje)

## 4. MATERIJALI I METODE

### 4.1. Lov i rukovanje rakovima

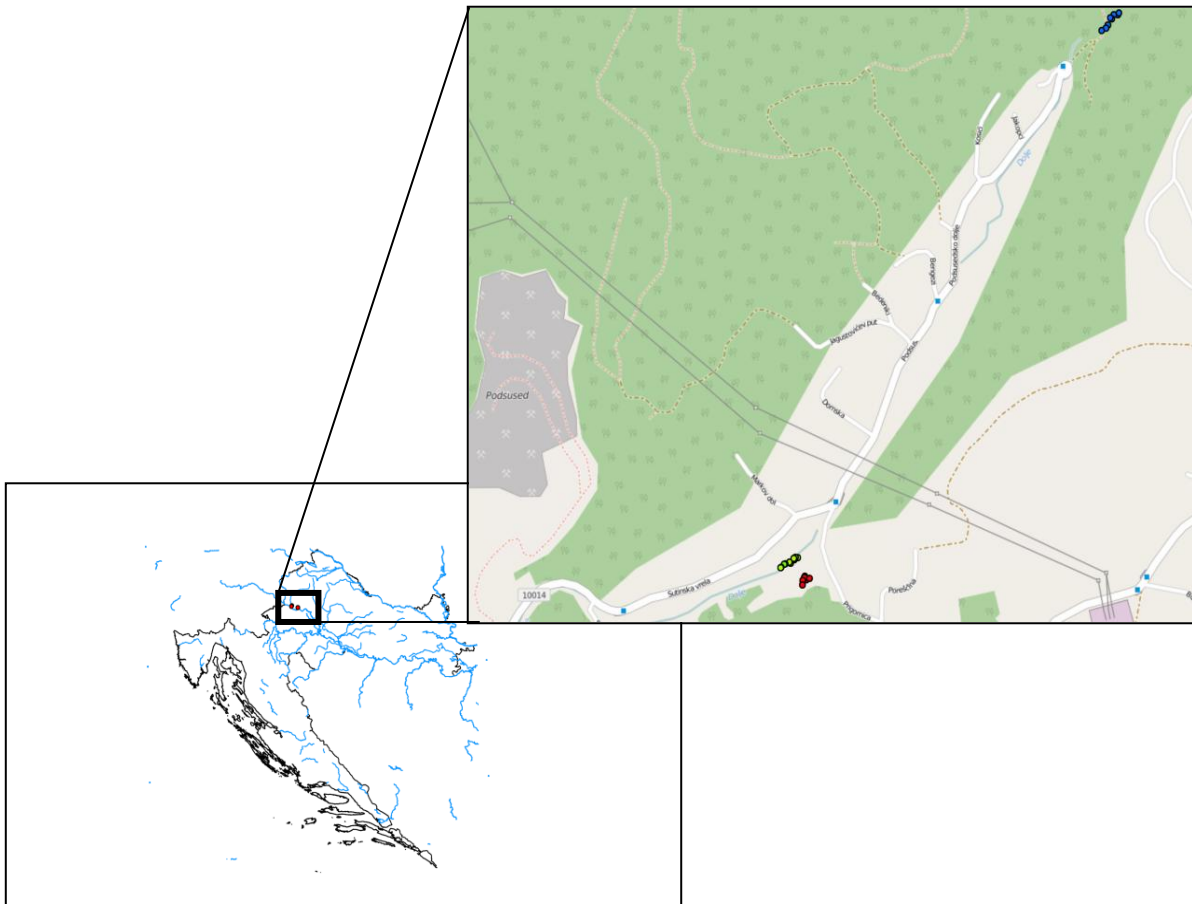
Tijekom provedbe ovog istraživanja, kako bi se prikupili potrebni podaci obavljena su terenska istraživanja (od 2. lipnja do 9. lipnja 2015. godine). Korištena oprema uključivala je: vrše za lov rakova, terensku vagu i pomično mjerilo kao i pH- oksimetar za mjerenje fizikalno – kemijskih parametara vode. Sve postaje i ulovljeni rakovi su fotografirani, bilježene su koordinate lokaliteta, a svi su podaci bilježeni u terenski protokol.

Za lov potočnih rakova korištene su ručno izrađene vrše (Maguire, 2002). Vrša se sastoji od dva cilindra izrezana iz plastičnih boca, umetnutih jedan u drugi te ljevkastog „ulaza“ napravljenog od mrežice koji je umetnut na krajevima cilindra (Slika 9). Ovakav tip vrše je pogodan za lov rakova u manjim vodotocima (Maguire, 2010), kao što su bili i vodotoci na lokalitetima u sklopu ovog istraživanja. Na svakom od istraživanih lokaliteta je u periodu od tjedan dana svakodnevno postavljeno po deset vrša i to na dužini potoka od 100 m. Također, za svaku postavljenu vršu su određene geografske koordinate pomoću GPS uređaja (GarminTrex) (Slika 10). Kao mamac su korištene kranjske i pileće hrenovke koje su stavljene u vrše koje bi onda učvrstili uz dno potoka pomoću korijenja stabala i kamenja. Vrše s mamcima su bile ostavljene u potoku 24 sata, a uhvaćeni rakovi su premješteni u kantu s vodom do daljnjeg mjerenja. Uhvaćenim rakovima je bilježena točna pozicija ulova, vidljivi tjelesni nedostaci, prisutnost simptoma bolesti i nametnika. Nakon toga je za svaku ulovljenu jedinku određivan spol, težina, te su im mjerene morfometrijske značajke.

Da bi se mjerenje ulovljenih jedinki uspješno provelo potrebno je znati i pravilan način rukovanja rakovima. Rakove se prima rukom s leđne strane tako da ih se kažiprstom i palcem primi za karapaks iza kliješta, a malim prstom i prstenjakom primi se repni dio (Slika 11). Nakon što se obave potrebna mjerenja, životinje se vraćaju u vodu na način da ih se polako spusti u vodu s trbušnom stranom prema gore, što omogućuje da zrak koji je ušao pod karapaks, dok su bili na zraku, izađe van. Ukoliko se rak ne bi vraćao u vodu na ovakav način, moglo bi se dogoditi da zrak ostane zarobljen u području škruga, što može uzrokovati njegovo ugibanje (Maguire, 2010).



**Slika 9.** Ručno izrađene vrše (Foto: Maguire I.)



**Slika 10.** Prikaz pozicije vrša za lov rakova vrste *A. torrentium* na istraživanim lokalitetima određene pomoću GPS uređaja (plava boja – lokalitet 1 (prirodni dio potoka Dolje), zelena boja – lokalitet 2 (kanal), crvena boja – lokalitet 3 (Natura 2000 područje))



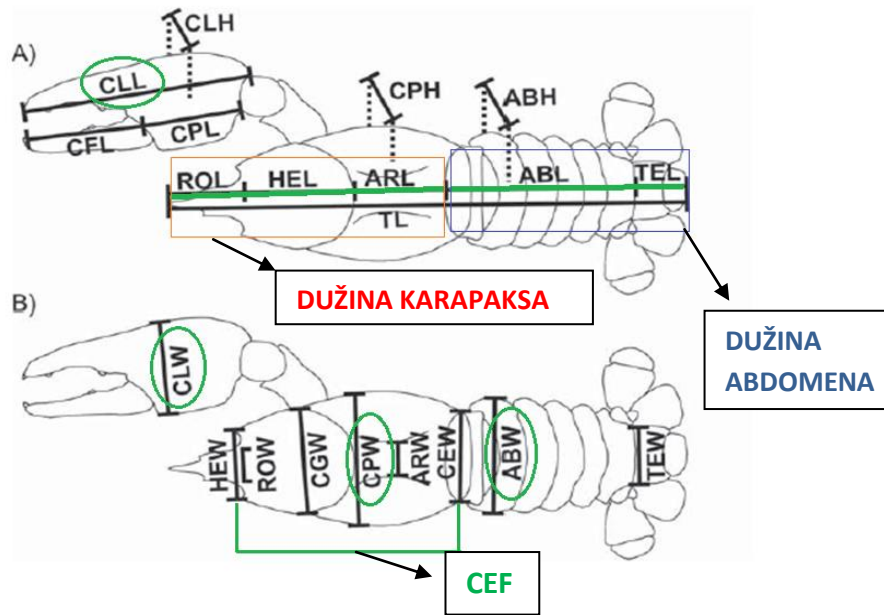


**Slika 11.** Način držanja rakova (Foto: Maguire I.)

#### **4.2. Određivanje spola i morfometrijskih karakteristika rakova**

Svi ulovljeni rakovi su pripadali ciljanoj vrsti *Austropotamobius torrentium* – potočni rak (ključevi za određivanje Astacidae, Füreder i Machino, 2002; Maguire, 2002). Uhvaćenim jedinkama je određivan spol i izmjerene su im morfometrijske značajke. Spol potočnih rakova se određivao po prisutnosti odnosno odsutnosti prvih parova začanih nogu (pleopodija). Ženke imaju reducirani prvi par pleopodija, a mužjaci ih imaju preobražene u gonopode – organe za kopulaciju. Isto tako, mužjake možemo prepoznati po tome što im je spolni otvor smješten na petom paru pereopodija, dok je kod ženki spolni otvor u kukovima trećeg para pereopodija. Nakon što je svakoj ulovljenoj jedinki zabilježen spol, rakovi su izvagani pomoću dinamometra (Pesola, max. 300 g, preciznost 1g). Zatim je pomoću digitalnog pomičnog mjerila (Digital Caliper, raspon 0-15 cm, preciznost 0,05 mm) izmjereno sedam morfometrijskih značajki; dužina cefalotoraksa, dužina i širina karpaksa, širina prvog začanog kolutića, dužina abdomena te dužina i širina desnih kliješta (Slika 12).

Ukoliko su nekim od mjerenih jedinki desna kliješta bila oštećena, nedostajala ili bila regenerirana, mjerena su lijeva kliješta. Također, ukoliko je ulovljena ženka imala jaja pričvršćena na pleopodalne noge ispod abdomena, jaja su prebrojana. Isto tako, ukoliko su bila prisutna, bilježena su oštećenja, tjelesni nedostaci, te vidljivi simptomi bolesti (npr. melanizirana oštećenja egzoskeleta) i prisustva parazita (bijela obojenost mišića – porculanska bolest i dr.). Također, na temelju tvrdoće karapaksa i tjelesnih privjesaka bilježene su jedinke koje su se nedavno presvukle (nakon presvlačenja, cijeli karapaks i tjelesni privjesci su mekani, dok je između presvlačenja karapaks tvrd).



**Slika 12.** Sedam označenih morfometrijskih karakteristika mjerenih u rakova; CEF – dužina cefalotoraksa; dužina karapaksa; CPW – širina karapaksa; ABW – širina 1. začanog kolutića; dužina abdomena; CLL – dužina desnih kliješta; CLW – širina desnih kliješta

#### 4. 3. Metoda označavanja i ponovnog ulova („mark – recapture“ metoda)

Nakon obavljenih mjerenja, svaka od jedinki je označena jedinstvenom oznakom (arapskom brojkom), na području karapaksa voodotpornim markerom, kako bi se prikupili podaci potrebni za procjenu veličine populacije metodom „mark – recapture“. Ova metoda označavanja ulovljenih jedinki je procijenjena kao vrlo učinkovita i jednostavna za provesti.

Za određivanje veličine populacije korištena je „mark – recapture“ metoda koja se temelji na individualnom označavanju životinja nakon lova, puštanju, ponovnom ulovu i bilježenju već označenih životinja kao i označavanju neoznačenih životinja (Skurdal i sur., 1992; Schulz i Sypke, 1999; Maguire, 2002). Zatim su jedinke puštene natrag u potok na istom mjestu gdje su i ulovljene i vraćene u vodu na način koji je opisan u gore navedenom poglavlju (4.1. Lov i rukovanje rakovima).

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

Mjerenje fizikalno – kemijskih pokazatelja vode na tri odabrane lokacije na potoku Dolje obavljeno je svaki dan tijekom sedam dana od 2. lipnja do 9. lipnja 2015. godine.

Mjereni su sljedeći parametri:

- temperatura vode
- koncentracija otopljenog kisika (O<sub>2</sub>) u vodi
- zasićenje kisikom (O<sub>2</sub>) u vodi
- pH vode

Mjerenje fizikalno – kemijskih pokazatelja je obavljeno uz pomoć pH – oksimetra (WTW pH/Oxi 340i).

#### 4.5. Obrada podataka

Nakon što su obavljena sva mjerena, prikupljeni podaci su obrađeni odgovarajućim statističkim metodama pomoću računalnih programa Microsoft Office Excel i Statistica 12, a u svim statističkim analizama je korištena razina značajnosti od 5 % ( $p < 0,05$ ).

Izmjerene morfometrijske značajke u istraživanoj populaciji su opisane standardnom deskriptivnom statistikom (srednja vrijednost, standardna devijacija i raspon). Nakon toga, podaci za morfometrijska obilježja su normalizirani tako što im je vrijednost podijeljena s odgovarajućom postorbitalnom dužinom (dužina karapaksa) kako bi se mogli provesti odgovarajući statistički testovi i kako bi se izbjeglo dobivanje značajnih razlika između jedinki uzrokovanih veličinom životinja.

Kako bi se utvrdilo postoji li statistički značajna razlika između mužjaka i ženki u mjerenim morfometrijskim karakteristikama, težini tijela i kondicijskim indeksima tijela (Fultonov kondicijski faktor FCF i konstanta dekapodnog raka CC) proveden je T – test posebno za svaku populaciju, kao i za sve ulovljene jedinke zajedno. Nadalje, provedeni su i testovi analize varijanci (ANOVA) kako bi se ustanovilo postoji li razlika u mjerenim značajkama između istraživanih populacija i to posebno za mužjake i posebno za ženke. S obzirom da su tijekom statističke obrade ANOVA testom utvrđene statistički značajne razlike u mjerenim značajkama, provedena su dva post – hoc testa (LSD test i Duncan test) kako bi se utvrdilo između kojih točno populacija postoje značajne razlike.

Također, određena je uzrasna struktura mužjaka i ženki populacija na sva tri istraživana lokaliteta, kao i korelacija između broja ulovljenih jedinki i fizikalno – kemijskih parametara vode (temperatura, koncentracija O<sub>2</sub>, zasićenje O<sub>2</sub> i pH). Dobiveni rezultati prikazani su grafički.

Izračunata su dva morfometrijska indeksa kondicije rakova: Fultonov kondicijski faktor prema formuli:

$$FCF = W/T^3$$

gdje je FCF – Fultonov kondicijski faktor ( $g/mm^3$ ), W – težina raka (g) i T – ukupna dužina jedinke (mm), te konstanta dekapodnog raka (eng. Crayfish Constant) prema jednadžbi:

$$CC = W / (TL \times CL \times CW)$$

gdje je CC – konstanta dekapodnog raka ( $g/mm^3$ ), W – ukupna težina, TL – ukupna dužina, CL – dužina karapaksa i CW – širina karapaksa. Dobivene vrijednosti kondicijskih indeksa su opisane deskriptivnom statistikom (srednja vrijednost, maksimum, minimum i standardna devijacija) posebno za mužjake i ženke unutar svake populacije.

Veličina populacije vrste *Austropotamobius torrentium* je na sva tri istraživana lokaliteta određena prema metodi označavanja i ponovnog ulova jedinki (eng. „mark – recapture“ method) i to kroz dva osnovna tipa procijene koja se koriste za zatvorene populacije: Schnabel - metoda (Krebs, 1989; Maguire, 2002) i Schumacher i Eschmeyer metoda (Krebs, 1989; Maguire, 2002). Procjena veličine po Schnabelu se određuje prema formuli:  $N = \Sigma(M_t C_t) / (\Sigma R_t) + 1$ ,

gdje je N = procjena broja jedinki u populaciji,  $M_t$  = broj označenih jedinki u trenutku t,  $C_t$  = ukupan broj jedinki u uzorku-ulovu (i označenih i neoznačenih) u trenutku t i  $R_t$  = broj označenih i ponovno ulovljenih jedinki u trenutku t (+1 - korekcija). Nadalje, procjena populacije prema Schumacher i Eschmeyer metodi se određuje prema sljedećoj formuli:

$$1/N = \Sigma (M_t R_t) / \Sigma (C_t M_t^2),$$

gdje je N = procjena broja jedinki u populaciji,  $M_t$  = broj označenih jedinki u trenutku t,  $C_t$  = ukupan broj jedinki u uzorku-ulovu (i označenih i neoznačenih) u trenutku t i  $R_t$  = broj označenih i ponovno ulovljenih jedinki u trenutku t.

Relativna gustoća populacije određena je CPUE metodom (eng. „catch per unit effort“; u prijevodu „ulov po jedinici napora“), odnosno brojem ulovljenih životinja po vrši/noći posebno za svaku istraživanu populaciju, kao i za sve populacije zajedno.

## 5. REZULTATI

### 5.1. Fizikalno – kemijski parametri vode na istraživanim lokacijama u potoku Dolje

Izmjerene vrijednosti fizikalno – kemijskih pokazatelja vode opisane su deskriptivnom statistikom (srednja vrijednost, maksimum, minimum i standardna devijacija) za svaku od proučavanih lokacija u potoku Dolje u periodu od 2. lipnja do 9. lipnja 2015. godine (Tablica 2).

**Tablica 2.** Srednja vrijednost, maksimum, minimum i standardna devijacija fizikalno – kemijskih parametara na tri istraživane lokacije u potoku Dolje

LOKACIJA 1 (prirodni dio potoka Dolje)				
FIZIKALNO – KEMIJSKI PARAMETRI	Srednja vrijednost	Maksimum	Minimum	Standardna devijacija
T / °C	11,91	13,40	11,10	0,66
pH	7,92	10,76	7,03	1,18
ZASIĆENOST O <sub>2</sub> (%)	102,26	126,50	98,10	9,80
KONCENTRACIJA O <sub>2</sub> (mg/L)	10,86	14,67	10,21	1,55
LOKACIJA 2 (kanal)				
FIZIKALNO – KEMIJSKI PARAMETRI	Srednja vrijednost	Maksimum	Minimum	Standardna devijacija
T / °C	15,26	19,40	13,70	1,77
pH	7,96	11,05	7,14	1,27
ZASIĆENOST O <sub>2</sub> (%)	111,45	146,00	103,30	14,44
KONCENTRACIJA O <sub>2</sub> (mg/L)	11,03	15,01	10,21	1,62
LOKACIJA 3 (Natura 2000 područje)				
FIZIKALNO – KEMIJSKI PARAMETRI	Srednja vrijednost	Maksimum	Minimum	Standardna devijacija
T / °C	17,48	21,20	15,90	1,71
pH	7,23	10,62	6,63	1,28
ZASIĆENOST O <sub>2</sub> (%)	100,26	132,80	90,20	12,55
KONCENTRACIJA O <sub>2</sub> (mg/L)	9,45	12,63	8,44	1,23

S obzirom na gore prikazane podatke fizikalno – kemijskih pokazatelja vode na tri istraživana lokaliteta u potoku Dolje, uočava se kako je najviša izmjerena temperatura bila na lokaciji 3

(Natura 2000 područje), a iznosila je 21,2 °C, dok je najveći minimum od 11,1 °C izmjeren na lokaciji 1 (prirodni dio potoka Dolje). Najveća zasićenost kisikom od 146 % je zabilježena na kanalu (Lokacija 2), dok je na lokaciji 3 izmjeren najniži postotak zasićenja i to 90,2 %. Najveći maksimum otopljenog kisika je zabilježen na lokalitetu 2, a iznosio je 15,01 mg/L, dok je najniža zabilježena vrijednost koncentracije O<sub>2</sub> utvrđena u Natura 2000 području sa iznosom od 8,44 mg/L. Isto tako, lokacija 3 bilježi i najnižu izmjerenu pH vrijednost (pH = 6,63), dok je najveća pH vrijednost od 11,05 utvrđena na lokalitetu 2. Prema dobivenim podacima, lokacija 1 i lokacija 2 bilježe gotovo jednake prosječne pH vrijednosti.

## 5.2. Brojnost populacija potočnog raka u potoku Dolje

Tijekom istraživanja koje je provedeno u periodu od sedam dana od 2. lipnja do 9. lipnja 2015. godine na tri odabrane lokacije u potoku Dolje ulovljeno je ukupno 70 jedinki rakova vrste *Austropotamobius torrentium* i to 39 mužjaka, te 31 ženka. Ukupno ponovno ulovljenih jedinki je bilo 12, a omjer spolova je iznosio 1:1,3 (ženke : mužjaci) (Tablica 3).

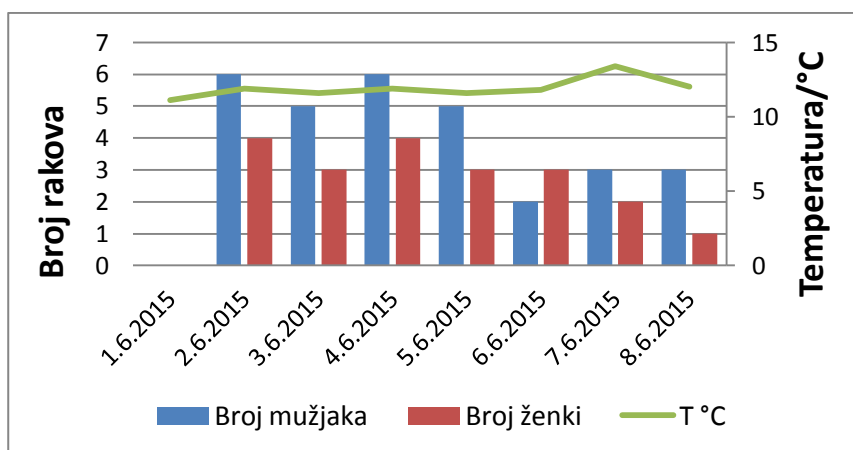
**Tablica 3.** Prikaz broja ulovljenih i ponovno ulovljenih mužjaka (m) i ženki (ž) po populaciji.

POPULACIJA	LOKACIJA 1 (Prirodni dio potoka Dolje)		LOKACIJA 2 (Kanal)		LOKACIJA 3 (Natura 2000 područje)	
	m	ž	m	ž	m	ž
<b>BROJ ULOVLJENIH JEDINKI</b>	30	20	1	4	8	7
<b>BROJ PONOVO ULOVLJENIH JEDINKI</b>	6	3	0	0	1	2

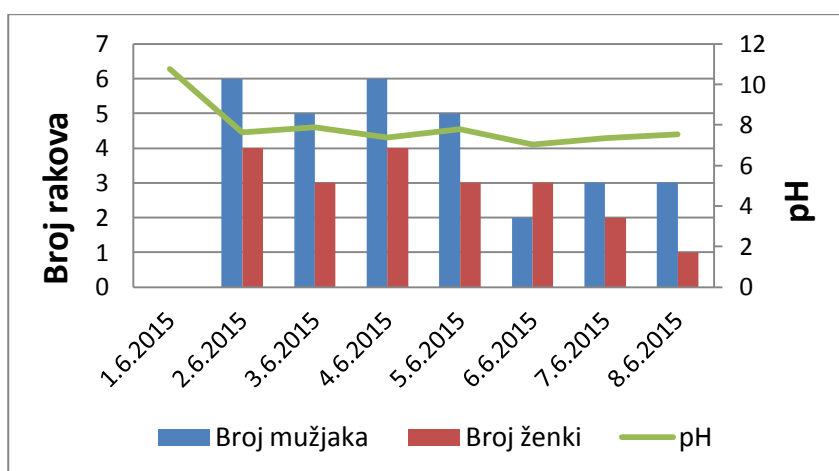
Na temelju tabličnog prikaza se uočava da je lokacija na kojoj je ulovljeno najviše jedinki ona u prirodnom dijelu potoka Dolje (lokacija 1) s 50 ulovljenih rakova od kojih su 30 bili mužjaci, a preostalih 20 ženke. Naspram lokacije s najvećom brojnošću, daleko je najmanja brojnost jedinki zabilježena na lokaciji 2 (antropogeno izmijenjeni tok pretvoren u kanal) sa samo 5 ulovljenih jedinki i to četiri ženke i samo jedan mužjak. Na lokaciji 3 je ulovljeno 15 rakova s podjednakim brojem ulovljenih mužjaka i ženki. Od zabilježenih 12 ponovno ulovljenih jedinki, njih 9 je ponovno ulovljeno na lokaciji 1 (prirodni dio potoka Dolje), a preostale 3 jedinke su ponovno ulovljene na lokaciji 3 (Natura 2000 područje). Drugim riječima, na lokaciji 2 nije bilo ponovno ulovljenih jedinki potočnog raka.

### 5.3. Odnos fizikalno-kemijskih parametara vode i brojnosti rakova

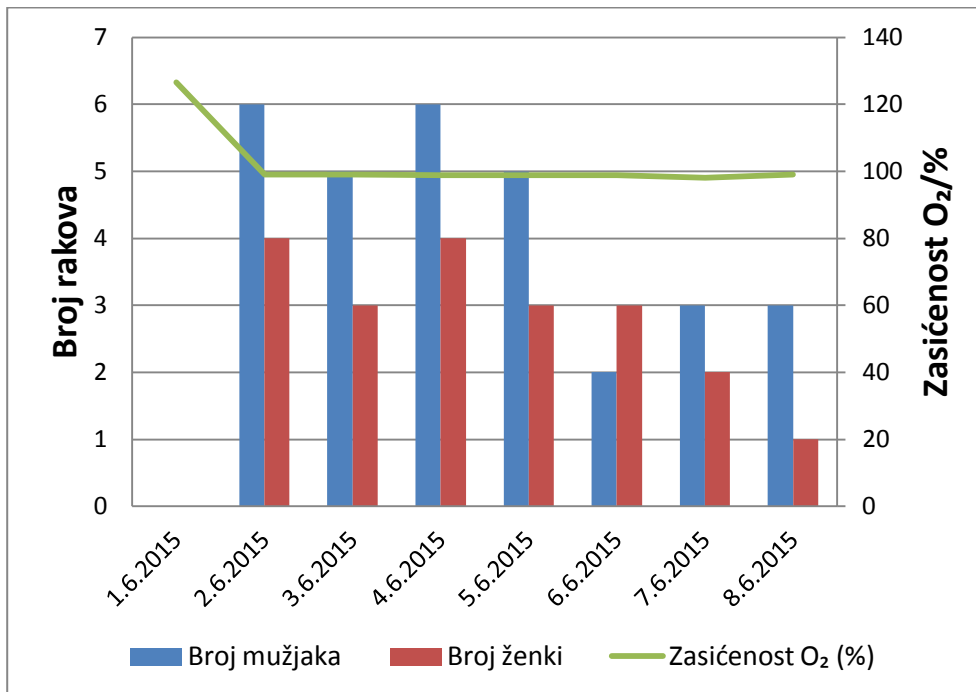
Na lokalitetu 1 (prirodni dio potoka Dolje) utvrđene su negativne i statistički ne značajne korelacije između ukupnog broja ulovljenih jedinki potočnog raka i pH vrijednosti ( $r = -0,658$ ), zasićenosti kisikom ( $r = -0,732$ ) i koncentracije kisika ( $r = -0,713$ ), dok je pozitivna, ali statistički ne značajna korelacija zabilježena između ulovljenih životinja i temperature vode ( $r = 0,124$ ). Odnos broja ulovljenih mužjaka i ženki potočnog raka i izmjerenih fizikalno – kemijskih parametara vode na lokalitetu 1 prikazane su na slikama 13 – 16.



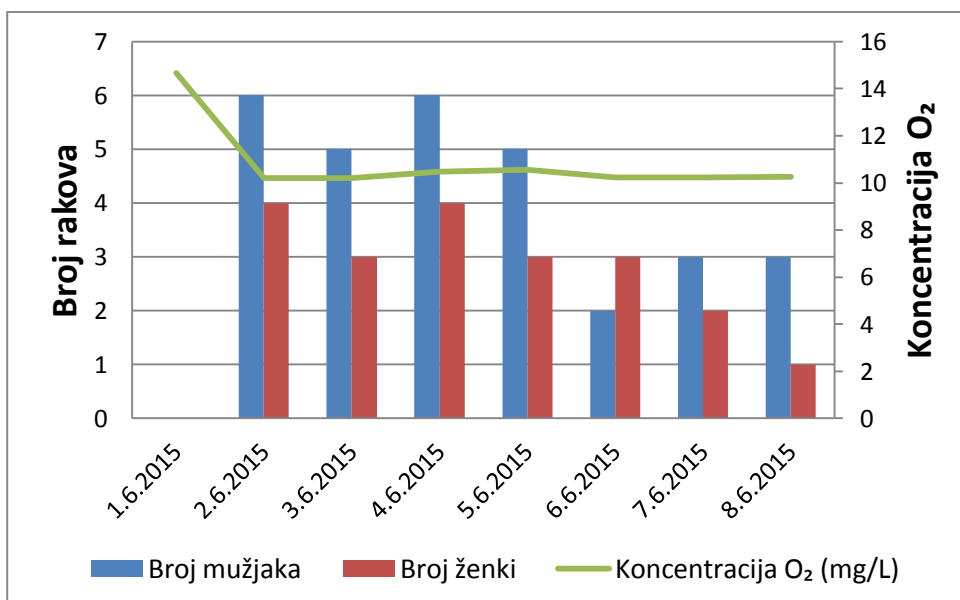
**Slika 13.** Odnos broja ulovljenih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* i temperature vode na lokalitetu 1 (prirodni dio potoka Dolje).



**Slika 14.** Odnos broja ulovljenih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* i pH vrijednosti na lokalitetu 1 (prirodni dio potoka Dolje).



**Slika 15.** Odnos broja ulovljenih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* i zasićenosti O<sub>2</sub> na lokaciji 1 (prirodni dio potoka Dolje)

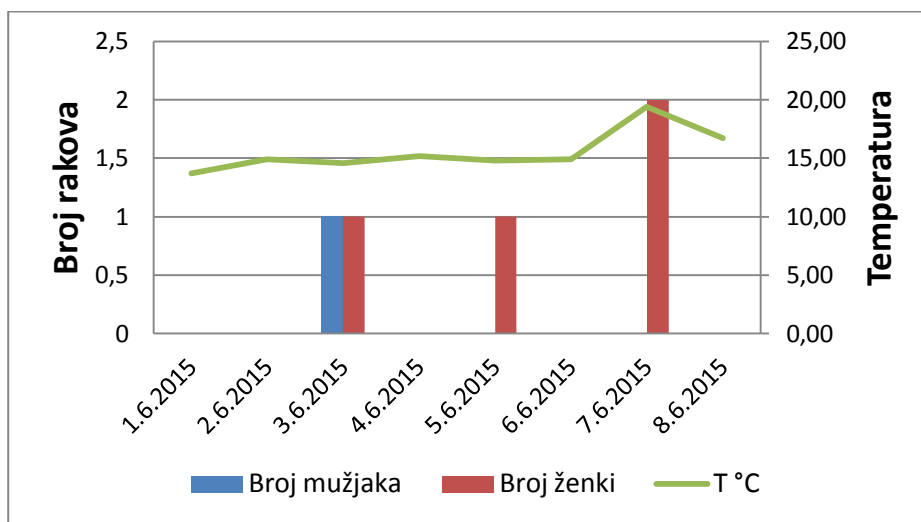


**Slika 16.** Odnos broja ulovljenih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* i koncentracije O<sub>2</sub> na lokaciji 1 (prirodni dio potoka Dolje)

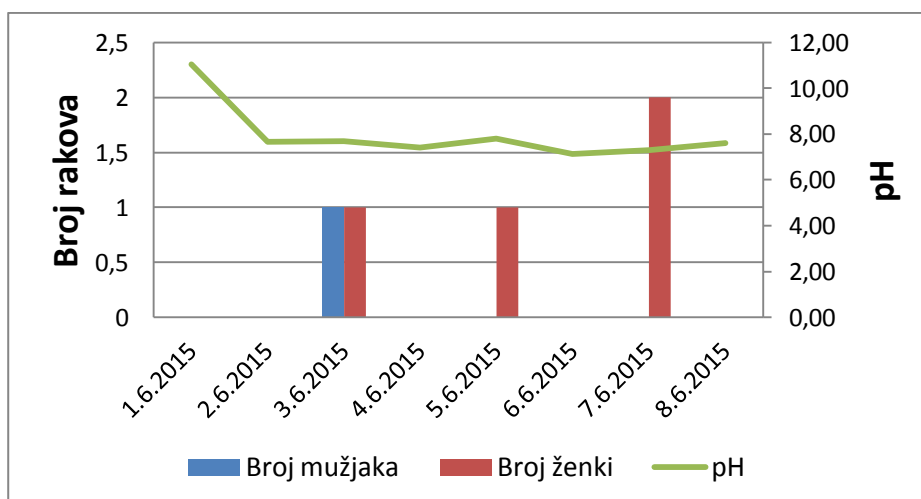
Lokacija 2 (kanal) na kojoj je utvrđen najmanji broj ulovljenih jedinki potočnog raka (četiri ženke i jedan mužjak) i lokacija 3 (Natura 2000 područje) isto tako bilježe negativnu,



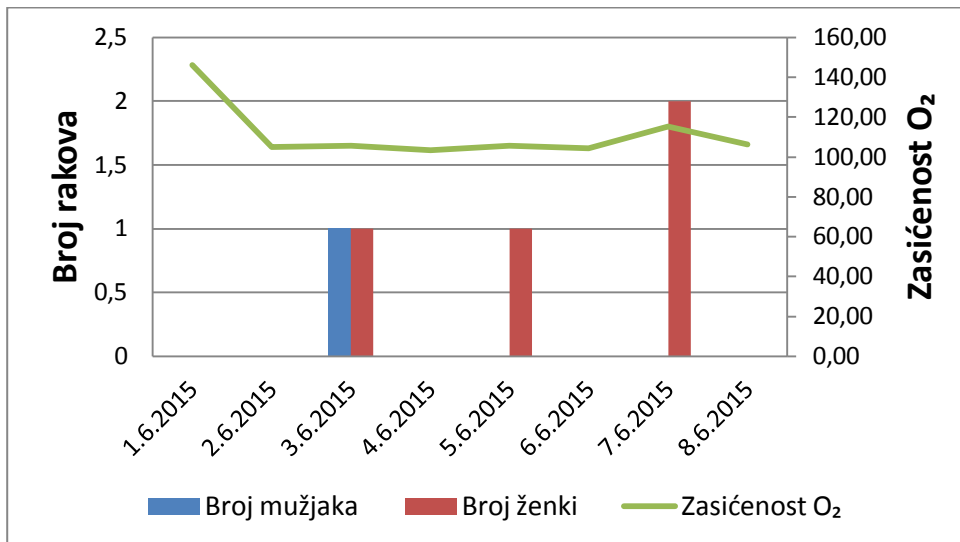
ali statistički ne značajnu korelaciju između ukupnog broja ulovljenih mužjaka i ženki i pH vrijednosti (L2:  $r = -0,249$ ; L3:  $r = -0,028$ ), zasićenosti kisikom (L2:  $r = -0,103$ ; L3:  $r = -0,285$ ), te koncentracije kisika (L2:  $r = -0,218$ ; L3:  $r = -0,464$ ). Kao i kod lokacije 1 i ovdje su utvrđene statistički ne značajne pozitivne korelacije između broja ulovljenih životinja i temperature vode (L2:  $r = 0,455$ ; L3:  $r = 0,769$ ). Izračunati testovi korelacije nisu statistički značajni s obzirom da se radi o malom uzorku i prilično kratkom periodu istraživanja. Odnos broja ulovljenih mužjaka i ženki potočnog raka i fizikalno- kemijskih pokazatelja vode na lokacijama 2 i 3 prikazani su grafički (Slike 17 – 24).



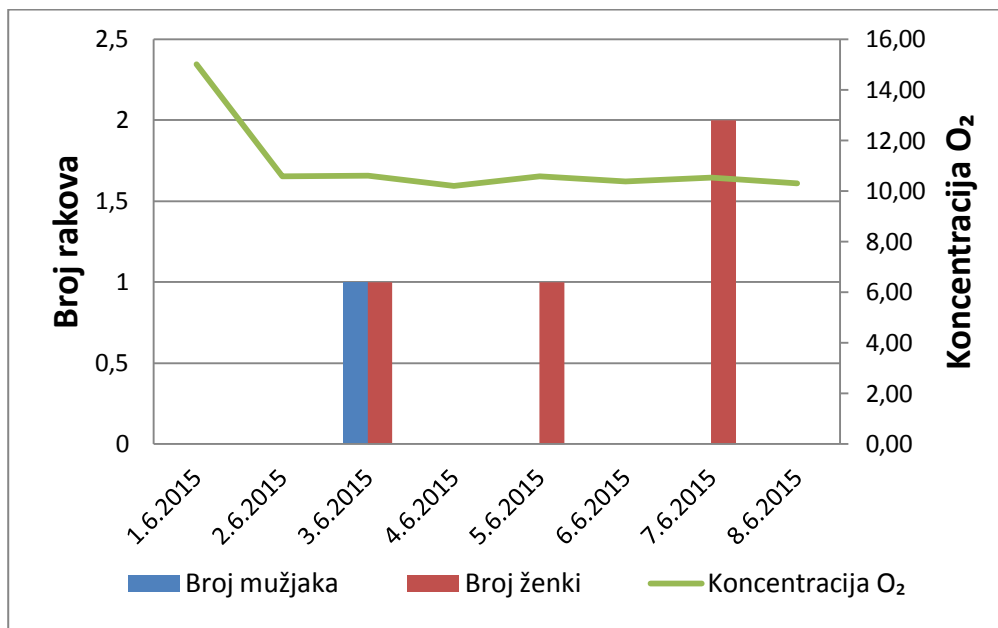
**Slika 17.** Odnos broja ulovljenih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* i temperature vode na lokaciji 2 (kanal)



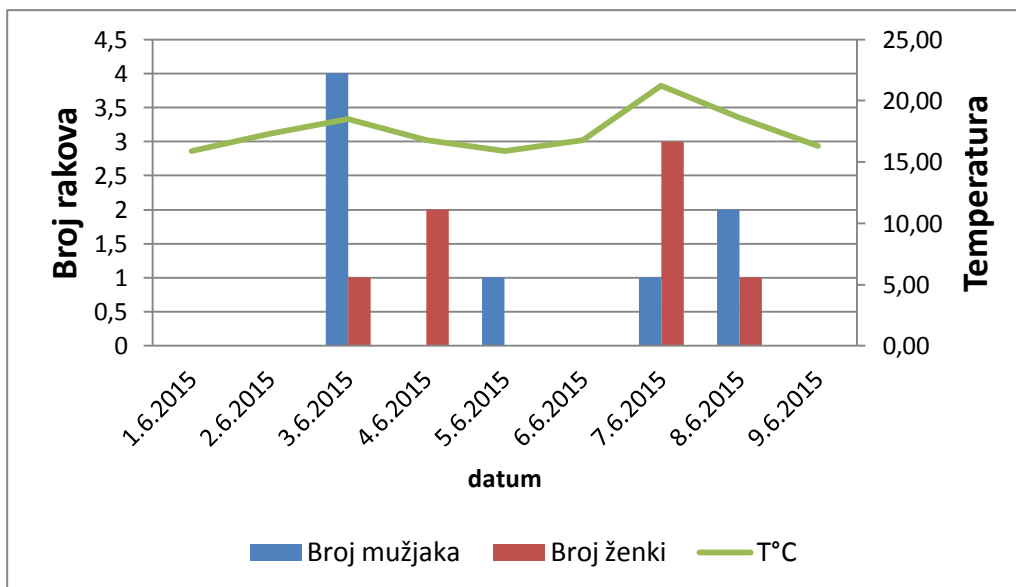
**Slika 18.** Odnos broja ulovljenih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* i pH vrijednosti vode na lokaciji 2 (kanal)



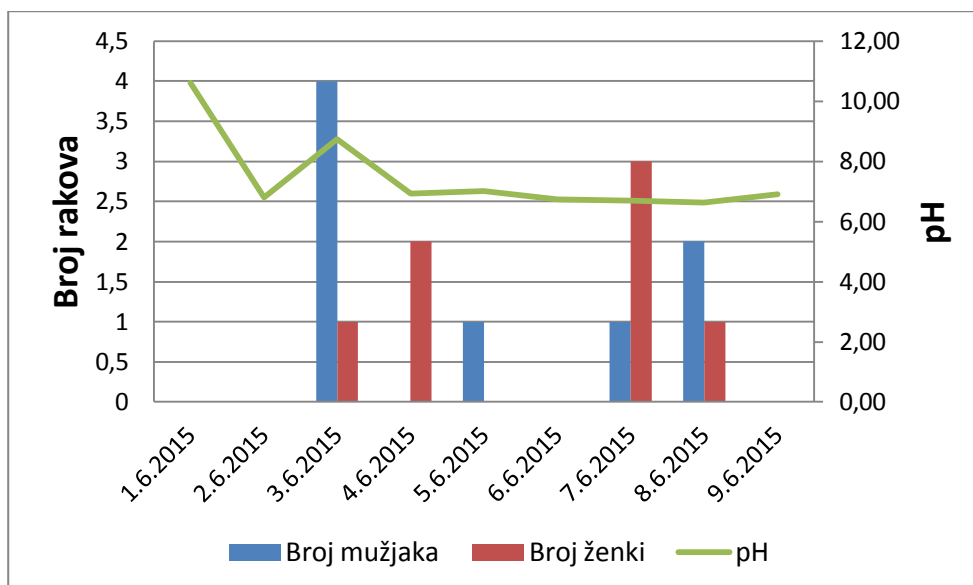
**Slika 19.** Odnos broja ulovljenih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* i zasićenosti  $O_2$  na lokaciji 2 (kanal)



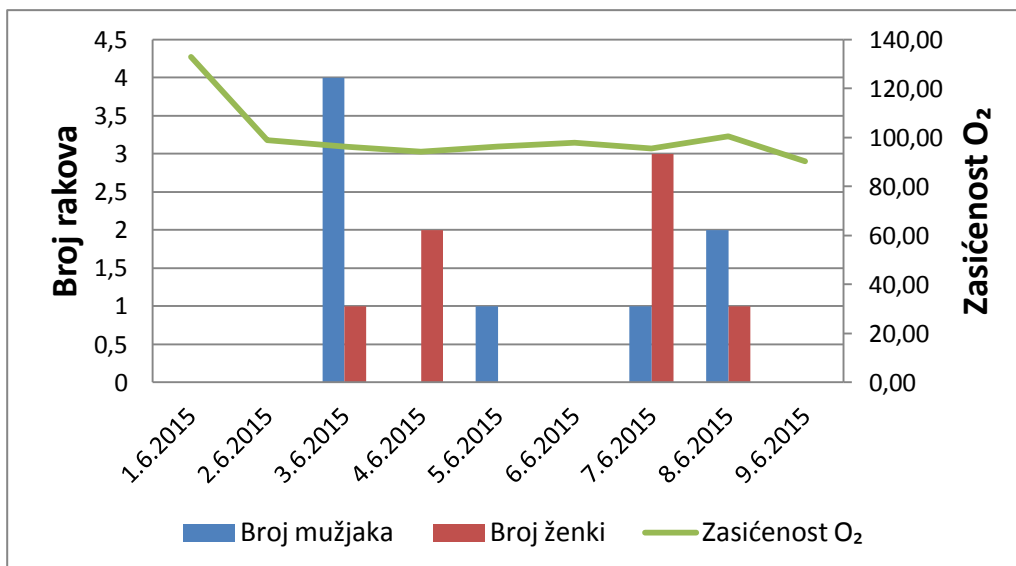
**Slika 20.** Odnos broja ulovljenih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* i koncentracije  $O_2$  na lokaciji 2 (kanal)



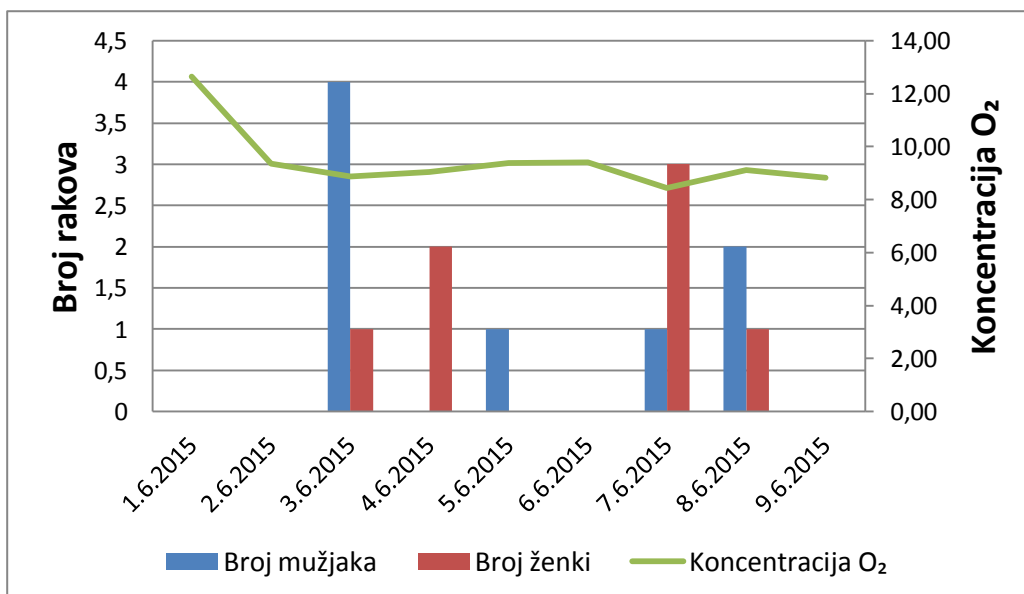
**Slika 21.** Odnos broja ulovljenih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* i temperature vode na lokaciji 3 (Natura 2000 područje)



**Slika 22.** Odnos broja ulovljenih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* i pH vrijednosti vode na lokaciji 3 (Natura 2000 područje)



**Slika 23.** Odnos broja ulovljenih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* i zasićenosti O<sub>2</sub> na Lokaciji 3 (Natura 2000 područje)



**Slika 24.** Odnos broja ulovljenih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* i koncentracije O<sub>2</sub> na Lokaciji 3 (Natura 2000 područje)

#### 5.4. Morfometrijske značajke istraživanih populacija potočnog raka u potoku Dolje

Rezultati deskriptivne statistike mjerenih morfometrijskih obilježja (srednja vrijednost, maksimum, minimum i standardna devijacija) prikazani su, odvojeno za mužjake i ženke, za svaku od proučavanih populacija u Tablici 4. Najteži mužjak ulovljen na lokaciji 1 (prirodni dio potoka Dolje) imao je 26 g, a najteža ženka 22 g. Isto tako, treba istaknuti da je najduža ulovljena ženka imala 84,57 mm i ujedno je bila najduža izmjerena jedinka populacije, s obzirom na to da je najduži mužjak bio dug 81,54 mm. Jedinka s najmanjom masom je bila ženka koja je težila svega 1 g, a ujedno je bila i jedinka s najmanjom izmjerenom dužinom tijela od 36,4 mm. Prosječne vrijednosti težine tijela su veće kod mužjaka, nego kod ženki i to najvjerojatnije zbog većih kliješta (Tablica 4).

Kompletan tablični prikaz svih izmjerenih masa i morfometrijskih značajki ulovljenih jedinki na lokaciji 1 nalaze se u prilogima (Prilog 1 i Prilog 2).

**Tablica 4.** Srednje vrijednosti, maksimum, minimum i standardna devijacija mase i sedam morfometrijskih značajki u mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* (Lokacija 1)

MORFOMETRIJSKA ZNAČAJKA	MUŽJACI (broj jedinki = 30)				ŽENKE (broj jedinki = 20)			
	sr. vrijedn.	max.	min.	stand. dev.	sr. vrijedn.	max.	min.	stand. dev.
TEŽINA TIJELA / g	13,80	26	3	7,52	8,80	22	1	5,53
DUŽINA CEFALOTORAKSA / mm	32,66	41,47	15,90	6,83	28,56	41,30	17,40	6,57
DUŽINA KARAPAKSA / mm	27,15	36,04	9,66	6,54	23,55	35,08	13,34	5,47
ŠIRINA KARAPAKSA / mm	17,57	22,72	10,54	3,72	14,70	22,36	8,03	3,58
ŠIRINA I. ZAČ. KOLUTIĆA / mm	14,79	18,64	9,08	2,78	14,34	21,68	7,54	4,10
DUŽINA ABDOMENA / mm	32,76	40,40	22,88	5,25	30,34	43,27	19	6,68
DUŽINA DESNIH KLIJEŠTA / mm	25,68	37,90	12,25	7,45	18,84	31,59	10,27	5,50
ŠIRINA DESNIH KLIJEŠTA / mm	10,25	17,53	5,27	3,02	7,92	13,29	3,81	2,57

Na lokalitetu 2 (kanal) od ulovljenih pet jedinki potočnog raka najteža izmjerena jedinka je bila ženka koja je imala 13 g, te je ujedno bila i najduža izmjerena jedinka sa 69,39 mm. Ulovljeni rak s najmanjom masom i dužinom tijela je također bila ženka, a težila je svega 1 g i bila duga 23,82 mm (Tablica 5). S obzirom da je na lokalitetu 2 ulovljen samo jedan

mužjak, srednje vrijednosti, maksimumi i minimumi težine tijela i morfometrijskih značajki su jednake, dok je standardna devijacija svih karakteristika jednaka nuli.

Kompletan tablični prikaz svih izmjerenih masa i morfometrijskih značajki ulovljenih jedinki na lokaciji 2 nalaze se u prilogima (Prilog 3 i Prilog 4).

**Tablica 5.** Srednje vrijednosti, maksimum, minimum i standardna devijacija mase i sedam morfometrijskih značajki u mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* (Lokacija 2)

MORFOMETRIJSKA ZNAČAJKA	MUŽJACI (broj jedinki = 1)				ŽENKE (broj jedinki = 4)			
	sr. vrijedn.	max.	min.	stand. dev.	sr. vrijedn.	max.	min.	stand. dev.
TEŽINA TIJELA / g	2	2	2	0	5,25	13	1	5,32
DUŽINA CEFALOTORAKSA / mm	18,64	18,64	18,64	0	22,64	33,78	12,14	8,93
DUŽINA KARAPAKSA / mm	14,08	14,08	14,08	0	18,70	27,47	11,33	6,76
ŠIRINA KARAPAKSA / mm	9,34	9,34	9,34	0	11,61	16,59	6,03	4,37
ŠIRINA 1. ZAČ. KOLUTIĆA / mm	7,66	7,66	7,66	0	11,23	18,54	5,01	5,61
DUŽINA ABDOMENA / mm	19,9	19,9	19,9	0	24,37	35,61	11,68	9,82
DUŽINA DESNIH KLIJEŠTA / mm	11,46	11,46	11,46	0	15,2	23,93	7,4	6,81
ŠIRINA DESNIH KLIJEŠTA / mm	5,04	5,04	5,04	0	6,24	9,54	3,74	2,45

Na lokalitetu 3 (Natura 2000 područje) među 8 ulovljenih mužjaka potočnog raka, najteži mužjak je imao 19 g i ujedno je bio i najduži od ulovljenih mužjaka sa 73,31 mm. Najteža izmjerena ženka imala je 17 g i sa dužinom od 75,96 mm je ujedno i najduža ulovljena jedinka na ovom području. Najmanja izmjerena težina tijela i kod mužjaka i kod ženki je iznosila 1 g, dok je najmanja dužina tijela utvrđena kod mužjaka, a iznosila je 26,12 mm (Tablica 13).

Kompletan tablični prikaz svih izmjerenih masa i morfometrijskih značajki ulovljenih jedinki na lokaciji 3 nalaze se u prilogima (Prilog 5 i Prilog 6).

**Tablica 6.** Srednje vrijednosti, maksimum, minimum i standardna devijacija mase i sedam morfometrijskih značajki u mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* (Lokacija 3).

MORFOMETRIJSKA ZNAČAJKA	MUŽJACI (broj jedinki = 8)				ŽENKE (broj jedinki = 7)			
	sr. vrijedn.	max.	min.	stand. dev.	sr. vrijedn.	max.	min.	stand. dev.
TEŽINA TIJELA / g	9,5	19	1	5,73	8,71	17	1	7,04
DUŽINA CEFALOTORAKSA / mm	28,33	36,98	12,59	7,79	27,39	35,9	16,43	8,63
DUŽINA KARAPAKSA / mm	23,28	30,33	10,27	6,58	21,99	29,22	12,22	7,36
ŠIRINA KARAPAKSA / mm	15,21	20,84	6,26	4,55	14,73	20,92	7,67	5,42
ŠIRINA 1. ZAČ. KOLUTIĆA / mm	12,73	16,62	5,63	3,49	15,39	28,83	7,53	7,62
DUŽINA ABDOMENA / mm	29,54	36,33	13,53	7,56	29,99	40,06	18,3	9,18
DUŽINA DESNIH KLIJEŠTA / mm	20,64	30,08	8,28	6,68	18,71	28,83	10,22	7,10
ŠIRINA DESNIH KLIJEŠTA / mm	8,53	13,67	2,82	3,142	7,78	10,95	3,74	2,88

## 5.5. Kondicijski indeksi

Dobiveni podaci o kondicijskim indeksima su opisani deskriptivnom statistikom (srednja vrijednost, maksimum, minimum i standardna devijacija) i prikazani su u Tablici 7. Također, vrijednosti izračunatih indeksa kondicije za svaku ulovljenu jedinku su tablično prikazani u priložima (Prilog 7-9).

**Tablica 7.** Deskriptivnom statistikom (srednja vrijednost, maksimum, minimum, standardna devijacija) opisane vrijednosti indeksa kondicije tijela (FCF – Fultonov kondicijski indeks, CC – konstanta dekapodnog raka) u mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* u istraživanim populacijama.

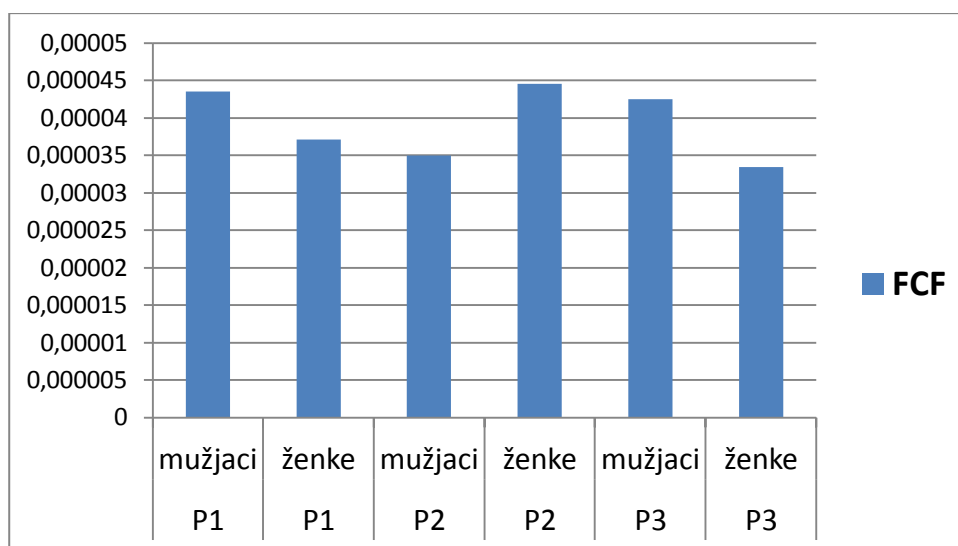
	<b>POPULACIJA 1 (LOKACIJA 1 – prirodni dio potoka Dolje)</b>			
	<b>mužjaci</b>		<b>ženke</b>	
<b>Kondicijski indeks</b>	<b>FCF</b>	<b>CC</b>	<b>FCF</b>	<b>CC</b>
<b>srednja vrijednost</b>	0,0000435391	0,0004022468	0,0000371007	0,0003718405
<b>maksimum</b>	0,0000532259	0,0007695914	0,0000451281	0,0004302488
<b>minimum</b>	0,0000319616	0,0003051897	0,0000207346	0,0002564645
<b>standardna devijacija</b>	0,0000055702	0,0000783035	0,0000062966	0,0000516508
	<b>POPULACIJA 2 (LOKACIJA 2 – kanal)</b>			
	<b>mužjaci</b>		<b>ženke</b>	
<b>Kondicijski indeks</b>	<b>FCF</b>	<b>CC</b>	<b>FCF</b>	<b>CC</b>
<b>srednja vrijednost</b>	0,0000349377	0,0003946106	0,0000445128	0,0004281691
<b>maksimum</b>	0,0000349377	0,0003946106	0,0000739903	0,0006144846
<b>minimum</b>	0,0000349377	0,0003946106	0,0001062623	0,0003274411
<b>standardna devijacija</b>	0	0	0,0000198787	0,0001288994
	<b>POPULACIJA 3 (LOKACIJA 3 – Natura 2000 područje)</b>			
	<b>mužjaci</b>		<b>ženke</b>	
<b>Kondicijski indeks</b>	<b>FCF</b>	<b>CC</b>	<b>FCF</b>	<b>CC</b>
<b>srednja vrijednost</b>	0,0000424825	0,0004096936	0,0000334522	0,0003464365
<b>maksimum</b>	0,0000561152	0,0005955004	0,0000391732	0,0004034478
<b>minimum</b>	0,0000322507	0,0003356141	0,0000238718	0,0003072053
<b>standardna devijacija</b>	0,0000069774	0,0000799282	0,0000060977	0,0000322747



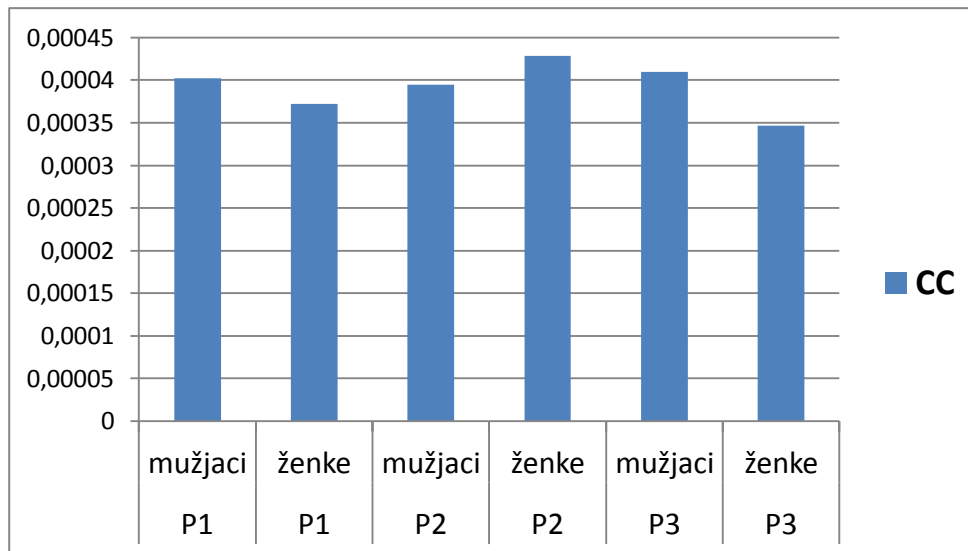
U populacijama 1 i 3 su srednje vrijednosti i za Fultonov kondicijski indeks (FCF) i konstantu dekapodnog raka (CC) veći u mužjaka u odnosu na ženke. U populaciji 2 su srednje vrijednosti FCF – a i CC – a, za razliku od populacije 1, veće kod ženki nego kod mužjaka, a najvjerojatniji razlog tome je ulov samo jednog mužjaka na lokalitetu 2 (kanal). Nadalje, uspoređujući vrijednosti FCF – a i CC – a i kod mužjaka i kod ženki su utvrđene više vrijednosti CC – a u odnosu na FCF.

Uspoređujući sve tri populacije uočeno je kako su najveće prosječne vrijednosti FCF – a i CC – a zabilježene u populaciji 2 kod ženki, dok su najniže prosječne vrijednosti i FCF – a i CC – a zabilježene isto kod ženki, ali u populaciji 3. Treba istaknuti kako su prosječne vrijednosti FCF – a u populaciji 1 kod mužjaka nešto malo više u odnosu na srednje vrijednosti FCF - a u mužjaka u populaciji 3, dok s druge strane dobivene vrijednosti CC – a pokazuju kako je prosječna vrijednost CC – a kod mužjaka u populaciji 3 veća od prosječne vrijednosti CC – a kod mužjaka u populaciji 1.

Prikazi prosječnih vrijednosti Fultonovog kondicijskog indeksa i konstante dekapodnog raka u mužjaka i ženki potočnog raka za sve tri pručavane populacije su prikazane na Slikama 25 i 26.



**Slika 25.** Prosječne vrijednosti Fultonovog kondicijskog indeksa (FCF) u mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* u tri istraživane populacije (P1 – prirodni dio potoka Dolje; P2 –kanal; P3 – Natura 2000 područje).



**Slika 26.** Prosječne vrijednosti konstante dekapodnog raka (CC) u mušjaka i Źenki vrste *A. torrentium* u tri istraŹivane populacije (P1 – prirodni dio potoka Dolje; P2 – kanal; P3 – Natura 2000 podruĉje).

### 5.6. Usporedba morfometrijskih znaĉajki i kondicije istraŹivanih populacija potoĉnog raka u potoku Dolje

Kako bi se utvrdilo postoji li statistiĉki znaĉajna razlika izmeĊu mušjaka i Źenki, u mjerenim morfometrijskim znaĉajkama, teŹini tijela i dva indeksa kondicije (Fultonov kondicijski indeks i konstanta dekapodnog raka) proveden je T – test odvojeno za svaku populaciju, kao i za sve populacije zajedno.

Rezultati T – testa za populaciju 1 (prirodni dio potoka Dolje) pokazali su da se mušjaci i Źenke statistiĉki znaĉajno razlikuju po teŹini ( $p < 0,01$ ), duŹini desnih kliješta ( $p < 0,01$ ), Źirini desnih kliješta ( $p < 0,01$ ), i Fultonovom kondicijskom indeksu ( $p < 0,01$ ) (Tablica 8). S druge strane, u populaciji 2 (kanal) izmeĊu mušjaka i Źenki nije utvrĊena statistiĉki znaĉajna razlika u mjerenim varijablama jer je na tom lokalitetu ulovljen samo jedan mušjak. Za populaciju 3 (Natura 2000 podruĉje) uoĉeno je da se mušjaci i Źenke statistiĉki znaĉajno razlikuju u Źirini 1. zaĉanog kolutiĉa ( $p = 0,03$ ), duŹini repa ( $p = 0,02$ ) i Fultonovom kondicijskom indeksu ( $p = 0,02$ ) (Tablica 9). Nadalje, provedeni T – test za teŹinu tijela, sedam morfometrijskih znaĉajki rakova i dva kondicijska indeksa (FCF i CC) (Tablica 10) pokazali su da se mušjaci i Źenke svih istraŹivanih populacija zajedno, statistiĉki znaĉajno razlikuju u teŹini tijela ( $p < 0,01$ ), Źirini 1. zaĉanog kolutiĉa ( $p = 0,01$ ), duŹini desnih kliješta ( $p < 0,01$ ), Źirini desnih kliješta ( $p < 0,01$ ), i Fultonovom kondicijskom indeksu ( $p < 0,01$ ).

**Tablica 8.** Vrijednosti T – testa za težinu tijela, mjerene morfometrijske značajke i dva indeksa kondicije tijela (Fultonov indeks kondicije i konstanta dekapodnog raka) mjenjenih u mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* u populaciji 1 (prirodni dio potoka Dolje); (crveno su označena obilježja po kojima se mužjaci i ženke statistički značajno razlikuju).

MJERENO OBILJEŽJE	p
Težina tijela	p < 0,01
Dužina cefalotoraksa	0,86
Širina karapaksa	0,20
Širina 1. začanog kolutića	0,10
Dužina abdomena	0,55
Dužina desnih kliješta	p < 0,01
Širina desnih kliješta	p < 0,01
FCF	p < 0,01
CC	0,13

**Tablica 9.** Vrijednosti T – testa za težinu tijela, mjerene morfometrijske značajke i dva indeksa kondicije tijela (Fultonov indeks kondicije i konstanta dekapodnog raka) mjenjenih u mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* u populaciji 3 (Natura 2000 područje); (crveno su označena obilježja po kojima se mužjaci i ženke statistički značajno razlikuju).

MJERENO OBILJEŽJE	p
Težina tijela	0,75
Dužina cefalotoraksa	0,08
Širina karapaksa	0,37
Širina 1. začanog kolutića	0,04
Dužina repa	0,02
Dužina desnih kliješta	0,41
Širina desnih kliješta	0,73
FCF	0,02
CC	0,07

**Tablica 10.** Vrijednosti T – testa za težinu tijela, mjerene morfometrijske značajke i dva indeksa kondicije tijela (Fultonov indeks kondicije i konstanta dekapodnog raka) mjerenih u mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* za sve proučavane populacije (crveno su označena obilježja po kojima se mužjaci i ženke statistički značajno razlikuju).

MJERENO OBILJEŽJE	p
Težina tijela	p < 0,01
Dužina cefalotoraksa	0,99
Širina karapaksa	0,19
Širina 1. začanog kolutića	0,01
Dužina abdomena	0,31
Dužina desnih kliješta	p < 0,01
Širina desnih kliješta	p < 0,01
FCF	p < 0,01
CC	0,08

Kako bi se utvrdilo postoji li statistički značajna razlika u težini tijela, morfometrijskim značajkama i kondicijskim indeksima između istraživanih populacija provedena je analiza varijanci (ANOVA) odvojeno za mužjake i ženke. Rezultati ANOVA – a testa pokazali su kako u mužjaka među istraživanim populacijama nema statistički značajnih razlika u mjerenim obilježjima, dok je za ženke utvrđeno da se statistički značajno razlikuju u širini karapaksa ( $p = 0,04$ ) (Tablica 11 i 12).

**Tablica 11.** Vrijednosti dobivene analizom varijance (ANOVA) – razlika u težini tijela, morfometrijskim značajkama i indeksima kondicije tijela mjerenih u mužjaka vrste *A. torrentium* za sve istraživane populacije (crveno su označena obilježja u kojima se mužjaci statistički značajno razlikuju).

MJERENO OBILJEŽJE	p
Težina tijela	0,08
Dužina cefalotoraksa	0,48
Širina karapaksa	0,96
Širina 1. začanog kolutića	0,95
Dužina abdomena	0,82
Dužina desnih kliješta	0,42
Širina desnih kliješta	0,67
FCF	0,35
CC	0,97

**Tablica 12.** Vrijednosti dobivene analizom varijance (ANOVA) – razlika u težini tijela, morfometrijskim značajkama i indeksima kondicije tijela mjenjenih u ženki vrste *A. torrentium* za sve istraživane populacije (crveno su označena obilježja u kojima se ženke statistički značajno razlikuju).

MJERENO OBILJEŽJE	p
Težina tijela	0,58
Dužina cefalotoraksa	0,14
Širina karapaksa	0,04
Širina 1. začanog kolutića	0,11
Dužina abdomena	0,09
Dužina desnih kliješta	0,29
Širina desnih kliješta	0,45
FCF	0,15
CC	0,12

S obzirom da je ustanovljeno kako kod ženki među populacijama postoji statistički značajna razlika u širini karapaksa, provedena su dva post – hoc testa (LSD test i Duncan test) kako bi se utvrdilo koje se populacije međusobno razlikuju. Rezultati testova su prikazani u Tablicama 13 i 14. Rezultati LSD testa su pokazali kako je statistički značajna razlika u širini karapaksa među ženkama ustanovljena između populacije 1 (prirodni dio potoka Dolje) i populacije 3 (Natura 2000 područje) ( $p = 0,02$ ) i to veća širina karapaksa je utvrđena u ženki populacije 3, te između populacije 2 (kanal) i populacije 3 ( $p = 0,04$ ) gdje je isto tako, veća širina karapaksa kod ženki populacije 3. Nadalje, Duncan test je pokazao kako statistički značajna razlika u širini karapaksa u ženki postoji samo između populacije 2 (kanal) i populacije 3 (Natura 2000 područje) ( $p = 0,03$ ) s utvrđenim većim vrijednostima širine karapaksa u ženki populacije 3.

**Tablica 13.** Vrijednosti LSD post – hoc testa za razliku u dužini karapaksa u ženki vrste *A. torrentium* u tri istraživane populacije (crveno su označene vrijednosti koje pokazuju statistički značajnu razliku).

POPULACIJA	1	2	3
1		0,69	0,02
2	0,69		0,04
3	0,02	0,04	

**Tablica 14.** Vrijednosti Duncan post – hoc testa za razliku u dužini karapaksa u ženki vrste *A. torrentium* u tri istraživane populacije (crveno su označene vrijednosti koje pokazuju statistički značajnu razliku).

POPULACIJA	1	2	3
1		0,69	0,06
2	0,69		0,03
3	0,06	0,03	

### 5.7. Procjena veličine populacije

Od ukupno ulovljenih 70 jedinki ponovno ih je ulovljeno 12 (17,14 %). Populacija 1 (prirodni dio potoka Dolje) bilježi ukupno 50 ulovljenih jedinki potočnog raka od kojih su 9 bili ponovno ulovljeni. Schnabelovom metodom populacija 1 je procijenjena na 114,73 jedinke s granicom pouzdanosti od 74,76 do 246,48 jedinke. Schumacher – Eschmayerova procjena za populaciju 1 iznosi 114,33 jedinke. Na lokaciji 2 (kanal) je ulovljeno samo 5 jedinki i nije bilo ponovnog ulova, te stoga nije bilo moguće procijeniti veličinu populacije uz pomoć Schnabelove i Schumacher – Eschmayerove metode. U Natura 2000 području (Lokacija 3) je ulovljeno ukupno 15 jedinki vrste *A. torrentium* od kojih su tri bile ponovno ulovljene. Iako se i ovdje radi o jako malom broju ponovno ulovljenih jedinki, Schnabelovom metodom je populacija 3 procijenjena na 31 jedinku s izračunatom granicom pouzdanosti od 16,77 do 204,89 jedinki, dok Schumacher – Eschmayerova metoda procijenjuje populaciju od 38,73 jedinke.

Rezultati procijene relativne gustoće populacije pomoću CPUE metodom („catch per unit effort“) za svaku populaciju prikazani su u Tablici 15. Najveća prosječna relativna gustoća je utvrđena za populaciju 1 (0,71 jedinka po noći/vrši), a prema očekivanju, najmanja je za populaciju 2 (0,07 jedinka po noći/vrši).

Tablični prikaz relativnih gustoća za svih sedam dana istraživanja za svaku populaciju, se nalazi u prilogima (Prilog 10-12).

**Tablica 15.** Vrijednosti prosječne relativne gustoće populacije izračunate pomoću CPUE metode za svaku od proučavanih populacija

	<b>Prosječna relativna gustoća (jedinki po vrši / noći)</b>
<b>Populacija 1</b>	0,71
<b>Populacija 2</b>	0,07
<b>Populacija 3</b>	0,19

## 6. RASPRAVA

Vrsta *A. torrentium* – potočni rak, rak kamenjar, vrsta je slatkovodnog raka koja je u sklopu ovog diplomskog rada proučavana na tri lokaliteta na potoku Dolje; jednom u prirodnom dijelu potoka (zapadni dio Parka prirode Medvednica) i dva u naseljenom području (Podsusedsko Dolje). Lokalitet 1 se u odnosu na druga dva lokaliteta nalazi na višoj nadmorskoj visini i bujični je tip potoka čije je dno uglavnom prekriveno kamenim oblucima, smješten je u šumi i okružen bujnom vegetacijom. Obilježja ovog lokaliteta u potpunosti odgovaraju idealnom tipu staništa koji su opisali Streissl i Hödl (2002), Maguire i Gottstein-Matočec (2004), te Füreder i sur. (2010). S druge strane, lokacija 2 koja se nalazi na nižoj nadmorskoj visini u naseljenom području je antropogeno izmijenjeni dio potoka pretvoren u kanal čije su bočne strane, kao i dno prekriveni betonom. Okružen je travnjacima i nema prisutnosti drveća koji stvaraju zasjenjenost kao u slučaju lokacije 1. Navedena obilježja lokaliteta pokazuju kako ovo nije adekvatan tip staništa u kojem obitava potočni rak, što se može i zaključiti iz ukupnog broja ulovljenih jedinki na tom lokalitetu, svega pet (1 mužjak i 4 ženke) za razliku od lokaliteta u prirodnom dijelu potoka Dolje gdje je u svrhu istraživanja ukupno ulovljeno 50 potočnih rakova. Tome u prilog idu i rezultati većeg ukupnog broja ulovljenih rakova (15 jedinki) na lokalitetu 3 (Natura 2000 područje) koji se isto nalazi u naseljenom području, ali za razliku od lokaliteta 2, dno potoka je prekriveno kamenim oblucima i korijenjem drveća koje rakovima osiguravaju veći broj zaklona, a područje oko kanala je okruženo većim udjelom drveća što stvara i veći postotak zasjenjenosti. Slična situacija u kojoj potočni rakovi nastanjuju uglavnom vodena staništa viših nadmorskih visina jer su donja područja kanalizirana je uočena u većini europskih zemalja (Bohl, 1987, 1997; Kappus i sur., 1999).

Fizikalno – kemijski parametri vode su izrazito važni čimbenici koji utječu na aktivnost potočnih rakova tijekom godine. Prema Hoggeru (1988), potoci s koncentracijom kisika iznad 4 mg/L su odgovarajući za život potočnih rakova što se i slaže s dobivenim rezultatima koncentracije kisika na istraživanim lokacijama. Vrijednosti koncentracije kisika su se kretale u rasponu od 8,44 mg/L do 15,01 mg/L, gdje je najveća vrijednost neočekivano izmjerena na lokaciji 2, a najniža na lokaciji 3. Naime, dobiveni rezultat u potpunosti odskaače od očekivanog jer bi se na takvom tipu staništa (betonirani kanal) očekivala potpuna anoksija. Količina otopljenog kisika ovisi o temperaturi, to jest više kisika otapa se u hladnijoj vodi, a to potvrđuju i dobiveni rezultati koji pokazuju da lokacija 3 bilježi najvišu srednju vrijednost temperature temperature i to 17,48 °C, a najnižu prosječnu vrijednost koncentracije kisika (9,45 mg/L), dok lokacije 2 i 1 bilježe niže prosječne vrijednosti temperature, te kao posljedica toga veće količine otopljenog kisika u vodi. Više prosječne vrijednosti temperature vode na lokacijama 2 i 3 se mogu pripisati manjoj prosječnoj dubini potoka, kao i nedostatku okolne vegetacije koja uzrokuje niski postotak zasjenjenosti i stalnu izloženost sunčevim zrakama. Također, prema Bohlu (1987), maksimalne vrijednosti temperature vode staništa u kojima obitavaju rakovi vrste *A. torrentium* su u rasponu između 11 °C do 26 °C, što odgovara našim rezultatima u kojima je zabilježen raspon vrijednosti temperature od 11,1 °C do 21,2 °C. Prema navodima Maguire i Gottstein – Matočec (2004), vrsta *A. torrentium* u Hrvatskoj preferira tekućice čija je prosječna godišnja temperatura do 10 °C, što je u skladu s našim



podacima koji pokazuju kako je najveći broj ulovljenih jedinki zabilježen na lokaciji 1 (prirodni dio potoka Dolje) gdje je i utvrđena najniža prosječna vrijednost temperature tijekom istraživanja od 11,9 °C.

Zabilježene pH vrijednosti za sve tri proučavane populacije (Tablica 2) su u skladu s podacima iz literature o vodenim staništima koja nastanjuju potočni rakovi (Bohl, 1987). Omjer mužjaka i ženki iznosio je 1:1,3 (ženke:mužjaci), a veći ulov mužjaka bi se mogao pripisati činjenici da je tijekom terenskog istraživanja ulovljeno šest ženki s vanjskim (pleopodalnim) jajima i dvije s juvenilnim jedinkama još uvijek pričvršćenim za pleopodalne noge, što ukazuje da je očito još uvijek bila sezona manje aktivnosti kod ženki (razdoblje nošenja jaja koje traje od listopada pa do lipnja-srpnja iduće godine). Također, dobiveni nalazi o ženkama s vanjskim jajima u lipnju su u skladu s ranijim nalazima za ovu vrstu (Maguire, 2002; Lucić, 2004). Dobivanje uvida u odnos spolova u populacijama je od velike važnosti jer je ujednačen omjer spolova znak zdrave i stabilne populacije. Stoga, da bi dobili potpuniju sliku o odnosu spolova za istraživane populacije potočnih rakova na potoku Dolje istraživanje bi se trebalo provesti kroz duži vremenski period (najmanje 1 godina).

U sklopu ovog rada provedeno je i istraživanje morfometrijskih značajki potočnih rakova, te je ustanovljeno kako je najdulji ulovljeni mužjak bio dug 81,54 mm što odgovara podacima iz literature o rasponu dužine u mužjaka potočnog raka od 80 do 105 mm (Laurent, 1988). Isto tako, Laurent (1988) navodi kako se raspon dužine tijela za ženke potočnog raka kreće od 60 do 90 mm, što je u skladu s našim podacima koji govore da je najveća izmjerena ženka bila duga 84,57 mm, a ulovljena je, kao i najduži izmjereni mužjak, na lokaciji 1 (prirodni dio potoka Dolje). Također, najteži mužjak (26 g) i najteža ženka (22 g) su ulovljeni u prirodnom dijelu potoka Dolje (lokacija 1). Kod populacije 1 (prirodni dio potoka Dolje) i populacije 3 (Natura 2000 područje) je ustanovljeno kako su prosječne težine tijela veće u mužjaka nego u ženki, dok populacija 2 (kanal) bilježi veće prosječne težine tijela kod ženki što je posljedica činjenice da je na toj lokaciji ulovljen samo jedan mužjak. Više prosječne težine mužjaka se može pripisati činjenici da mužjaci imaju veća kliješta (sekundarno spolno obilježje) što i doprinosi njihovoj većoj težini tijela u odnosu na ženke. Na to se i nadovezuju dobiveni podaci o srednjim vrijednostima dužine i širine desnih kliješta koje su bile značajno veće kod mužjaka nego kod ženki za one populacije gdje je ustanovljeno da je i prosječna masa tijela mužjaka veća (Tablice 4 - 6).

Za potrebe istraživanja, mjerene su određene morfometrijske značajke kod ulovljenih jedinki, a s obzirom da je među deseteronožnim rakovima poznat spolni dimorfizam (Grandjean i sur., 1997, Grandjean i Souty-Grosset, 2000, Streissl i Hödl, 2002), morali smo provjeriti razlikuju se mužjaci (39) i ženke (31) u mjerenim značajkama. Na temelju rezultata provedenog T – testa, mužjaci i ženke se statistički značajno razlikuju u težini tijela, širini 1. začanog kolutića, dužini i širini desnih kliješta što odgovara nekim od ranije utvrđenih spolnih razlika za vrstu *A. torrentium* (Maguire, 2002).

Osim morfometrijskih karakteristika, kod ulovljenih potočnih rakova su računata dva morfometrijska indeksa kondicije tijela: Fultonov kondicijski indeks (FCF) i konstanta dekapodnog raka (CC). Utvrđeni su veći indeksi kondicije tijela u mužjaka nego u ženki, što je u skladu s nalazima istraživanja Lindquista i Lahtia (1983), te Streissla i Hödla (2002). Nadalje, prema prijedlogu Streissla i Hödla (2002), moguće je da je ta razlika uzrokovana većim kliještima kod mužjaka u odnosu na ženke. Takvi navodi idu u prilog našim podacima

u kojima su utvrđene veće prosječne vrijednosti dužine i širine desnih kliješta kod mužjaka za razliku od ženki. Također, prema rezultatima provedenog T – testa ustanovljeno je kako među mužjacima i ženkama u populacije 1 i u populaciji 3 postoji statistički značajna razlika u Fultonovom kondicijskom indeksu (FCF). S druge pak strane, provedena analiza varijanci (ANOVA) odvojeno za mužjake i ženke je pokazala kako među istraživanim populacijama nema statistički značajnih razlika u kondicijskim indeksima tijela (FCF i CC). Uzimajući u obzir vrijednosti indeksa kondicije i za mužjake i za ženke ustanovljeno je kako najbolju kondiciju imaju potočni rakovi populacije 1 (prirodni dio potoka Dolje), dok je lošija kondicija tijela ustanovljena u populaciji 2 i populaciji 3 koje se nalaze u naseljenom području. Istraživanja koja su proveli Streissl i Hödl (2002) otkrivaju povezanost između kondicije tijela potočnog raka i karakteristika staništa. Naime, istraživanje je ustanovilo kako veća raznolikost strujanja i veća raznolikost sastava supstrata dna ima pozitivan učinak na kondiciju potočnih rakova. Ovi navodi se podudaraju s našim rezultatima, ako uzmemo u obzir značajke pojedinih lokaliteta. Na lokaciji 1, potočni rakovi su bili u prirodnom dijelu toka, odvojeni od naseljenog područja, to jest bez ikakvog antropogenog utjecaja na njihovo stanište. Isto tako, stanište obiluje raznolikim zaklonima u koje se rakovi mogu skloniti i na taj način izbjeci agresivne kontakte i smanjiti aktivnost u potrazi za skloništem, što u konačnici rezultira većom kondicijom tijela. S druge strane, populacije 2 i 3 su svojim smještajem pod direktnim i snažnijim antropogenim utjecajem, što za posljedicu ima niže tjelesne kondicije jedinki iz tih populacija. Stanište populacije 2 je u potpunosti antropogeno izmijenjeno (izbetonirano), bez raznolikosti u sastavu supstrata i s vrlo malo mogućih zaklona. S druge strane, stanište populacije 3 na prvi pogled izgleda kao idealan tip staništa za potočne rakove zbog veće raznolikosti supstrata, većeg broja zaklona, pa čak i većeg postotka zasjenjenosti, ali izgleda da slivanje vode iz okolnih dvorišta ili obradivih površina snažno utječe na povećanje stresa potočnih rakova i posljedično na smanjenje kondicije tijela. Slične nalaze pronalazimo i u istraživanjima koje su proveli Maguire i sur. (2002).

Za relativnu procjenu veličine populacija na tri istraživana lokaliteta na potoku Dolje korištena je metoda CPUE koja se temelji na broju ulovljenih jedinki po noći/vrši, te je njome utvrđena relativna gustoća populacija (Skurdal i Taugbøl, 1994). Isto tako, za procjenu brojnosti populacija korištena je „mark – recapture“ metoda utemeljena na označavanju ulovljenih životinja i njihovom ponovnom ulovu (Skurdal i sur., 1992). Za ulov potočnih rakova korištene su zamke (vrše) s mamcima, metoda koja se prema navodima Westmana i Pursiainenena (1982) najčešće koristi prilikom istraživanja potočnih rakova. S druge strane, prema istraživanjima koje su proveli Brown i Brewis (1978), ustanovljeno je kako korištenje zamki za procjenu veličine populacije smanjuje procjenu veličine za faktor tri. Za potrebe našeg istraživanja korištene su ručno izrađene vrše (Maguire, 2002), a prema dobivenom omjeru spolova i različitim veličinama ulovljenih rakova se može uočiti kako one nisu selektivne niti za spol niti za veličinu životinje. Prilikom procjene veličine populacije treba uzeti u obzir pretpostavku da sam lov i označavanje životinja na njih djeluje stresno i da to može smanjiti njihov ulov, osim ako je razmak između lova veći od šest dana, onda se smatra da utjecaj nije statistički značajan (Skurdal i Taugbøl, 1994). S obzirom da je u našem slučaju lov rakova proveden kontinuirano u periodu od tjedan dana, dobiveni rezultati procjene veličine populacija bi se mogli statistički značajno razlikovati od realne situacije. U sklopu „mark – recapture“ metode, u našem istraživanju smo koristili dva osnovna tipa procjene

veličine populacije: Schabelova i Schumacher i Eschmeyerova metoda, koje se prema navodima ističu kao najrobusniji i najčešće upotrebljavani ekološki modeli procjene veličine populacije (Krebs, 1989). Tijekom našeg istraživanja ponovno ulovljenih jedinki je bilo svega 12, a jedan od razloga tako malog broja bi mogla biti pojava stresa kod životinja uzrokovana kontinuiranim ulovom. Vrlo mali broja ponovno ulovljenih jedinki je rezultirao velikim rasponom procjene veličine populacije na lokaciji 1 i posebno na lokaciji 3. Nasuprot tome ne treba isključiti niti mogućnost da se radi o većim populacijama potočnih rakova, što rezultira i rijedim ponovnim lovom. Naime, Schnabelovom metodom je populacija 1 procijenjena na 114,73 jedinki na 100 m potoka (izračunata granica pouzdanosti od 75 do 246 jedinki), a populacija 3 je procijenjena na 31 jedinku na 100 m potoka, s granicom pouzdanosti od 17 do 205 jedinki. Veličina populacije 1, Schumacher i Eschmeyerovom metodom je procijenjena na 114,3 jedinke, što se podudara sa rezultatima Schnabelove procjene, dok je veličina populacije 3, Schumacher i Eschmayer metodom procijenjena na 39 jedinki, što je isto tako slično procijeni dobivenoj Schanbelovom metodom. Procjena veličine populacije 2, kao što je i bilo za pretpostaviti, nije se mogla ostvariti jer nije zabilježen niti jedan ponovni ulov jedinki. Na temelju neodgovarajućih karakteristika staništa, snažnog antropogenog utjecaja, te u konačnici i najmanjeg ukupnog broja ulovljenih jedinki, populacija 2 je procijenjena kao najmanja. Nadalje, prema očekivanjima, ali i dobivenim rezultatima, najveća populacija potočnog raka je na lokaciji 1, što je rezultat idealnih okolišnih uvjeta i karakteristika staništa, te izoliranost od antropogenih utjecaja. S druge strane, Natura 2000 područje iako okruženo naseljima i snažnom antropogenom utjecaju bilježi puno veću gustoću populacije potočnih rakova za razliku od populacije na lokaciji 2. Razlog tome bi se mogao pripisati odgovarajućim obilježjima staništa (heterogenost sastava supstrata, raznolikost zaklona i veći udio okolne vegetacije). Isto tako, treba napomenuti kako se ovdje radi o maloj populaciji potočnih rakova smještenoj u naseljenoj okolini, podložnoj snažnim antropogenim utjecajima i ukoliko se ne uvedu adekvatne mjere zaštite ovoga staništa, mogla bi se ponoviti situacija s lokalitetom 2 (kanal), što bi u konačnici rezultiralo nestajanjem i ove populacije. Slično ističe i Füreder (2006), koji iskazuje opravdanu zabrinutost da bi daljni negativni ljudski utjecaj na stabilna staništa potočnih rakova mogao utjecati na smanjenje brojnosti populacije. Naime, nemoguće je pouzdano utvrditi veličinu populacije, ali da bi rezultati bili realniji potrebno je ponoviti istraživanje, vjerojatnije bi razmak između lova trebao biti veći od šest dana i to kroz duži vremenski period.

Dobiveni rezultati relativne gustoće populacija procijenjene CPUE metodom podudaraju se s procijenom veličine populacija dobivenom Schnabelovom i Schumacher i Eschmeyerovom metodom. Naime, populacija 1 bilježi najvišu prosječnu relativnu gustoću populacije od 0,7 jedinki po vrši/noći. Također, prosječne relativne gustoće procijenjene za sve populacije istraživane na potoku Dolje upućuju da se radi o relativno prorijeđenoj populaciji potočnih rakova. Pretpostavka je napravljena na temelju istraživanja koje je provedeno o relativnoj gustoći populacije vrste *A. astacus* u Latviji, gdje gustoća od 2,8 jedinki po vrši/noći upućuje na relativno gustu populaciju jedinki (Burba, 1996).

## 7. ZAKLJUČCI

Ulov rakova je ovisio o karakteristikama staništa, temperaturi vode i periodu lova (sezona smanjene aktivnosti ženki).

Vrše za lov nisu bile selektivne za veličinu životinje i spol pa je utvrđen omjer spolova bio 1:1,3 (ženke : mužjaci).

Analizom morfometrijskih značajki, težine tijela i kondicijskih indeksa mužjaka i ženki potočnih rakova u tri proučavane populacije su utvrđene statistički značajne razlike u težini tijela, širini 1. začanog kolutića, dužini i širini desnih kliješta i Fultonovom kondicijskom indeksu. Značajne razlike u širini 1. začanog kolutića, dužini i širini desnih kliješta su posljedica alometrijskog rasta mužjaka i ženki nakon postizanja spolne zrelosti i predstavljaju sekundarna spolna obilježja rakova.

Provedenim statističkim analizama je ustanovljeno kako postoje značajne razlike između ženki tri populacije u morfometrijskim značajkama.

Ustanovljena je povezanost kondicije tijela i karakteristika staništa u kojem obitavaju potočni rakovi. Utvrđena je bolja kondicija rakova u populaciji 1 (prirodni dio potoka Dolje) čije stanište nije bilo pod antropogenim utjecajem, okruženo je gustom okolnom vegetacijom i ima veliku raznolikost u sastavu supstrata u odnosu na populacije smještene u antropogeno utjecanom staništu (populacija 2 i populacija 3).

Procjena veličine populacije uz pomoć „mark – recapture“ metode je pokazala da je najveća populacija potočnih rakova na lokalitetu 1 (prirodni dio potoka Dolje), a najmanja na lokalitetu 2 (kanal) iz čega se može zaključiti kako snažni utjecaj čovjeka (mijenjanje prirodnog staništa rakova, kanaliziranje, izljev otpadnih voda) uzrokuje manju brojnost vrste *A. torrentium* u dijelovima potoka Dolje smještenim u naseljenom području Podsusedsko Dolje.

Istraživanje provedeno na lokalitetu 3 (Natura 2000 područje) pokazuje da se radi o pogodnom staništu za potočne rakove unatoč tome što je smješten u naseljenom području, ali ukoliko se ne provedu odgovarajuće mjere zaštite i ne spriječi daljnji antropogeni utjecaj na stanište (kanaliziranje, uklanjanje okolne vegetacije) doći će do nestanka ove, ionako male populacije potočnih rakova.

Relativne gustoće populacija procijenjene CPUE metodom pokazuju da su populacije potočnih rakova na istraživanim lokalitetima na potoku Dolje relativno prorijeđene.

## 8. LITERATURA

Ackefors, H., Gydemo, R., Keyser, P. 1995. Growth and moulting in confined juvenile noble crayfish *Astacus astacus* (L.) (Decapoda, Astacidae). *Freshwater Crayfish*, 10, 396-409.

Allan, J.D. 1995. *Stream ecology: Structure and function of running waters*. Chapman&Hall, London, 436.

Bohl, E. 1987. Comparative studies on crayfish brooks in Bavaria (*Astacus astacus* L., *Austropotamobius torrentium* Schr.). *Freshwater Crayfish*, 7, 287-294.

Bohl, E. 1997. An isolated population of the white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes*) in the principality of Liechtenstein. *Bulletin Francais de Pêche et Pisciculture*, 347, 701-712.

Brown, D.J., Brevis, J.M. 1978. A critical look at trapping as a method of sampling a population of *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) in a mark and recapture study. *Freshwater Crayfish*, 4, 159-164.

Burba, A. 1996. Distribution of crayfish of the genera *Astacus* and *Pacifastacus* (Astacidae) in Lithuanian waters and spreading of the species *Orconectes limosus* (Cambaridae). *Freshwater Crayfish*, 11, 99-105.

Burton, O.J., Phillips, B.L., Travis, J.M.J. 2010. Trade-offs and evolution of life-histories during range expansion. *Ecology letters*, 13, 1210-1220.

Chucholl, C., Morawetz, K., Groß, H. 2012. The clones are coming – strong increase in Marmorcrebs [*Procambarus fallax* (Hagen, 1870) f. *virginalis*] records from Europe. *Aquatic Invasions*, 7, 511-519.

Crandall, K.A., Buhay, J.E. 2008. Global diversity of crayfish (Astacidae, Cambaridae and Parastacidae – Decapoda) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595, 295-301.

Creed, R.P. 1994. Direct and indirect effects of crayfish grazing in stream community. *Ecology*, 75, 2091-2103.

Direktiva 92/43/EEZ o zaštiti prirodnih staništa i divlje faune i flore (SL L 206/7, 21.05.1992.).

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX%3A31992L0043>

Füreder, L., Machino, Y. 2002. A revised determination key of freshwater crayfish in Europe. *Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen vereins in Innsbruck*, 89, 169-178.

Füreder, L. 2006. Indigenous crayfish habitat and threata. U: Souty-Grosset, C., Holdich, D.M., Noël, P.Y., Reynolds, J.D., Haffner, P. (ur.), *Atlas of Crayfish in Europe*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 26-47.

Füreder, L., Gherardi, F., Souty-Grosset, C. 2010. *Austropotamobius torrentium*. U: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015-4, <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>, Downloaded on 15 February 2016.

Gherardi, F., Holdich, D.M. 1999. Crayfish in Europe as Alien Species: How to make the Best of Bad Situation? A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 281-292.

Gottstein, S., Kerovec, M., Maguire, I., Bukvić, I. 1999. Ecological notes on *Austropotamobius pallipes italicus* (Faxon, 1914) (Decapoda, Astacidae) in the karstic spring of Neretva delta (Croatia). *Freshwater Crayfish*, 12, 620-628.

Gottstein, S., Hudina, S., Lucić, A., Maguire, I., Ternjej, I., Žganec, K. 2011. Crveni popis rakova (*Crustacea*) slatkih i bočatih voda Hrvatske. Državni zavod za zaštitu prirode.

Grandjean, F., Romain, D., Avila-Zarza, C., Bramard, M., Souty-Grosset, C., Mocquard, J.P. 1997. Morphometry, sexual dimorphism and size at maturity of the white-clawed crayfish *Austropotamobius pallipes pallipes* (Lereboullet) from a wild French population at Deux-Sèvres (Decapoda, Astacidae). *Crustaceana*, 70, 31-44.

Grandjean, F., Souty-Grosset, C. 2000. Genetic and morphological variation in the endangered crayfish species, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet)(Crustacea, Astacidae) from the Poitou-Charentes region (France). *Aquatic Sciences*, 62, 1-19

Gutowsky, L.F.G., Fox, M.G. 2012. Intra-population variability of life history traits and Growth during range expansion of the invasive round goby, *Neogobius melanostomus*. *Fisheries Management and Ecology*, 19, 78-88.

Harhoglu, M.M., Güner, U. 2006. Studies on the recently discovered crayfish, *Austropotamobius torrentium*, in Turkey: morphological analysis and meat yield. *Aquaculture research*, 37, 538-542.

Hogger, J.B. 1988. Ecology, population biology and behaviour. U: Holdich, D.M. i Lowery, R.S. (ur.), *Freshwater crayfish: Biology, Management and Exploitation*, The University press, Cambridge, 114-144.

Holdich, D.M., Lowery, R.S. 1988. *Freshwater crayfish – biology, management and exploitation*. University Press, Cambridge, 498.

Holdich, D.M., Ackefors, H., Gherardi, F., Rogers, W.D., Skurdal, J. 1999. Native and alien Crayfish in Europe: Some conclusions. U: Gherardi, F., Holdich, D.M. (ur.), *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation?* A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 281-292.

Holdich, D.M. 2002. *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science, Oxford, 720.

Hudina, S., Faller, M., Lucić, A., Klobučar, G., Maguire, I. 2009. Distribution and dispersal of two invasive crayfish species in the Drava River basin, Croatia. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 394-395.

- Kappus, B., Peissner, T., Rawer-Jost, C. 1999. Distribution and habitat conditions of crayfish populations in the urban freshwater systems of Stuttgart (Baden-Württemberg, Germany). *Freshwater Crayfish*, 12, 778-785.
- Karr, J.R., Schlosser, I.J. 1978. Water resources and the land-water interface. *Science*, 201, 229-234.
- Keller, M.M. 1999. Yields of a 2000 m<sup>2</sup> Pond, Stocked with Noble Crayfish (*Astacus astacus*), over 6 years. *Freshwater Crayfish*, 12, 529-534.
- Kouba, A., Petrušek, A., Kozák, P. 2014. Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 31, 401.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological methodology*. Harper&Row publ. New York, 651.
- Laurent, P.J. 1988. *Austropotamobius pallipes* i *A. torrentium*, with observations on their Interactions with other species in Europe. U: Holdich, D.M., Lowery, R.S. (ur.), *Freshwater Frayfish: Biology, Management and Exploitation*, University Press, Cambridge, 341-364.
- Lindquist, O.V., Lahti, E. 1983. On the sexual dimorphism and condition index in the crayfish, *Astacus astacus* L. in Finland. *Freshwater Crayfish*, 5, 3-11.
- Lucić, A. 2004. Fiziološke osobitosti triju vrsta slatkovodnih rakova iz porodice Astacidae. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 121.
- Maguire, I., Erben, R., Klobučar, G.I.V., Lajtner, J. 2002. A year cycle of *Austropotamobius torrentium* (Schrank) in streams on Medvednica mountain (Croatia). *Bulletin Francais de Pêche et Pisciculture*, 367, 943-957.
- Maguire, I. 2002. Porodica Astacidae u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 128.
- Maguire, I., Gottstein-Matočec, S. 2004. The distribution pattern of freshwater crayfish in Croatia. *Crustaceana*, 77 (1), 25-49.
- Maguire, I., Klobučar, G.I.V., Erben, R. 2005. The relationship between female size and egg size in the freshwater crayfish *Austropotamobius torrentium*. *Bulletin Francais de Pêche et Pisciculture*, 376-377.
- Maguire, I. 2010. Slatkovodni rakovi, Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 44.
- Maguire, I., Jelić, M., Klobučar, G. 2011. Update on the distribution of freshwater crayfish in Croatia. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 401, 31-41.
- Martin, P., Dorn, N., Kawai, T., van der Heiden, C., Scholtz, G. 2010. The enigmatic Marmokrebs (marbled crayfish) is the parthenogenetic form of *Procambarus fallax* (Hagen, 1870). *Contributions to Zoology*, 79, 107-118.

- Millar, J.S., Hickling, G.J. 1990. Fasting endurance and the evolution of mammalian body size. *Functional Ecology*, 4, 5-12.
- NARODNE NOVINE, 2013. Zakon o zaštiti prirode, 80/13.
- NARODNE NOVINE, 2013. Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama, 144/13.
- NARODNE NOVINE, 2013. Uredba o ekološkoj mreži RH, 124/13.
- Nyström, P., Brönmark, C., Granéli, W. 1996. Patterns in benthic food webs: a role for omnivorous crayfish? *Freshwater Biology*, 36, 631-646.
- Nyström, P. 2002. Ecology. U: Holdich, D.M. (ur.), *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science, Oxford, 192-235.
- Phillips, B., Brown, G., Shine, R. 2010. Life-history evolution in range-shifting populations. *Ecology*, 91, 1617-1627.
- Radović, J. 2000. An overview of the state of biological and landscape diversity of Croatia. Ministry of Environmental Protection and Physical Planning, Zagreb, 1-158.
- Reynolds, J.D. 2002. Growth and reproduction. U: Holdich, D.M. (ur.), *Biology of Freshwater Crayfish*. Oxford, Blackwell Science, 152-191.
- Schulz, R., Sypke, J. 1999. Freshwater crayfish population *Astacus astacus* L. in northeast Brandenburg (Germany): Analysis of genetic structure using RAPD-PCR. *Freshwater Crayfish*, 12, 387-395.
- Skurdal, J., Qvenlid, T., Taugbøl, T. 1992. Mark recapture experiments with noble crayfish, *Astacus astacus* L. in Norwegian lake. *Aquaculture and fisheries management*, 23, 227-233.
- Skurdal, J., Taugbøl, T. 1994. Biology, culture and management of noble crayfish *Astacus astacus* L. Dr. Philos. Thesis, University of Oslo, 299.
- Skurdal, J., Taugbøl, T. 2002. *Astacus*. U: Holdich, D.M. (ur.), *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science, Oxford, 467-510.
- Souty-Grosset, C., Holdich, D.M., Noel, P.Y., Reynolds, J.D., Haffner, P., (ur.) 2006. Atlas of crayfish in Europe. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France, 187.
- Streissl, F., Hödl, W. 2002. Growth, morphometrics, size at maturity, sexual dimorphism and condition index of *Austropotamobius torrentium* Schrank. *Hydrobiologia*, 477, 201-208.
- Stucki, T.P. 1999. Life cycle and life history of *Astacus leptodactylus* in Chatzensee Pond (Zürich) and lake Ägeri, Switzerland. *Freshwater crayfish*, 12, 430-448.
- Taugbøl, T., Skurdal, J., Fjeld, E. 1988. Maturity and fecundity of *Astacus astacus* females in Norway. *Freshwater crayfish*, 7, 107-114.



Taylor, C.A. 2002. Taxonomy and conservation of native crayfish stocks. U: Holdich, D.M. (ur.), Biology of freshwater crayfish. Blackwell Science, Oxford, 236-257.

Troschel, H.J., Dehus, P. 1993. Distribution of crayfish species in the federal republic of Germany, with special reference to *Austropotamobius pallipes*. Freshwater Crayfish, 9, 390-398.

Vorburger, C., Ribi, G. 1999. *Pacifastacus leniusculus* and *Austropotamobius torrentium* prefer different substrats. Freshwater Crayfish, 10, 696-704.

Ward, J.V. 1985. Thermal Characteristics of Running Waters. Hydrobiologia, 125, 31-46.

Westman, K., Pursiainen, M. 1982. Size and structure of crayfish (*Astacus astacus*) populations on different habitats in Finland. Hydrobiologia, 86, 67-72.

Wetzel, R.G. 2001. Limnology. Lake and river ecosystems. Academic press, Elsevier London, 151-168.

Yamaguchi, T. 2001. Seasonal change of the hepatopancreas index in the males of the fiddler crab, *Uca lactea*, Crustaceana, 74 (7), 627-634.

<http://www.dzpp.hr/ekoloska-mreza/natura-2000/ekoloska-mreza-rh-natura-2000-1300.html>, pristupljeno 23. siječnja 2016.

[http://www.salzburg.gv.at/en/bf/krebse1\\_m.pdf](http://www.salzburg.gv.at/en/bf/krebse1_m.pdf), pristupljeno 19. siječnja 2016.

[http://www.vusz.hr/Cms\\_Data/Contents/VSZ/Folders/dokumenti/javanustanovazaupravljanje/zasticenimprirodnimvrijednostima/o\\_ustanovi/~contents/B5L2MNH8VNTNDCTQ/2011-3-24-4033751-natura2000-zp.pdf](http://www.vusz.hr/Cms_Data/Contents/VSZ/Folders/dokumenti/javanustanovazaupravljanje/zasticenimprirodnimvrijednostima/o_ustanovi/~contents/B5L2MNH8VNTNDCTQ/2011-3-24-4033751-natura2000-zp.pdf), pristupljeno 23. Siječnja 2016.

## 9. PRILOZI

**Prilog 1.** Prikaz svih vrijednosti težine tijela i sedam morfometrijskih značajki (CEF – dužina cefalotoraksa, dužina karapaksa, CPW- širina karapaksa, ABW – širina 1. Začanog kolutića, dužina repa, CLL – dužina desnih kliješta, CLW- širina desnih kliješta) u mužjaka vrste *A. torrentium* na lokalitetu 1 (prirodni dio potoka Dolje)

postaja	DATUM	SPOL	TEŽINA/g	CEF	dužina KARAPAKSA	CPW	ABW	dužina REPA	CLL	CLW
1	2. lipanj 2015.	M	20	38,84	35,2	21,44	17,43	38,54	36,7	15,57
1	2. lipanj 2015.	M	21	40,09	35,45	21,47	17	36,51	31,16	10,78
1	2. lipanj 2015.	M	4	22,33	19,61	11,03	9,93	23,93	15,57	6,8
1	2. lipanj 2015.	M	26	40,04	36,04	21,65	18,64	40,4	36,78	13,85
1	2. lipanj 2015.	M	16	36,49	31,03	18,89	16,53	37,07	29,2	12,71
1	2. lipanj 2015.	M	10	30,63	27,82	16,29	14,22	33,09	23,19	11,06
1	3. lipanj 2015.	M	24	40,19	34,76	21,11	17,37	37,77	31,36	13,46
1	3. lipanj 2015.	M	23	37,7	31,59	20,64	17,8	39,35	31,36	13,44
1	3. lipanj 2015.	M	25	41,47	34,65	22,72	18,3	40,07	37,9	17,53
1	3. lipanj 2015.	M	6	25,7	20,2	13,29	11,47	26	17,79	7,22
1	3. lipanj 2015.	M	19	37,64	31,58	21,07	16,9	35,76	33,97	11,83
1	4. lipanj 2015.	M	14	34,79	27,55	18,06	15,24	35,17	24,44	9,08
1	4. lipanj 2015.	M	16	35,69	29,49	19,56	16,39	36,17	28,65	12,31
1	4. lipanj 2015.	M	11	30,82	25,5	16,49	14,61	31,92	21,38	8,03
1	4. lipanj 2015.	M	24	40,05	33,76	21,07	18,02	36,79	30,36	11,43
1	4. lipanj 2015.	M	14	36,59	29,7	18,8	15,3	33,15	27,76	12,14
1	4. lipanj 2015.	M	7	28,33	22,67	14,83	12,33	28,71	19,72	8,25
1	5. lipanj 2015.	M	5	26,34	21,65	13,74	11,57	26,21	17,47	7,2
1	5. lipanj 2015.	M	4	15,9	9,66	12,75	10,57	26,3	16,93	6,44
1	5. lipanj 2015.	M	3	21,1	16,53	10,54	9,08	22,88	12,25	5,27
1	5. lipanj 2015.	M	13	33,36	27,55	18,65	15,02	31,38	26,11	9,09
1	5. lipanj 2015.	M	7	28,33	22,67	14,83	12,33	28,71	19,72	8,25
1	6. lipanj 2015.	M	6	26,25	20,97	12,6	12,64	27,06	17,55	7,52
1	6. lipanj 2015.	M	10	31,63	25,99	16,35	13,94	31,7	23,58	7,94
1	8. lipanj 2015.	M	15	35,2	28,95	20,72	16,33	34,38	26,27	9,55
1	8. lipanj 2015.	M	24	40,14	32,38	21,55	17,74	39,36	35,67	12,94
1	8. lipanj 2015.	M	4	23,7	18,96	13,82	11,13	26,32	15,75	6,73
1	7. lipanj 2015.	M	6	26,25	20,97	12,6	12,64	27,06	17,55	7,52
1	7. lipanj 2015.	M	19	37,64	31,58	21,07	16,9	35,76	33,97	11,83
1	7. lipanj 2015.	M	18	36,5	30,15	19,35	16,21	35,28	30,3	11,86

**Prilog 2.** Prikaz svih vrijednosti težine tijela i sedam morfometrijskih značajki (CEF – dužina cefalotoraksa, dužina karapaksa, CPW- širina karapaksa, ABW – širina 1. začanog kolutića, dužina repa, CLL – dužina desnih kliješta, CLW- širina desnih kliješta) u ženki vrste *A. torrentium* na lokalitetu 1 (prirodni dio potoka Dolje)

postaja	DATUM	SPOL	TEŽINA/g	CEF	Dužina KARAPAKSA	CPW	ABW	Dužina REPA	CLL	CLW
1	2. lipanj 2015.	Ž	22	41,3	35,08	22,36	21,68	43,27	31,59	13,05
1	2. lipanj 2015.	Ž	5	24,89	20,65	12,03	10,92	26,41	16,26	7,09
1	2. lipanj 2015.	Ž	3	20,39	18,65	10,23	9,68	22,11	13,96	6,06
1	2. lipanj 2015.	Ž	18	37,99	31,99	19,03	20,66	40,88	29,18	13,29
1	3. lipanj 2015.	Ž	11	30,05	26,46	15,19	14,54	33,56	19,21	9,92
1	3. lipanj 2015.	Ž	7	24,84	21,2	14,36	13,7	28,89	18,41	6,65
1	3. lipanj 2015.	Ž	16	36,43	29,81	19,44	20,11	34,35	25,42	11,07
1	4. lipanj 2015.	Ž	6	27,37	22,38	13,87	12,35	29,13	17,8	6,49
1	4. lipanj 2015.	Ž	9	29,6	23,59	15,05	15,23	30,04	17,83	7,83
1	4. lipanj 2015.	Ž	9	29,6	24,28	14,87	14,49	31,68	19,33	8,07
1	4. lipanj 2015.	Ž	3	21,03	17	11,18	9,62	22,7	13,2	5,65
1	5. lipanj 2015.	Ž	9	29,6	24,28	14,87	14,49	31,68	19,33	8,07
1	5. lipanj 2015.	Ž	9	29,6	23,59	15,05	15,23	30,04	17,83	7,83
1	5. lipanj 2015.	Ž	11	35,58	27,83	17,58	17,12	39,6		
1	6. lipanj 2015.	Ž	3	21,4	17,9	11,3	10,14	23,16	14,81	5,35
1	6. lipanj 2015.	Ž	9	29,6	24,28	14,87	14,49	31,68	19,33	8,07
1	6. lipanj 2015.	Ž	2	19,76	16,37	10,51	9,38	21,4	12,14	4,76
1	7. lipanj 2015.	Ž	1	17,4	13,34	8,03	7,54	19	10,27	3,81
1	7. lipanj 2015.	Ž	9	29,6	23,59	15,05	15,23	30,04	17,83	7,83
1	8. lipanj 2015.	Ž	14	35,22	28,75	19,2	20,16	37,18	24,21	9,6

**Prilog 3.** Prikaz svih vrijednosti težine tijela i sedam morfometrijskih značajki (CEF – dužina cefalotoraksa, dužina karapaksa, CPW- širina karapaksa, ABW – širina 1. začanog kolutića, dužina repa, CLL – dužina desnih kliješta, CLW- širina desnih kliješta) u mužjaka vrste *A. torrentium* na lokalitetu 2 (kanal)

postaja	DATUM	SPOL	TEŽINA/g	CEF	Dužina KARAPAKSA	CPW	ABW	Dužina REPA	CLL	CLW
2	3. lipanj 2015.	M	2	18,64	14,08	9,34	7,66	19,9	11,46	5,04

**Prilog 4.** Prikaz svih vrijednosti težine tijela i sedam morfometrijskih značajki (CEF – dužina cefalotoraksa, dužina karapaksa, CPW- širina karapaksa, ABW – širina 1. začanog kolutića, dužina repa, CLL – dužina desnih kliješta, CLW- širina desnih kliješta) u ženki vrste *A. torrentium* na lokalitetu 2 (kanal)

postaja	DATUM	SPOL	TEŽINA/g	CEF	Dužina KARAPAKSA	CPW	ABW	Dužina REPA	CLL	CLW
2	3. lipanj 2015.	Ž	4	23,89	19,52	12,63	11,56	25,66	15,67	6,36
2	5. lipanj 2015.	Ž	1	12,14	11,33	6,03	5,01	11,68	7,4	3,74
2	7. lipanj 2015.	Ž	3	20,76	16,47	11,18	9,81	24,54	13,8	5,32
2	7. lipanj 2015.	Ž	13	33,78	27,47	16,59	18,54	35,61	23,93	9,54

**Prilog 5.** Prikaz svih vrijednosti težine tijela i sedam morfometrijskih značajki (CEF – dužina cefalotoraksa, dužina karapaksa, CPW- širina karapaksa, ABW – širina 1. začanog kolutića, dužina repa, CLL – dužina desnih kliješta, CLW- širina desnih kliješta) u mužjaka vrste *A. torrentium* na lokalitetu 3 (Natura 2000 područje)

postaja	DATUM	SPO L	TEŽINA/ g	CEF	Dužina KARAPAKS A	CPW	ABW	Dužina REPA	CLL	CLW
3	3.lipanj 2015.	M	14	34,32	28,58	18,76	15,51	35,66	26,49	10,61
3	3.lipanj 2015.	M	1	12,59	10,27	6,26	5,63	13,53	8,28	2,82
3	5.lipanj 2015.	M	3	21,71	17,26	11,43	9,91	23,6	15,36	6,29
3	3.lipanj 2015.	M	19	36,98	30,33	20,84	16,62	36,33	30,08	13,67
3	3.lipanj 2015.	M	11	32,22	27,11	17,55	14,36	32,63	22,82	9,19
3	7.lipanj 2015.	M	10	30,24	24,83	15,71	13,65	32,26	21,45	8,77
3	8.lipanj 2015.	M	10	30,24	24,83	15,71	13,65	32,26	21,45	8,77
3	8.lipanj 2015.	M	8	28,37	23,05	15,38	12,54	30,03	19,21	8,08

**Prilog 6.** Prikaz svih vrijednosti težine tijela i sedam morfometrijskih značajki (CEF – dužina cefalotoraksa, dužina karapaksa, CPW- širina karapaksa, ABW – širina 1. začanog kolutića, dužina repa, CLL – dužina desnih kliješta, CLW- širina desnih kliješta) u ženki vrste *A. torrentium* na lokalitetu 3 (Natura 2000 područje)

Postaja	DATUM	SPOL	TEŽINA/g	CEF	Dužina KARAPAKSA	CPW	ABW	Dužina REPA	CLL	CLW
3	3.06.2015.	Ž	11	32,53	26,93	17,55	16,3	34,06	20,78	9,02
3	3.06.2015.	Ž	11	32,53	26,93	17,55	16,3	34,06	20,78	9,02
3	3.06.2015.	Ž	17	35,77	29,22	20,92	20,48	39,94	25,29	10,85
3	3.06.2015.	Ž	2	19,29	15,25	9,86	9,14	21,76	12,55	5,43
3	3.06.2015.	Ž	1	16,43	12,22	7,67	7,53	18,3	10,22	3,74
3	3.06.2015.	Ž	17	35,9	28,13	19,72	28,83	40,06	28,83	10,95
3	3.06.2015.	Ž	2	19,29	15,25	9,86	9,14	21,76	12,55	5,43

**Prilog 7.** Vrijednosti kondicijskih indeksa (FCF –Fultonov kondicijski indeks, CC-konstanta dekapodnog raka) svih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* ulovljenih na lokalitetu 1 (prirodni dio potoka Dolje)

MUŽJACI (N=30)		ŽENKE (20)	
FCF	CC	FCF	CC
0,0000431662	0,0003424789	0,0000363725	0,0003316462
0,0000467232	0,0003601988	0,0000370355	0,0003923439
0,0000404057	0,0003997618	0,0000390800	0,0003699797
0,0000499525	0,0004142463	0,0000366891	0,0003748933
0,0000401971	0,0003710774	0,0000427382	0,0004302488
0,0000386521	0,0003462948	0,0000451281	0,0004279479
0,0000506519	0,0004195381	0,0000451220	0,0003900778
0,0000502817	0,0004578212	0,0000332664	0,0003421104
0,0000461135	0,0003894554	0,0000424258	0,0004250504
0,0000434190	0,0004322991	0,0000391099	0,0004067842
0,0000480469	0,0003890280	0,0000358742	0,0003609533
0,0000408864	0,0004021971	0,0000391099	0,0004067842
0,0000431180	0,0003860016	0,0000424258	0,0004250504
0,0000445409	0,0004169532	0,0000258872	0,0002990600
0,0000528992	0,0004390934	0,0000339067	0,0003328470
0,0000412745	0,0003595272	0,0000391099	0,0004067842
0,0000377189	0,0003650277	0,0000286816	0,0002824251
0,0000344550	0,0003198546	0,0000207346	0,0002564645
0,0000532259	0,0007695914	0,0000424258	0,0004250504
0,0000352659	0,0003915187	0,0000368903	0,0003503083
0,0000479099	0,0003908141		
0,0000377189	0,0003650277		
0,0000396027	0,0004259647		
0,0000393706	0,0003715921		
0,0000445285	0,0003593921		
0,0000477650	0,0004326333		
0,0000319616	0,0003051897		
0,0000396027	0,0004259647		
0,0000480469	0,0003890280		
0,0000486701	0,0004298340		

**Prilog 8.** Vrijednosti kondicijskih indeksa (FCF –Fultonov kondicijski indeks, CC-konstanta dekapodnog raka) svih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* ulovljenih na lokalitetu 2 (kanal)

MUŽJACI (N=1)		ŽENKE (N=4)	
FCF	CC	FCF	CC
0,0000349377	0,0003946106	0,0000328798	0,0003274411
		0,0000739903	0,0006144846
		0,0000322721	0,0003596563
		0,0000389092	0,0004110943

**Prilog 9.** Vrijednosti kondicijskih indeksa (FCF –Fultonov kondicijski indeks, CC-konstanta dekapodnog raka) svih mužjaka i ženki vrste *A. torrentium* ulovljenih na lokalitetu 3 (Natura 2000 područje)

MUŽJACI (N=8)		ŽENKE (N=7)	
FCF	CC	FCF	CC
0,0000408513	0,0003731290	0,0000372534	0,0003495185
0,0000561152	0,0005955004	0,0000372534	0,0003495185
0,0000322507	0,0003356141	0,0000391732	0,0003673278
0,0000482241	0,0004100344	0,0000289128	0,0003240187
0,0000403332	0,0003565136	0,0000238718	0,0003072053
0,0000409600	0,0004101730	0,0000387877	0,0004034478
0,0000409600	0,0004101730	0,0000289128	0,0003240187
0,0000401653	0,0003864114		

**Prilog 10.** Vrijednosti relativne gustoće populacije na lokalitetu 1 (prirodni dio potoka Dolje) izračunate pomoću CPUE metode za svaki dan u periodu istraživanja od 2. lipnja do 9. lipnja 2015. godine.

postaja	Datum	M	Ž	Ukupan broj ulovljenih jedinki	Broj vrša	Relativna gustoća
1	2.6.2015	6	4	10	10	1
1	3.6.2015	5	3	8	10	0,8
1	4.6.2015	6	4	10	10	1
1	5.6.2015	5	3	8	10	0,8
1	6.6.2015	2	3	5	10	0,5
1	7.6.2015	3	2	5	10	0,5
1	8.6.2015	3	1	4	10	0,4

**Prilog 11.** Vrijednosti relativne gustoće populacije na lokalitetu 2 (kanal) izračunate pomoću CPUE metode za svaki dan u periodu istraživanja od 2. lipnja do 9. lipnja 2015. godine.

postaja	Datum	M	Ž	Ukupan broj ulovljenih jedinki	Broj vrša	Relativna gustoća
2	2.6.2015	0	0	0	10	0
2	3.6.2015	1	1	2	10	0,2
2	4.6.2015	0	0	0	10	0
2	5.6.2015	0	1	1	10	0,1
2	6.6.2015	0	0	0	10	0
2	7.6.2015	0	2	2	10	0,2
2	8.6.2015	0	0	0	10	0

**Prilog 12.** Vrijednosti relativne gustoće populacije na lokalitetu 3 (Natura 2000 područje) izračunate pomoću CPUE metode za svaki dan u periodu istraživanja od 2. lipnja do 9. lipnja 2015. godine.

postaja	Datum	M	Ž	Ukupan broj ulovljenih jedinki	Broj vrša	Relativna gustoća
3	2.6.2015	0	0	0	10	0
3	3.6.2015	4	1	5	10	0,5
3	4.6.2015	0	2	2	10	0,2
3	5.6.2015	1	0	1	10	0,1
3	6.6.2015	0	0	0	10	0
3	7.6.2015	1	3	4	10	0,4
3	8.6.2015	2	1	3	10	0,3
3	9.6.2015	0	0	0	10	0

## 10. ŽIVOTOPIS

Moje ime je Tamara Jurković, rođena sam 20. svibnja 1990. godine u Slavanskom Brodu gdje sam završila osnovnu i srednju školu (opća gimnazija). Tijekom osnovnoškolskog i srednjoškolskog obrazovanja pokazivala sam veliki afinitet za prirodne predmete, posebice za biologiju i kemiju, što je i rezultiralo upisom na integrirani studij Biologije i kemije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu, 2009 godine. Tijekom integriranog studija sudjelovala sam u izradi radionice za „Noć Biologije“ (2014. godine), kao i u kreiranju radionica u sklopu „Otvorenog dana kemije“ (2015. godine). U razdoblju od 28. listopada do 18. prosinca 2015. godine sam imala mogućnost stjecanja iskustva radeći kao nastavnik biologije u OŠ „Pantovčak“. Nastavnički smjer biologije i kemije sam odabrala s ciljem kako bih svoju ljubav prema prirodnim znanostima prenijela na buduće generacije. Isto tako, smatram kako je nastavničko zanimanje jedno od najplemenitijih zanimanja jer mladim naraštajima usađuje radne navike, moć znanja i mogućnost za bolju budućnost. Smatram da sam marljiva, izrazito komunikativna i ustrajna osoba koja teži stalnom usavršavanju i stjecanju novih znanja. Također, sklona sam timskom radu, te brizi i pomaganju drugim ljudima.