

# Morfološke značajke potočnog raka (*Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803))

---

Pavić, Vjera

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:217:874522>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-30**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Biološki odsjek

Vjera Pavić

**MORFOLOŠKE ZNAČAJKE POTOČNOG RAKA**

*Austropotamobius torrentium* (SCHRANK, 1803)

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

Ovaj rad je izrađen na Zoologijskom zavodu Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom prof. dr. sc. Ivane Maguire. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra eksperimentalne biologije.

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno – matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

**Morfološke značajke potočnog raka *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803)**

Vjera Pavić

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska

*Austropotamobius torrentium* jedna je od četiri native europske vrste porodice Astacidae hrvatskih slatkovodnih ekosustava. Nedavna molekularno-filogenetska istraživanja vrste otkrila su sedam značajno divergentnih monofiletskih filogrupa. Morfološke značajke vrste nastaju i mijenjaju se pod utjecajem genetičkih faktora kao i adaptacijama na specifične stanišne i ekološke uvjete. Sukladno tome, glavni cilj ovog rada je proučiti koje morfološke karakteristike jasno razdvajaju populacije rakova, sakupljene na 15 lokaliteta, prethodno grupiranih u filogrupe. Stoga, 245 jedinki rakova, unutar pet filogrupa, analizirane su tradicionalnim i geometrijskim morfometrijskim metodama. Tradicionalna diskriminantna analiza uključivala je 24 morfometrijske mjere po raku, dok je geometrijska morfometrija uključivala analizu 22 specifične točke na leđnoj strani glavopršnjaka. Utvrđene su statistički značajne razlike u većini mjerenih morfometrijskih karakteristika među istraživanim populacijama mužjaka i ženki. Time su potvrđena molekularno-filogenetska istraživanja o postojanju intraspecijske divergencije među različitim filogrupama ove vrste rakova. Ovim radom potvrđeno je da su obje morfometrijske analize kombinirane sa statističkim metodama korisne u razlikovanju i razdvajanju filogrupa rakova. Dobiveni rezultati poslužit će u svim daljnjim istraživanjima ove vrste, kako na području Hrvatske, tako i na području Europe.

(63 stranice, 25 slika, 18 tablica, 94 literaturnih navoda, 32 priloga, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: *Austropotamobius torrentium*, Astacidae, tradicionalna morfometrija, geometrijska morfometrija, filogrupe.

Voditelj: Dr. sc. Ivana Maguire, prof.

Ocjenitelji:

Dr. sc. Ivana Maguire, prof.

Dr. sc. Božena Mitić, prof.

Dr. sc. Tomislav Ivanković, doc.

Rad prihvaćen: 21. lipnja 2018.

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Graduation Thesis

**Morphological characteristics of stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803)**

Vjera Pavić

Rooseveltova trg 6, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska

*Austropotamobius torrentium* is one of four native European crayfish species inhabiting Croatian freshwater ecosystems. Recent molecular-phylogenetic studies of *A. torrentium* discovered existence of seven divergent monophyletic phylogroups within the species. The differences in morphometric characteristics among populations of stone crayfish are most likely the result of the combination of genetic and environmental mechanisms. The main goal of this graduate thesis was to test if some morphological characteristics clearly separate stone crayfish, among 15 populations, belonging to different, previously identified, phylogroups. For this purpose 245 stone crayfish, belonging to five different phylogroups, were analysed through traditional and, for the first time, geometric morphometric analyses. Traditional multivariate discriminant analyses included 24 morphometric features per crayfish, while geometric morphometrics comprised analyses of 22 landmarks on the dorsal side of cephalothorax. It has been established that there are statistically significant differences among the populations of males and females in measured morphometric characteristics. These results confirmed the molecular-phylogenetic studies, this species shows intraspecific divergence among different phylogroups. This thesis has confirmed that both morphometric analyses, combined with statistical methods, are useful in differentiating and separating crayfish populations. The obtained results will be useful in all further research of *A. torrentium*, both in Croatia and in Europe.

(63 pages, 25 figures, 18 tables, 94 references, 32 appendices, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library.

Key words: *Austropotamobius torrentium*, Astacidae, traditional morphometry, geometric morphometry, phylogroups.

Supervisor: Dr. Ivana Maguire, Prof.

Reviewers:

Dr. Ivana Maguire, Prof.

Dr. Božena Mitić, Prof.

Dr. Tomislav Ivanković, Asoc. Prof.

Thesis accepted: June 21th, 2018.

## Zahvale

Najiskrenije se zahvaljujem svojoj dragoj mentorici prof. dr. sc. Ivani Maguire za poticanje mog interesa za „*rakiće*“, stručno vođenje, usmjeravanje, pomoć, strpljenje prilikom provedbe istraživanja i izrade ovog rada. „*Vous êtes la superviseure que je peux seulement souhaiter pour*“!

Veliko hvala izv. prof. dr. sc. Jasni Lajnter za podršku, ohrabrivanje i pomoć u najneočekivanijim trenucima.

Izv. prof. dr. sc. Zoranu Tadiću želim se zahvaliti na ideji o prvotnom diplomskom radu koji nažalost nije „*zaživio*“ te svim mogućim savjetima. „*Živi bili, vidjeli Gammarusa*“!

Od srca se zahvaljujem kolegici mag. ing. agr. Andrei Rezić na toplim savjetima za geomorfometrijske analize uzoraka te dr. sc. Mišelu Jeliću na posudbi skenera.

Najveću zahvalnost dugujem svojim roditeljima te posebno mlađoj sestri Noli na bezgraničnoj podršci i ljubavi. Hvala što ste mi omogućili studiranje i podržavali me na svakom koraku. „*Malena pandico Mimi i tata, hvala što ste uvijek vjerovali u mene*“.

Hvala mojim prijateljima, posebno biologinjama Veroniki, Zuzani i budućoj agronomki Janji te ostalim kolegama biolozima i ne – biolozima, najviše Doroteji i svima ostalima, na podršci i toplim savjetima u ovom „*zbrčkanom*“ periodu.

Kao šećer na kraju, posebno hvala mom dečku Tomislavu, za ljubav i strpljenje, bodrenje i pomoć, zajedničko živčiranje u svim dobrim i manje dobrim trenucima. „*Hvala ti što si tu, Bubu*“.

Vaša,

Vjera

## SADRŽAJ:

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
1.1. Potkoljeno RAKOVI (CRUSTACEA)	1
1.1.1. Klasifikacija i rasprostranjenost pripadnika porodice ASTACIDAE	1
1.2. Biologija vrste <i>Austropotamobius torrentium</i> (rak kamenjar ili potočni rak)	4
1.2.1. Filogenija vrste	4
1.2.2. Geografska rasprostranjenost vrste	6
1.2.3. Morfološke značajke vrste	7
1.2.3. Biologija vrste	9
1.2.4. Ugroženost i zaštita vrste	11
1.3. Morfometrija u znanstvenim istraživanjima	13
1.3.1. Tradicionalna (klasična) morfometrija (TM)	13
1.3.2. Geometrijska morfometrija (GM)	14
1.4. Dosadašnja morfometrijska istraživanja vrste	15
1.5. Dosadašnja istraživanja glavopršnjaka ( lat. <i>cephalotorax</i> ) kao model sistema u GM rakova	16
<b>2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA</b>	<b>17</b>
<b>3. MATERIJALI I METODE</b>	<b>18</b>
3.1. Područja uzorkovanja rakova unutar biogeografskih regija RH	18
3.2. Lov i uzorkovanje rakova	18
3.3. Određivanje vrste i spola rakova	20
3.4. Morfološka varijabilnost rakova	18
3.4.1. Tradicionalna morfometrijska analiza rakova	18
3.4.2. Statistička obrada podataka dobivenih TM	23
3.4.3. Geometrijska morfometrijska analiza rakova	18
3.4.4. Odabir specifičnih točaka mjerenja na glavopršnjaku	25
3.4.5. Statistička obrada podataka dobivenih GM	26
<b>4. REZULTATI</b>	<b>27</b>
4.1. Rezultati tradicionalne morfometrijske analize rakova	27
4.1.1. Deskriptivna statistika tradicionalnih morfometrijskih značajki rakova	27
4.1.2. Analiza varijance	29
4.1.3. Multipla diskriminantna analiza	32
4.2. Rezultati geometrijske morfometrijske analize rakova	41
4.2.1. Generalizirana Prokrustova analiza (GPA)	41
4.2.2. Analiza oblika glavopršnjaka rakova	43
<b>5. RASPRAVA</b>	<b>48</b>

<b>6. ZAKLJUČCI</b>	<b>53</b>
<b>7. LITERATURA</b>	<b>54</b>
<b>8. PRILOZI</b>	<b>60</b>
<b>9. ŽIVOTOPIS</b>	<b>63</b>



# 1. UVOD

## 1.1. Potkoljeno RAKOVI (CRUSTACEA)

Rakovi (Crustacea) pripadaju koljenu člankonožaca, najbrojnijoj i najrasprostranjenijoj skupini organizama. Primarno su vodene životinje koje žive u moru i slatkim vodama, dok je u manjeg broja vrsta prisutan semiterestrički i terestrički oblik života. Raznih su tjelesnih veličina, od mikroskopski sitnih, do golemih. Do sada je zabilježeno preko 40 000 poznatih vrsta rakova (Balian i sur., 2008).

Slatkovodni rakovi su monofiletska grupa (Crandall i sur., 2000), a po sistematskoj podjeli pripadaju koljenu Arthropoda, potkoljenu Crustacea, razredu Malacostraca, koji sadrži oko 25 000 vrsta unutar podrazreda Eumalacostraca i nadreda Eucarida (Longshaw i Stebbing, 2016). Unutar reda Decapoda nalazi se podred Astacida Latreille, 1802 unutar kojeg je, do danas, u svijetu opisano preko 640 slatkovodnih vrsta (Crandall i Buhay, 2008; De Grave i sur., 2009) podijeljenih u dvije natporodice i tri porodice (Holdich, 2002):

### Sistematika:

Koljeno: ARTHROPODA – člankonošci

Potkoljeno: CRUSTACEA – rakovi

Razred: MALACOSTRACA – viši rakovi

Podrazred: EUMALACOSTRACA

Red: DECAPODA – deseteronošci

Podred: ASTACOIDA

Natporodica: ASTACOIDEA

Porodica: CAMBARIDAE

**Porodica: ASTACIDAE**

Rod: *ASTACUS*

**Rod: *AUSTROPOTAMOBIOUS***

Natporodica: PARASTACOIDEA

Porodica: PARASTACIDAE

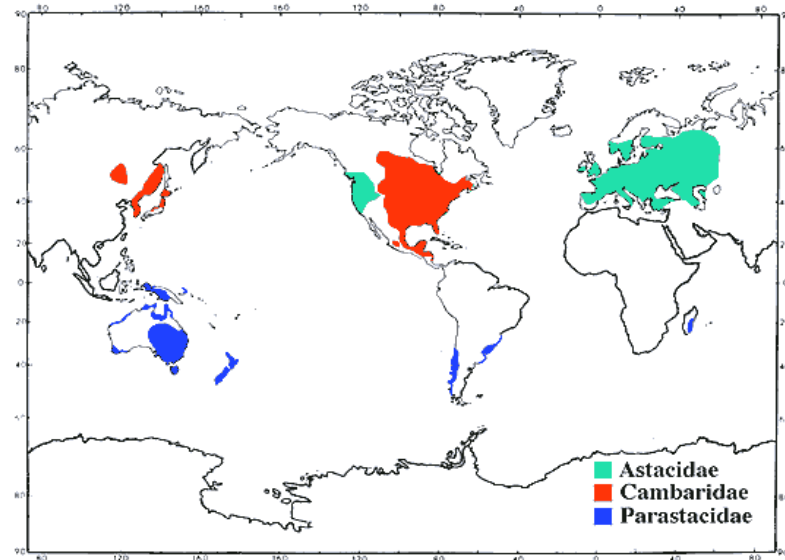
U natporodicu Astacoidea spada porodica Astacidae Latreille, 1802 u kojoj se nalazi vrsta istražena u okviru ovog diplomskog rada: *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803).

### 1.1.1. Klasifikacija i rasprostranjenost pripadnika porodice

#### ASTACIDAE

Natporodica Astacoidea, rasprostranjena na području sjeverne polutke, obuhvaća dvije porodice: Cambaridae, s preko 420 opisanih vrsta u 12 rodova i Astacidae, s 39 opisanih vrsta u 3 roda (Crandall i Buhay, 2008). Areal porodice Astacidae rasprostire se na sveukupno tri kontinenta - Aziju, Europu i Sjevernu Ameriku (Slika 1.). Na području Europe, zapadno od Urala, prirodno obitava samo porodica Astacidae Latreille, 1802 zastupljena s dva autohtona roda: *Astacus* (Fabricius, 1775) i

*Austropotamobius* (Skorikov, 1907) te je zabilježena i prisutnost trećeg roda *Pacifastacus* (Bott, 1950). Vrsta *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) prirodno je rasprostranjena na prostoru Sjeverne Amerike, dok je u Europu unesena te potvrđena kao invazivna vrsta (Maguire, 2010).



**Slika 1.** Geografska rasprostranjenost porodica slatkovodnih rakova u svijetu (izvor: [www.biology-online.org](http://www.biology-online.org)).

Pet autohtonih vrsta slatkovodnih rakova iz porodice Astacidae (Holdich, 2002) su: *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858) - bjelonogi ili primorski rak, *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) - potočni rak ili rak kamenjar, *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) - riječni ili plemeniti rak, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 - uskoškari, turski ili barski rak i *Astacus pachypus* (Rathke, 1837). Filogenetski mlađi rod *Astacus* rasprostranjen je duž cijele Europe izuzev Iberijskog poluotoka. Vrsta plemeniti rak, *A. astacus*, ima široki areal rasprostranjenosti u Europi koji se proteže od Skandinavije na sjeveru, do Francuske na jugozapadu, Rusije na istoku te Italije, Albanije i Grčke na jugu (Cukerzis 1988, Skurdal i Taugbøl, 2002). Nakon pojave bolesti račje kuge (koju uzrokuje patogen *Aphanomyces astaci*), potvrđeno je znatno smanjenje broja populacija plemenitog raka u Europi (Holdich i sur. 2009). Iz tog razloga, mnoge države imaju zakonom reguliranu njihovu zaštitu i hvatanje. Uskoškari rak, *A. leptodactylus*, rasprostranjen je u Aziji i širom Europe, najviše u istočnoj Europi, iako je unesen i u druge europske zemlje te se širi vodenim putovima prema zapadu (Kouba i sur., 2014). Vrsta *A. pachypus* obitava oko Kaspijskog jezera te Crnog i Azovskog mora, a autohtona je u Rusiji, Ukrajini, Azerbajdžanu, Turkmenistanu i Kazahstanu (Machino i Holdich, 2006, Holdich i sur., 2009). Rod *Austropotamobius* ima manji areal čije su granice Britansko otočje na sjeveru, Italija na jugu, Balkanski poluotok na istoku te Iberijski poluotok na zapadu (Hobbs, 1988). Vrsta *A. torrentium* rasprostranjena je na području srednje i jugoistočne Europe, dok vrsta *A. pallipes* naseljava zapadnu i južnu Europu, uključujući i Britansko otočje (Holdich i Lowery, 1988; Kouba i sur., 2014).

Uz prisutnost autohtonih slatkovodnih deseteronožnih rakova, u Europi danas žive i alohtone invazivne vrste. S obzirom na pojavnost, alohtone ili strane invazivne vrste možemo podijeliti na stare i nove. Stare invazivne vrste u Europu unesene su prije 1980 – tih godina, dok su nove unesene nakon prethodno navedenih godina. Najčešće stare invazivne vrste su američke iz porodice Astacidae, konkretno vrsta *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) – signalni rak, zatim pripadnici porodice Cambaridae: *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) – bodljobrادي rak i *Procambarus clarkii* (Girard, 1852). Od novih stranih invazivnih vrsta najpoznatiji su pripadnici porodice Parastacidae. To su australske vrste roda *Cherax* (Erichson, 1846): *Cherax destructor* (Clark, 1936) i *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868). Također, unesene sjevernoameričke vrste roda *Orconectes*: vrsta *Orconectes immunis* (Hagen, 1870), *Orconectes juvenilis* (Hagen, 1870) te *Orconectes* cf. *virilis*. Osim roda *Cherax* i *Orconectes*, unesene su i tri strane vrste roda *Procambarus*: *Procambarus* cf. *acutus*, *Procambarus fallax* f. *virginialis* te *Procambarus alleni* (Kouba i sur., 2014).

U slatkovodnim ekosustavima Republike Hrvatske autohtono su rasprostranjeni rodovi *Astacus* i *Austropotamobius* te alohtoni rodovi *Pacifastacus* i *Orconectes* (Slika 2.). Zabilježene su četiri vrste rakova porodice Astacidae: *A. pallipes*, koji je rasprostranjen na području Like, Dalmacije i nekih dalmatinskih otoka; *A. torrentium*, koji obitava u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske; *A. astacus*, također na području kontinentalne Hrvatske i *A. leptodactylus*, koji se proširio s područja Posavine i Slavonije prema zapadnom dijelu Hrvatske pa ga se može pronaći u rijekama Mrežnici, Dobri i Kupi (Maguire i sur., 2011).



**Slika 2.** Biogeografska rasprostranjenost slatkovodnih rakova u Republici Hrvatskoj. Autohtone vrste prikazane su crnom bojom (podebljana slova označavaju native vrste regije). Alohtone vrste prikazane su crvenom bojom. Imena biogeografskih regija prikazana su sivom bojom (preuzeto iz Maguire i sur., 2018).

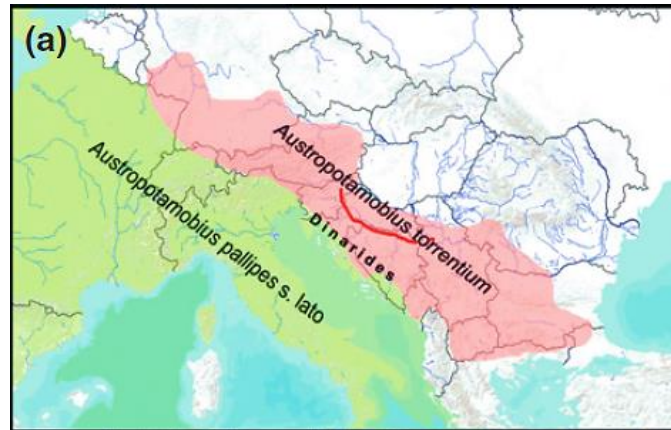
## 1.2. Biologija vrste *Austropotamobius torrentium* (rak kamenjar ili potočni rak)

### 1.2.1. Filogenija vrste

Porodica Astacidae uključuje tri roda: *Astacus*, *Austropotamobius* i *Pacifastacus*, koji su sestrinske skupine (Martin i Davis, 2001). Prema istraživanju Trontelj i sur. (2005) dokazano je da su vrste roda *Austropotamobius* monofiletičkog porijekla te da su sestrinske skupine. Vrsta *A. torrentium* slabije je proučavana na taksonomskoj i filogenetskoj razini, za razliku od vrste *A. pallipes* (Klobučar i sur., 2013).

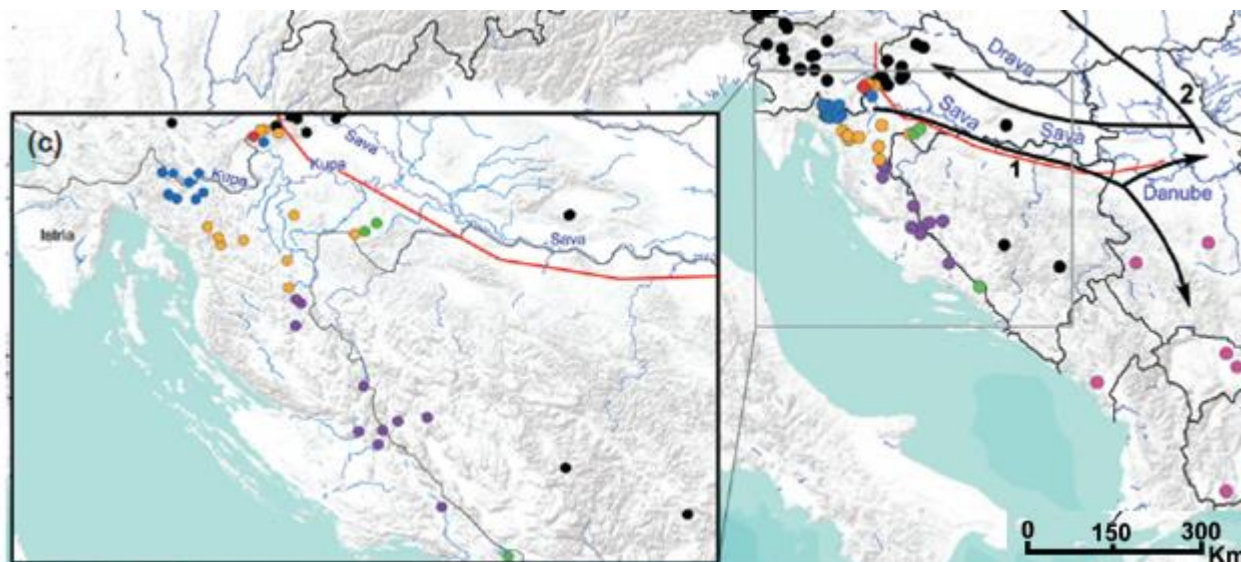
Većina molekularno – filogenetskih istraživanja, u kojima je korištena mitohondrijska DNA, rađena su na vrsti *A. pallipes* (Zaccara i sur., 2004, 2005; Fratini i sur., 2005; Trontelj i sur., 2005; Jelić i sur., 2016). Istraživanja su pokazala da kompleks vrsta *A. pallipes* ima visoku genetsku raznolikost unutar i između različitih populacija. Nadalje, mnogi autori smatraju da postoje dvije dobro definirane vrste unutar ovog kompleksa, *A. pallipes* i *A. italicus*. *Austropotamobius italicus* još uvijek nije taksonomski službeno priznata kao vrsta i trenutno ju se smatra podvrstom, iako ju mnogi autori smatraju odvojenom vrstom (Zaccara i sur., 2004, 2005; Fratini i sur., 2005; Trontelj i sur., 2005; Cataudella i sur., 2006).

Dinarski krš jugoistočne Europe jedno je od najvećih centara bioraznolikosti (engl. „hot spots“) europske bioraznolikosti vrsta (Gaston i David, 1994). Budući da je to područje vrstama predstavljalo važan refugij tijekom Pleistocena, danas regiju karakterizira visoka endemičnost slatkovodne i akvatičke subterestričke faune. Novijim filogeografskim istraživanjima utvrđeno je postojanje višestrukih mikrorefugija nekoliko taksona unutar dinarske regije, tzv. „refugij unutar refugija“ (Verovnik i sur., 2005). Rasprostranjenost slatkovodnih organizama uvelike je posljedica pre – Pleistocenskih promjena u slivovima i izoliranim drenažama te je današnja raspodjela vrsta rezultat Pleistocenskih klimatskih promjena (Klobučar i sur., 2013). Areal roda *Austropotamobius* proteže se duž zapadne, središnje i južne Europe. Međutim, areal vrste *A. torrentium* ograničen je na središnje- i jugoistočnoeuropske riječne tokove dunavskog bazena, za razliku od areala kompleksa vrsta *A. pallipes* koji se gotovo podudara s arealom samog roda (Slika 3.). Alpska i dinarska orogeneza tijekom srednjeg i kasnog Miocena smatraju se važnim uzrokom filogeografskog odvajanja ancestralne populacije koja je, naposljetku, dovela do nastanka ovih dviju različitih vrsta.



**Slika 3.** Karta Europe s područjima rasprostranjenosti pripadnika roda *Austropotamobius* (preuzeto iz Klobučar i sur., 2013).

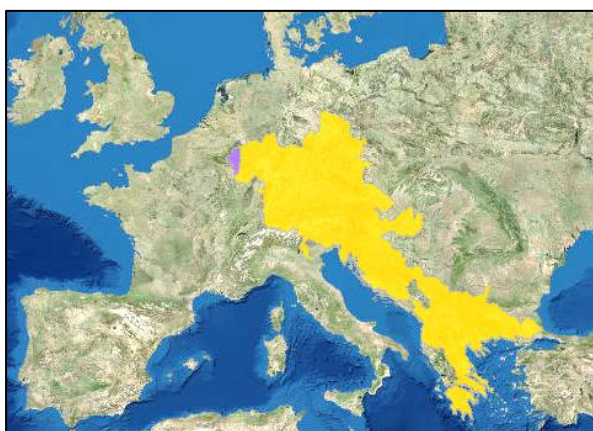
Na temelju analiza mitohondrijske (mt) DNA vrste *A. torrentium* iz čitave Europe (Trontelj i sur., 2005) otkrivena je visoka genetska raznolikost unutar vrste. U svrhu objašnjavanja utjecaja paleogeologije dinarskog krša u evoluciji i oblikovanju genetičke raznolikosti potočnog raka jugoistočne Europe, Klobučar i sur. (2013) su istražili filogeografiju i filogeniju vrste *A. torrentium* analizom gena mitohondrijske citokrom c oksidaze podjedinice 1 (COI) i 16S rRNA gena. U istraživanju je utvrđeno sedam genetički značajno divergentnih filogrupa koje su i geografski definirane. Opseg areala pet filogrupa pripada sjeverno – središnjoj dinarskoj regiji (engl. northern – central Dinaric region, NCD), dok ostale dvije uključuju populacije iz južnog Balkana (engl. southern Balkans, SB) i središnje te jugoistočne Europe (engl. central and south – eastern Europe, CSE). Filogrupe odgovaraju geografskim područjima: ‘Zeleni Vir’ (ZV), ‘Gorski Kotar’ (GK), ‘Žumberak, Plitvice i Bjelolasica’ (ŽPB), ‘Lika i Dalmacija’ (LD), ‘Banovina’ (BAN) – koje pripadaju NCD regiji; ‘južni Balkan’ (SB) i ‘središnja i jugoistočna Europa’ (CSE) (Slika 4.). Otkrivene geografski izolirane i značajno razdvojene monofiletske filogrupe, ukazuju na moguće postojanje kriptičnih vrsta unutar vrste *A. torrentium*. Budući da filogenetski status vrsta *A. pallipes* i *A. torrentium* i dalje nije u potpunosti razjašnjen, potrebna su daljnja istraživanja.



**Slika 4.** Geografska rasprostranjenost različitih filogrupa vrste *A. torrentium* u RH. Simboli na karti: crne točke – filogrupa CSE, narančaste točke – filogrupa ŽPB, plave točke – filogrupa GK, ljubičaste točke – filogrupa LD, zelene točke – filogrupa BAN, crvena točka – filogrupa ZV; roze točke – filogrupa SB, crvena linija – južna granica Panonskog jezera tijekom kasnog Miocena – ranog Pliocena (preuzeto iz Klobučar i sur., 2013).

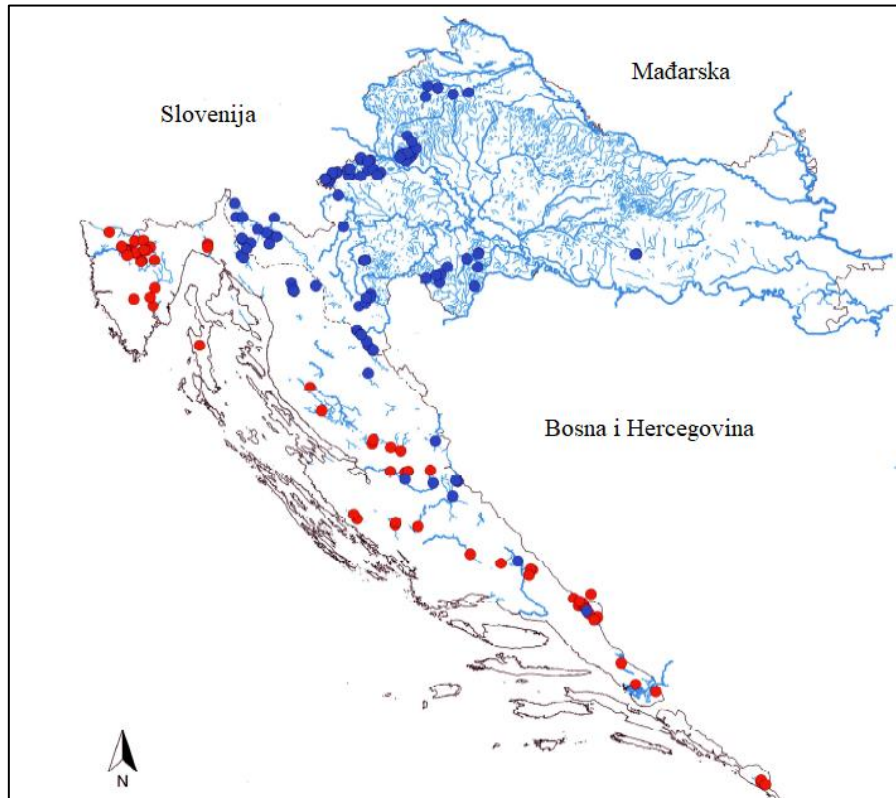
#### 1.2.2. Geografska rasprostranjenost vrste

Rak kamenjar jedna je od četiri autohtone europske vrste koja živi u hrvatskim slatkovodnim ekosustavima. Od svih europskih slatkovodnih rakova *A. torrentium* ima najmanji areal. Ova je vrsta prirodno rasprostranjena u vodama središnje i jugoistočne Europe (Maguire i Gottstein – Matočec, 2004). 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) (Slika 5.). Nedavno je pronađen u Turskoj (Harlioglu i Güner, 2006), ali se ne zna sa sigurnošću je li to njegovo prirodno stanište ili je unesen.



**Slika 5.** Geografska rasprostranjenost vrste *Austropotamobius torrentium* (žuto obojenje: prirodan areal; ljubičasto obojenje: naknadno unesen; izvor: <http://www.iucnredlist.org>).

U Republici Hrvatskoj pronalazimo ga u vodotocima crnomorskog slijeva kontinentalnog dijela, no također je zabilježen i u nekoliko potoka jadranskog slijeva, kao što su pritoke Zrmanje i Krke (Maguire i sur., 2011) (Slika 6.).



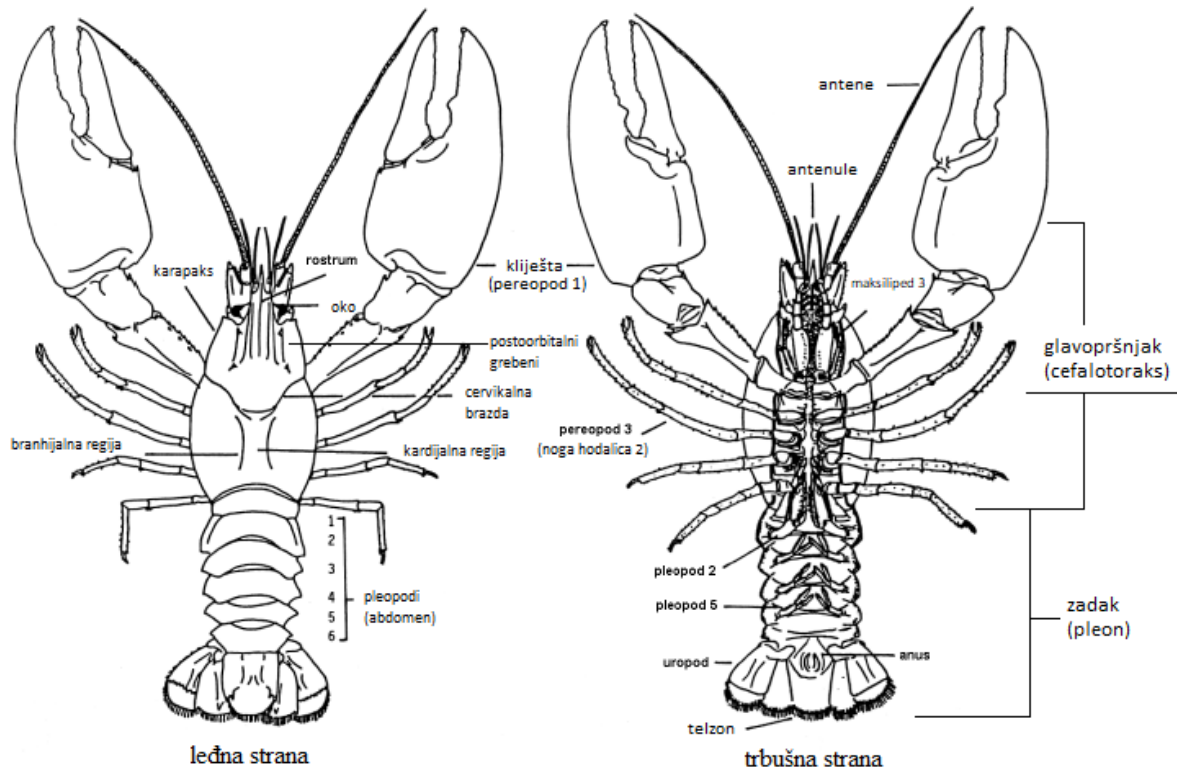
**Slika 6.** Geografska rasprostranjenost vrste *Austropotamobius torrentium* (plave točke) i vrste *Austropotamobius pallipes* (crvene točke) u Republici Hrvatskoj (preuzeto iz Maguire i sur., 2011).

### 1.2.3. Morfološke značajke vrste

Osnovne anatomske značajke jednake su za sve skupine rakova pa tako i za porodicu Astacidae. One se očituju od embrionalnog razvoja životinje. U stadiju ličinke prisutno je dvadeset tjelesnih kolutića, potom u juvenilnom stadiju koji se izliježe iz jaja i kroz odrasli stadij tijelo je građeno od devetnaest tjelesnih kolutića i podijeljeno na funkcionalne cjeline – tagme.

Zajednička morfološka značajka rakova porodice Astacidae jest tagmatizacija tjelesnih kolutića koje tijelo dijeli u dvije funkcionalne regije: anteriorni glavopršnjak (lat. *cefalotorax* ili *cefalopereon*) i posteriorni zadak (lat. *pleon*) (Slika 7.). Glavopršnjak je sastavljen od pet kolutića cefalona koji su srasli s osam kolutića toraksa. Dorzalna strana toraksa prekrivena je kožnim naborom, karapaksom, čija je glavna uloga zaštita tijela i dišnih organa. Na karapaksu se nalazi i granica između cefalona i toraksa, a predstavlja ju transverzalno položena cervikalna brazda. Cefalon se dijeli na protocefalon i gnatoraks. Protocefalon čine pomične stapkaste oči na pokretnim drščima, labrum i dva para ticala

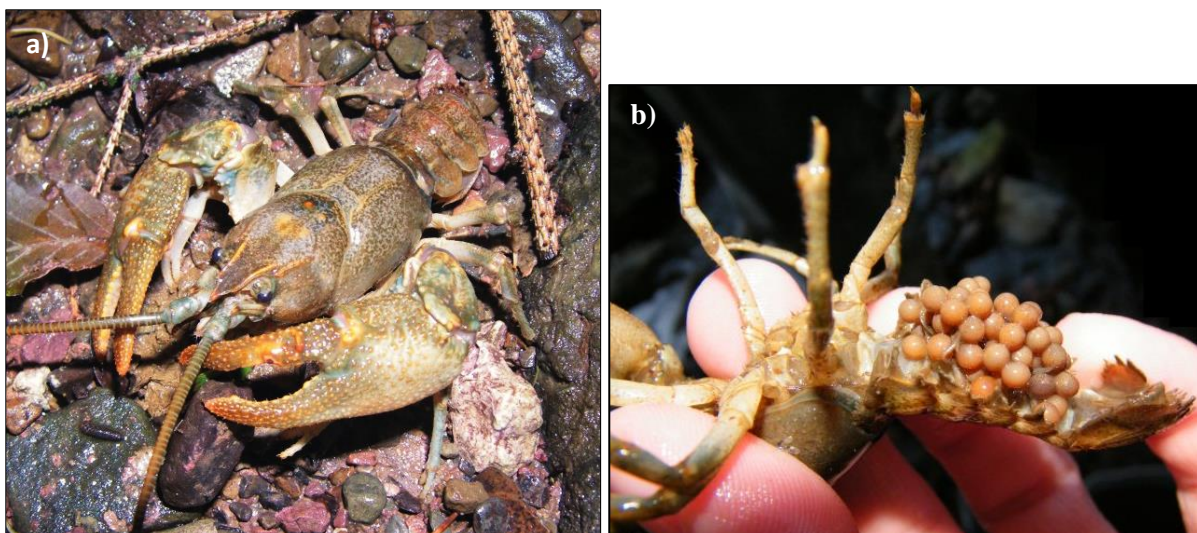
(antenula i antena), dok gnatoraks sadrži usne organe – čeljusti (gornja čeljust, odnosno mandibula i dva para donjih čeljusti, odnosno maksilula i maksila). Na osam pari torakalnih prsnih nogu (pereopoda) prisutne su značajne morfološke promjene. Prva tri para su priklopljena glavi kao čeljusne nožice (maksilipedi), od kojih je prvi par poput čeljusti jako spušten, dok su druga dva para sličnija nogama, samo su mnogo kraća. Ostalih pet pari prsnih nogu su hodalice, a prvi ima krajeve preobražene u kliješta. Upravo im spomenuta raščlanjenost nogu omogućava kretanje po supstratu. Na zatku je smješteno šest pari manjih rašljastih nožica (pleopoda) za plivanje i repne peraje.



**Slika 7.** Opća morfologija raka s leđne i trbušne strane (prilagođeno prema Fürderer i Machino, 2002).

Razdvojena su spola. Kod ženki se spolni otvor nalazi na trećem paru pereopoda, dok je kod mužjaka spolni otvor na petom paru pereopoda. Mužjaci (Slika 8a) imaju prva dva para plivaćih nožica preobražena u organe za parenje (gonopode), a u ženki je prvi par reduciran (Maguire, 2010). Ženke oplodena jaja nose pričvršćena na pleopodima (Slika 8b). Zajednička karakteristika oba spola je preobraženost posljednjeg para začanih nogu u uropode koji s telzonom čine repnu peraju zatka.





**Slika 8. a)** Mužjak potočnog raka; **b)** Ženka potočnog raka s jajima pričvršćenim za pleopodne noge ispod abdomena (izvor:<http://european-crayfish.org>).

Svaki rod i vrsta imaju određena morfološka obilježja po kojima se mogu lako razlikovati u odnosu na druge. Međutim, valja imati na umu kako morfološke značajke vrste nastaju i mijenjaju se pod utjecajem različitih genetičkih faktora kao i adaptacijama na specifične stanišne i ekološke uvjete.

Vrsta *A. torrentium* (Slika 8.) najmanja je vrsta slatkovodnih rakova unutar porodice Astacidae (Maguire i Klobučar, 2011). Jedinke vrste narastu do ukupne dužine tijela (ukupna dužina – od vrha rostruma do kraja telzona) od 11 cm, maksimalno do 15 cm. Mužjaci dosegnu duljinu tijela od 8 do 10,5 cm, a ženke 6 do 9 cm. Karakteristično obojenje tijela je tamnosmeđe do maslinastozeleno, uz rjeđu pojavnost svjetlije ili plavije nijanse. Potočne rakove karakterizira nepostojanje trnova iza cervikalne brazde. Na gornjoj strani karapaksa, iza očiju, nalazi se samo jedan par postorbitalnih grebena, što je ujedno i karakteristika cijelog roda *Austropotamobius*. Glavin šiljak ili rostrum je najčešće oblika jednostraničnog trokuta, uz postojeće intraspecijske varijacije u dužini i obliku apeksa rostruma. U usporedbi s drugim vrstama, rostrum ima manje rostralne trnove. Rostralna rebra su niska, glatka i obično se šire unatrag. Također, prepoznatljiva morfološka karakteristika vrste su debela, široka kliješta s jakim udubljenjem na nepokretnom prstu. U rakova je prisutan spolni dimorfizam; nakon postizanja spolne zrelosti mužjacima alometrijski rasu kliješta, a ženkama zadak (kao prilagodba za nošenje jaja) (Maguire, 2010).

### 1.2.3. Biologija vrste

**Stanište.** Vrsta je prilagođena na hladnije uvjete te nastanjuje izvorišne i gornje dijelove manjih lotičkih sustava na višim nadmorskim visinama s kamenom podlogom. Jedinkama odgovaraju hladnije temperature vode do 10 °C (Maguire i Gottstein – Matočec, 2004) s koncentracijom kisika iznad 4 mg / L (Maguire, 2002). Najvažniji faktor u odabiru staništa jest tip supstrata na dnu vodotoka

(Capelli i Magnusson, 1975; Lodge i Hill, 1994), koji je za ovu vrstu vidljiv iz samog imena – kameni supstrat / dno. Fizikalni i kemijski parametri vode također su važni faktori koji određuju gustoću populacije i aktivnost jedinki tijekom godine (Maguire i sur., 2002). Vrsta *A. torrentium* izrazito je netolerantna na zagađenje vodenih tokova (Machino i Füreder, 2005) zbog čega preferira staništa visoke kvalitete vode.

Rakovi su aktivni noću, dok tijekom dana miruju u zaklonima koje im pruža raznolikost samog staništa. Gustoća populacije rakova u određenom staništu proporcionalna je relativnoj količini potencijalnih zaklona. Zakloni mogu biti skloništa pod kamenjem, korijenjem ili rupama koje jedinke buše u obalama potoka i rijeka u svrhu izbjegavanja predacije ili vodenih struja (Schulz i Kirchlechner, 1984; Streissl i Hodl, 2002a; Maguire i sur., 2002). Ujedno, razvijena obalna vodena vegetacija uz korita vodotoka također je važan oblik skloništa te je nužan faktor u održavanju temperature vode stalnom. Teritorijalno ponašanje potvrđeno je u slučaju nedostatka prostora i periodu razmnožavanja.

Važnost raka kamenjara kao konzumenta u prehranbenim mrežama slatkovodnih ekosustava očituje se iz činjenice da su svejedi. Hrane se konzumirajući vodenu i poluvodenu vegetaciju, beskralježnjake bentosa te detritus, čime utječu na brojnost populacija riba i vodozemaca, biomasu makrofita i akvatičkih biljaka (Gottstein i sur., 1999; Nyström, 2002). Također, predstavljaju hranu brojnim vodenim i terestričkim predatorima (Maguire, 2010), tako da ih se smatra ključnim vrstama i važnim pokretačima u kruženju organskih tvari (Creed, 1994; Nyström i sur., 1996).

**Reprodukcijski ciklus.** Spolno razmnožavanje je zasigurno dominantna strategija razmnožavanja u dosad otkrivenom svijetu eukariota. Događaji povezani s takvim razmnožavanjem ne označavaju borbu za opstanak, već borbu mužjaka za naklonost ženke. Prednost takvog načina razmnožavanja svakako je proizvodnja genetski varijabilnog potomstva prilagodljivog promjenama okoliša, odnosno takozvani „efekt Crvene kraljice“ (Van Valen, 1973). Razmnožavanje rakova i reprodukcijski ciklus porodice Astacidae ovise o klimatskim uvjetima, uvjetima staništa te posebno o temperaturi (Reynolds, 2002). Potočni rakovi spolnu zrelost postižu pri ukupnoj dužini od 5,4 cm u drugoj ili trećoj godini života. U našim krajevima, sezona parenja potočnog raka započinje u studenom, kad opadnu temperature te su mužjaci i ženke aktivniji, u trajanju od dva do tri tjedna. Nakon parenja, od nekoliko sati do šest tjedana, samo u 50 – 60 % slučajeva dolazi do oplodnje i izlijevanja jajašaca (Reynolds, 2002). Temperatura vode glavni je faktor koji uvjetuje razvoj jajašaca i vrijeme izlijevanja. Ženke nose oplođena jaja na pleopodnim nožicama ispod abdomena sve do lipnja sljedeće godine, kada se naposljetku izliježu juvenilne jedinke (Maguire, 2010; Slika 8b). Utvrđeno je postojanje pozitivne korelacije između veličine ženke i broj jajašaca; veće ženke nosit će više jajašaca (Taugbøl i sur., 1988). U ženki potočnog raka zabilježeno je do 100 pleopodnih jaja (Maguire, 2005). Nakon što se juvenilni rakovi izlegu, nekoliko dana žive na ili u blizini majke, a zatim postaju samostalni (Holdich, 2002). Juvenilne jedinke nastavljaju rasti kroz periodična presvlačenja tijekom

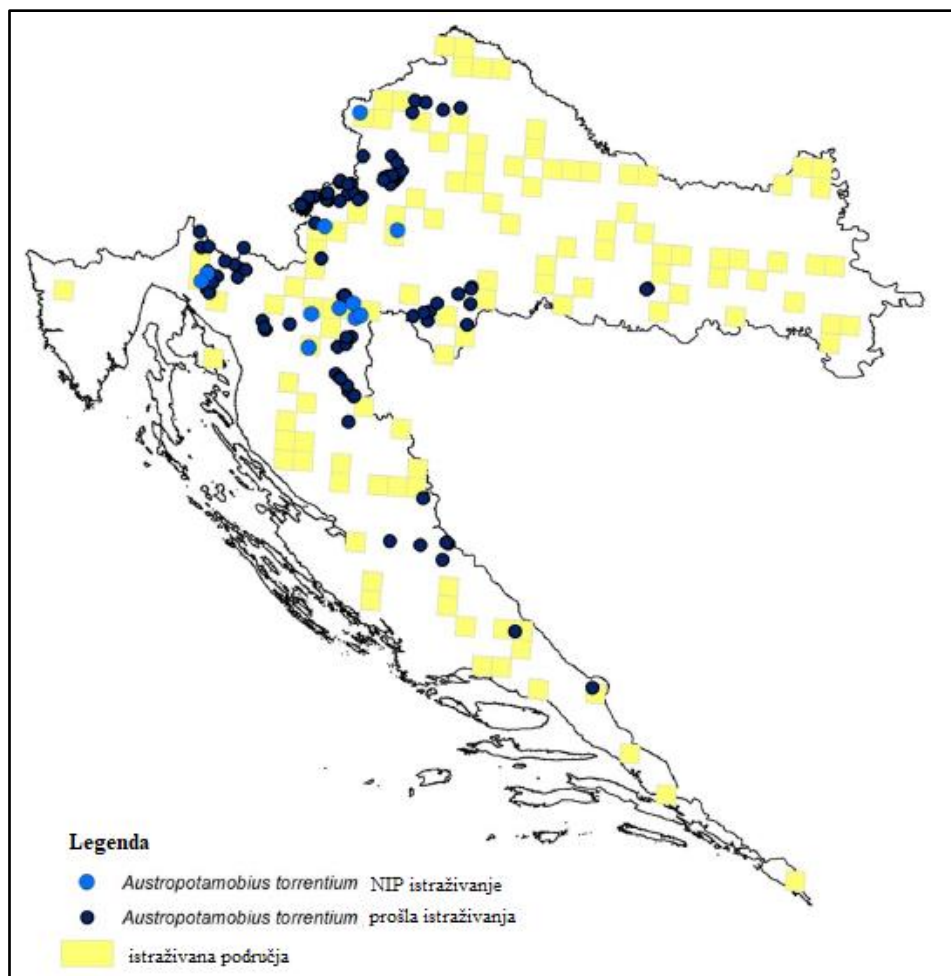
toplijeg dijela godine. Dostupnost hrane i temperatura uvjetuju frekvenciju presvlačenja i prirast u veličini; u povoljnijim uvjetima jedinke se češće presvlače (Reynolds, 2002). Broj presvlačenja opada starenjem i postizanjem spolne zrelosti, zbog čega je vrijeme između dva presvlačenja kraće u juvenilnih nego u adultnih jedinki (Ackefors i sur., 1995).

#### 1.2.4. Ugroženost i zaštita vrste

U vidu konzervacijske biologije, među znanstvenicima je prepoznata sve veća potreba za praćenjem stanja biološke raznolikosti slatkovodnih ekosustava u svrhu određivanja i kvantifikacije učinaka ljudskih aktivnosti. Zbog nedostatka konzervacijskih strategija u cilju otklanjanja štetnih promjena u slatkovodnim staništima, u Republici Hrvatskoj povećava se vjerojatnost gubitka raznolikih staništa i pripadajuće faune.

Prije petnaestak godina, u slatkovodnim ekosustavima Republike Hrvatske prirodno su obitavale samo europske autohtone rakova (Maguire i Gottstein – Matočec, 2004). Posljednjih desetljeća zabilježen je značajan pad u brojnosti prirodnih populacija potočnog raka, najviše kao posljedica antropogenog utjecaja na njegovo stanište. Njegova su prirodna staništa često izolirana i međusobno odvojena barijerama te kada dođe do nestanka lokalne populacije, ne dolazi do prirodne rekolonizacije (Maguire i sur., 2018). Antropogeni utjecaj očituje se ponajviše kroz uništavanje staništa što posljedično uzrokuje fragmentaciju i degradaciju prirodnog staništa. Sužavanje poplavnih riječnih dolina, kao posljedica kanaliziranja i ukapanja rijeke u korito, dovodi do sušenja poplavnih šuma, što ima dugoročne negativne posljedice na mnogobrojne slatkovodne ekosustave i pripadajuće zajednice rakova te ostalih slatkovodnih organizama. U Europi i Hrvatskoj je regulacija korita prisutna u više od 80 % vodotoka ( <http://www.ecrr.org/RiverRestoration/Whyrestorerivers/tabid/2642/Default.aspx> ). Samim time, u poplavnim dolinama velikih rijeka drastično je promijenjen prirodni režim plavljenja (riječne doline slijevova Save, Drave, Mirne, Raše i dr.), uz veće oscilacije razina vode u koritima tijekom godine (Gottstein i sur., 2012). Dodatno, unošenjem anorganskih spojeva (teški metali, nitrati, nitriti) i organskih spojeva (pesticidi) pogoršava se kvaliteta vode / staništa, a time povećava ugroženost vrsta. Prekomjernim nekontroliranim izlovom vrste uvelike se smanjuje broj populacija (Taylor, 2002; Maguire i sur., 2011). Osim nabrojanih negativnih antropogenih utjecaja, vrsta je ugrožena i zbog širenja invazivnih alohtonih vrsta (Huber i Schubart, 2005), bilo prirodnim tijekom bilo protuzakonitim unošenjem vrsta. Njihova prisutnost svakako mijenja biološku raznolikost i rasprostranjenost autohtonih prirodnih populacija rakova (Slika 9.). Naposljetku, alohotne vrste dominiraju u kompeticiji za hranom i staništem (Holdich i sur., 1999), a isto tako su dokazani vektori širenja bolesti račje kuge (uzročnik je patogen *Aphanomyces astaci*) na koju su same otporne, a koja je letalna po native vrste. Pretpostavlja se kako recentne izolirane populacije autohtonih slatkovodnih rakova predstavljaju ostatke prostrane rasprostranjenosti vrsta u prošlosti (Entz, 1914; Maguire i sur,

2018). Posljedično, takve fragmentirane populacije postanu ugrožene zbog nedostatka povezanosti među njima koji dovodi do umanjenog protoka gena te naposljetku smanjene genske raznolikosti i mogućeg izumiranja populacija (Keller i Waller, 2002).



**Slika 9.** Populacije *Austropotamobius torrentium* zabilježene u recentnim istraživanjima (2014. – 2016. ) (svjetlo – plave točke) i u prošlim istraživanjima (prije 2011.) (tamno – plave točke) (preuzeto iz Maguire i sur., 2018).

Iz navedenog vidimo s kolikom se prijetnjama slatkovodni rakovi suočavaju, a posebno treba naglasiti da većina slatkovodnih rakova ima usku ekološku valenciju što ih čini još ugroženijima (Crandall i Buhay, 2008). Potočni rak se nalazi na Crvenom popisu ugroženih svojiti Međunarodne unije za očuvanje prirode (IUCN) u kategoriji nedovoljno poznate vrste (“DD”, engl. *data deficient* (Füreder i sur., 2010)). Zakonskom zaštitom, vrsta *A. torrentium* uvrštena je na Dodatak III Konvencije o zaštiti europskih divljih vrsta i prirodnih staništa (Bernska konvencija, 2002) te na Dodatak II i Dodatak V Direktive o zaštiti prirodnih staništa i divlje faune i flore (c.f. Maguire, 2010). U Republici Hrvatskoj, prema Gottstein i sur. (2011), vrsta *A. torrentium* uvrštena je u Crveni popis rakova slatkih i bočatih voda Hrvatske kao osjetljiva vrsta (“VU“, engl. *vulnerable*) prema kriteriju procjene A2bce. Također, vrsta je zaštićena Zakonom o zaštiti prirode (NN 80 / 13) i Pravilnikom o strogo zaštićenim vrstama (NN 144 / 13).

### 1.3. Morfometrija u znanstvenim istraživanjima

Morfometrija, kao grana morfologije, na kvantitativan način opisuje, analizira i interpretira promjene veličina i oblika morfoloških cjelina upotrebom statističkih metoda na osnovu podataka dobivenih mjerenjima (Rohlf, 1990). Morfološke cjeline predstavljene su strukturnim elementima različitih faza ontogenetskog razvoja organizma (Koehl, 1996). Morfometrija ima veliki značaj i primjenu u mnogim biološkim disciplinama kao što su razvojna biologija, genetika, ekologija, sistematika i druge. Prema Sint i sur. (2005), morfometrijska mjerenja vrlo se često koriste za istraživanje intra- i interspecijskih razlika rakova. Na osnovu fenotipske varijabilnosti također je moguće kvantificirati stupanj integracije morfoloških cjelina koje pokazuju različit stupanj razvojnih i funkcionalnih odnosa (Cheverud, 1995; Miller i sur., 1999). Morfološke / tjelesne mjere karakteristične su za pojedinu vrstu i populaciju uz veće ili manje varijacije. Te morfološke varijacije nastaju kao posljedica različitih genetičkih faktora (genotip, mutacije) te adaptacija na specifične stanišne i ekološke uvjete (razvojne promjene u obliku).

U suvremenim biološkim istraživanjima, proučavaju se strukturni oblici određene morfološke cjeline, odnosno morfometrijske karakteristike. Glavni cilj jest različitim univarijantnim i multivarijantnim statističkim metodama utvrditi odnose veličine i oblika morfološke cjeline, stupanj razlike u veličini i obliku promatrane cjeline između različitih intraspecijskih entiteta (populacija, spolova, dr.) kao i između grupa različitih taksona (Ivanović i Kalezić, 2009).

Unutar morfometrije mogu se razlikovati dva pristupa: tradicionalna (klasična) i geometrijska morfometrija, pri čemu tradicionalne analize pokazuju određena ograničenja u odnosu na geometrijske.

#### 1.3.1. Tradicionalna (klasična) morfometrija (TM)

Tradicionalna morfometrija (dalje u tekstu TM) predstavlja spoj kvantitativne morfologije (s podacima dobivenim mjerenjem morfoloških cjelina) i statističkih metoda (za obradu tih podataka). Metode TM uključuju računanje udaljenosti bez uzimanja u obzir geometrijske konfiguracije značajki (Holland, 2009). Ulazni podaci za ove analize su izmjerene vrijednosti dimenzija vanjskih morfoloških cjelina i unutrašnjih anatomskih dimenzija. Potrebni podaci se prikupljaju mjerenjem morfometrijskih varijabli (duljina, širina, visina, itd.) kao i mjerenjem udaljenosti između jasno definiranih točaka određene morfološke cjeline. Dobivene vrijednosti analiziraju se različitim uni- i multivarijantnim statističkim metodama. Najveća prednost metoda TM je njena jednostavnost, iako mjerenje linearnih udaljenosti u korelaciji sa veličinom može otežati analizu. Drugi problem pri primjeni ove metode jest da se mjerenjem dva različita oblika mogu dobiti isti rezultati, jer podaci ne uključuju lokaciju gdje je izvršeno mjerenje. Također, nije moguće rekonstruirati grafički prikaz oblika iz uzetih mjerenja. U svrhu nadilaženja ovih problema, razvijena je sofisticiranija metoda – geometrijska morfometrija.

### 1.3.2. Geometrijska morfometrija (GM)

Za razliku od TM kod koje se koriste mjere duljina, geometrijska morfometrija (dalje u tekstu GM) analizira položaj jasno definiranih specifičnih (karakterističnih) točaka mjerenja (engl. *landmark* i *semilandmark*), tj. njihove koordinate. Ova metoda pruža kvantifikaciju i vizualizaciju razlika u obliku bilo koje morfološke strukture, bila ona dvodimenzionalna ili trodimenzionalna (Adams i sur., 2013). Metode GM omogućavaju analize veličine i oblika morfološke cjeline kombinacijom uni- i multivarijantnih statističkih metoda i metoda direktnog grafičkog predstavljanja varijabilnosti oblika. Umjesto primjene multivarijantnih statističkih metoda koje obrađuju izmjerene podatke morfoloških cjelina (duljina, širina, visina itd.), matematički oblik morfoloških cjelina ispituje se preko njihove geometrije. Geometrijske definicije oblika čini set značajki (proporcije, kutovi, relativan strukturalni raspored), a ishodišna osnova je raspored ili konfiguracija specifičnih točaka u dvije ili tri ravnine prostora (Rohlf, 2000; Adams i sur., 2004).

GM ima veliku “statističku osjetljivost” kojom se mogu otkriti male promjene u obliku morfoloških cjelina, a koje se ne mogu utvrditi TM metodama (Klingenberg, 2002). Također, metoda omogućuje analizu cijelog oblika jedinke, neovisno o veličini, a rezultati daju jasna, logička razdvajanja veličine i oblika koji su konceptualno različiti jedan od drugoga, iako mogu biti u korelaciji (Klingenberg, 2015).

U GM, mjeru veličine mjerene morfološke cjeline predstavlja veličina centroida ili geometrijskog centra (engl. *centroid size*, CS) koja se definira kao mjera disperzije (raspršenja) specifičnih točaka od središta mjerenog oblika, a izračunava se kao kvadratni korijen zbroja kvadratnih udaljenosti specifičnih točaka od središta konfiguracije (Bookstein, 1991). Vrijednost veličine centroida direktno zavisi o broju i rasporedu specifičnih točaka, zbog čega je nužno odrediti veličine centroida izračunate na osnovu identičnog koordinatnog rasporeda specifičnih točaka. U GM, oblik morfološke cjeline definiran je kao sveukupnost geometrijske informacije koja ostaje nakon uklanjanja efekata veličine, položaja i orijentacije (Kendall, 1977; Dryden i Mardia, 1998; Klingenberg i Monteiro, 2005). Najčešće korištena procedura uklanjanja efekata veličine, položaja i orijentacije je generalizirana Prokrustova analiza (engl. *general Procrustes analysis* – GPA) odnosno Prokrustova superimpozicija (poravnavanje) (Rohlf i Slice, 1990; Dryden i Mardia, 1998, citirano iz Klingenberg, 2013; Rohlf, 1999). Osnovni postupci Prokrustove superimpozicije su skaliranje, translacija i rotacija konfiguracija specifičnih točaka, čime se zadržavaju samo informacije koje su direktno vezane za razlike u obliku. Koordinate specifičnih točaka, koje se računaju Prokrustovom superimpozicijom, predstavljaju Prokrustove koordinate. One nose informacije o obliku određene konfiguracije (analizirane morfološke cjeline) i predstavljaju varijable oblika, odnosno polazne podatke za daljnje multivarijatne analize varijabilnosti oblika (Dryden i Mardia, 1998, citirano iz Klingenberg, 2013). Ukupna varijabilnost oblika uključuje alometrijsku (promjene oblika kao rezultat razlika u veličini) i ne-alometrijsku komponentu (promjene oblika kako rezultat djelovanja svih ostalih

faktora izuzev alometrije). Prokrustova udaljenost, kao linearna mjera udaljenosti između točaka, upotrebljava se u GM kao osnovna mjera razlika u obliku (Bookstein, 1991). Vizualizacija promjena oblika leži u samoj suštini GM. Jedna od ključnih prednosti GM je ta što se razlike u obliku mogu vizualno predstaviti direktno kao kompjuterske ilustracije. Različite metode vizualizacije mogu predstaviti kompleksne morfološke promjene mnogo efikasnije nego tablice koeficijenata (do kojih se dolazi TM analizom). U GM se koristi veliki broj različitih vrsta vizualizacija i promjena oblika. Iako postoji više načina vizualnog prikaza promjena oblika (Klingenberg, 2013), najčešće se koriste TPS (engl. *Thin Plate Spline*) deformacijske mreže. Njihova upotreba zasniva se na korištenju tzv. idealno tanke beskonačne metalne ploče (engl. *Thin Plate Spline*, TPS) koja se nalazi između konfiguracija specifičnih točaka koje se poravnaju i koja će se deformirati (istezati ili skraćivati) kako bi se odgovarajuće specifične točke ovih dvaju konfiguracija poklopile (Zelditch i sur., 2004).

Geometrijska morfometrija već oko dvadesetljeća nalazi primjenu u biološkim disciplinama pri rješavanju različitih bioloških problema. Značajno je istaknuti njenu primjenu u mamalogiji, ihtiologiji, kao i u najrazličitijim taksonomskim, ekološkim i evolucijskim istraživanjima varijabilnosti veličine i oblika tijela, pojedinih tjelesnih cjelina, kao i glavenog skeleta životinja. Međutim, dosadašnja istraživanja morfološke varijabilnosti rakova i vrste *A. torrentium* bazirana su isključivo na upotrebi tradicionalne morfometrije. Detaljnom pretragom sekundarnih baza podataka (Web of Science) nije pronađen niti jedno sveobuhvatno istraživanje većeg broja populacija potočnog raka te niti jedan rad koji opisuje geometrijske morfometrijske značajke vrste *A. torrentium*. U ovom istraživanju korištene su analize tradicionalnih i geometrijskih morfometrijskih značajki različitim statističkim metodama kako bi se odredile / utvrdile one značajke koje doprinose diskriminaciji istraživanih populacija potočnih rakova.

#### 1.4. Dosadašnja morfometrijska istraživanja vrste

Adaptacije životinja na specifičan okoliš očituju se promjenama u genotipu i fenotipu jedinki (Swain i Foote, 1999). Genetičkom diferencijacijom i / ili morfološkim varijacijama istog genotipa može doći do nastanka izoliranih, genetski samoodrživih populacija iste vrste. Fenotipske promjene mogu ukazati na početak diferencijacije takvih populacija prilikom koje još uvijek ne dolazi do promjena genotipa. U tom slučaju, morfološke promjene su pogodne za istraživanja kratkoročnih posljedica i započete diferencijacije (Begg i sur., 1999). Morfometrijska mjerenja često se koriste kako bi se istražile razlike među vrstama i populacijama slatkovodnih rakova (Grandjean i sur., 1997a; Grandjean i sur., 1997b; Grandjean i Souty – Grosset, 2000; Sint i sur., 2005; Maguire i sur., 2006; Sint i sur., 2006; Sint i sur., 2007). Uključivanjem velikog broja mjerenih morfometrijskih značajki na velikom uzorku, morfometrijska analiza postala je široko korišten i pouzdan alat u usporedbama populacija i utvrđivanju značajnih razlika između njih (Maguire i Dakić, 2011; Sint i sur., 2005; Maguire i sur., 2017). Iako su molekularna istraživanja sve češća i uobičajena i dalje se treba oslanjati

na morfometriju / morfologiju. Prednosti primjene morfometrijskih metoda su tehnička jednostavnost, ekonomičnost i pouzdanost zbog čega se koriste u mnogim istraživačkim i znanstvenim radovima.

### 1.5. Dosadašnja istraživanja glavopršnjaka (lat. *cephalotorax*) kao model sistema u GM rakova

Scalici i Gibertini (2009) uočavaju značajne varijacije u obliku i veličini cijelog glavopršnjaka vrste *A. pallipes*, kao morfološke strukture podložne ontogenetskim promjenama te razlikama među spolovima (spolni dimorfizam) adultnih jedinki rakova. Većina ontogenetskih promjena u obliku karapaksa (prvenstveno gledajući relativno skraćivanje rostruma te lateralno izduživanje cijelog glavopršnjaka) događa se nakon postizanja spolne zrelosti (Scalici i sur. 2010). Ovakvi oblici varijacija mogu dovesti do pogrešne analize i konfuzije u tumačenju rezultata u komparativnim istraživanjima različitih populacija iste vrste. U daljnjem istraživanju, Scalici i sur. (2010) odredili su na anteriornom dijelu glavopršnjaka (skraćeno CAP; od vrha rostruma do cervikalne brazde) specifične točke mjerenja koje nisu pod utjecajem spolnog dimorfizma te su na taj način izbjegli moguća pogrešna tumačenja. Glavopršnjak je odabran kao morfološka cjelina od interesa proučavanja zbog važnosti rostruma kao determinacijske strukture u morfologiji rakova (Lauren i Suscillon, 1962; Albrecht, 1982). U prvotnom istraživanju vrste *A. pallipes*, Albrecht (1982) je opisao varijacije u obliku rostruma s obzirom na geografsku rasprostranjenost i areal. Rezultatima je potvrdio da se omjer duljine vrha (lat. *apex*) rostruma spram ukupne duljine rostruma ( $A / R$ ) mijenja ovisno o geografskom podrijetlu rakova.

Kako bi se utvrdilo podudaraju li se varijacije oblika rostruma različitih populacija vrste *Austropotamobius torrentium* s utvrđenom molekularnom varijabilnošću (Klobučar i sur., 2013), u ovom diplomskom radu istražena je anteriorna regija glavopršnjaka, kao model sistem, po uzoru na prethodno navedena istraživanja srodne vrste *A. pallipes* (Scalici i sur., 2010, Scalici i sur., 2012). Opisane su nove specifične točke mjerenja koje su detaljno prikazane u poglavlju 3.4.4.



## 2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Osnovni cilj ovoga diplomskog rada je utvrditi postoje li razlike u morfometrijskim značajkama između istraživanih populacija vrste *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803), sakupljenih na različitim lokalitetima u kontinentalnoj, alpinskoj i mediteranskoj biogeografskoj regiji Republike Hrvatske.

Specifični ciljevi su:

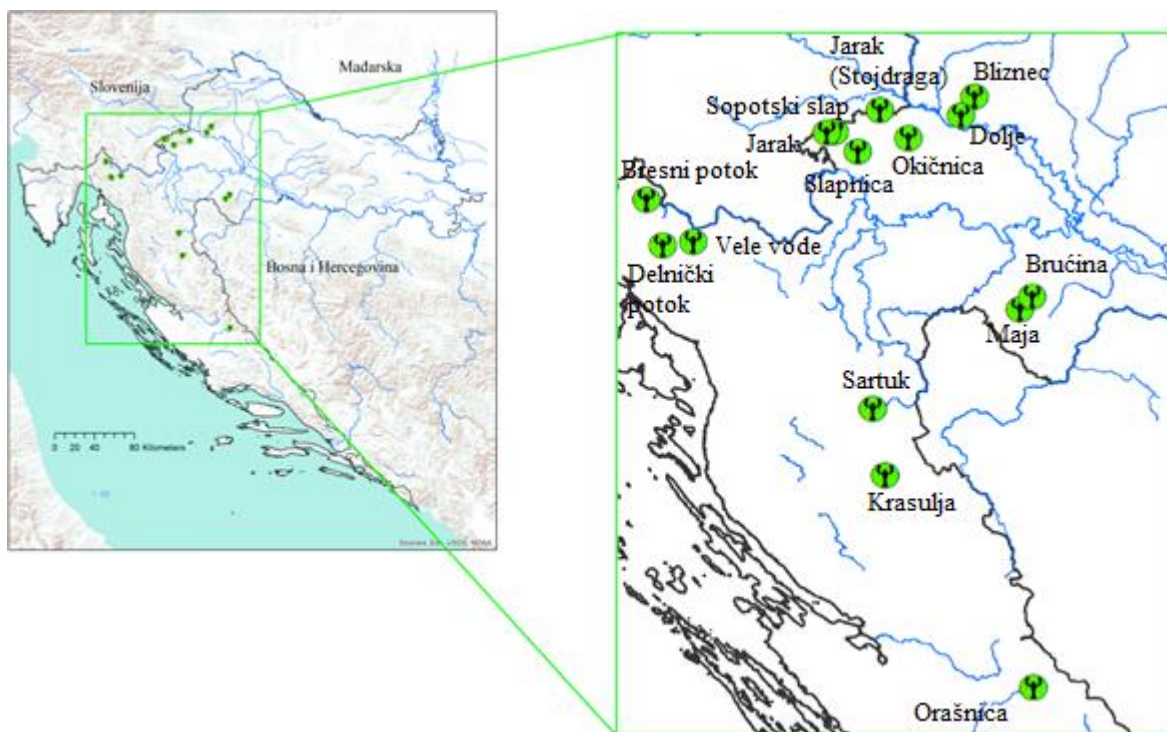
1. Ukoliko razlike postoje, utvrditi one morfometrijske značajke po kojima se jedinice različitih populacija značajno razlikuju, odnosno koje najviše doprinose njihovoj diskriminaciji.
2. Po prvi puta upotrebom geometrijske morfometrije istražiti i kvantificirati morfološku raznolikost oblika glavopršnjaka (s naglaskom na rostrum) populacija potočnog raka s različitih lokaliteta.
3. Utvrditi je li upotreba geometrijsko morfometrijske tehnike u istraživanjima adekvatna za utvrđivanje razlika oblika i veličina promatranih morfoloških struktura te njihovu primjenjivost u populacijsko – ekološkim istraživanjima.
4. Usporediti rezultate tradicionalne morfometrije, geometrijske morfometrije i rezultate prethodnih molekularno – filogenetskih analiza vrste.

Ovo je prvo takvo istraživanje vrste *A. torrentium* te će rad svakako pridonijeti saznanjima o tradicionalnim i geometrijskim morfometrijskim značajkama potočnih rakova na europskoj razini.

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Područja uzorkovanja rakova unutar biogeografskih regija RH

Jedinke vrste *Austropotamobius torrentium* proučavane u analizama morfološke varijabilnosti prikupljene su na petnaest lokaliteta na teritoriju Republike Hrvatske: Orašnica, Krasulja, Bresni potok, Slapnica, Jarak, Sopotski slap, Sartuk, Vele vode, Delnički potok, Maja, Brućina, Bliznec, Dolje, Okičnica i Jarak (Stojdraga) u sklopu HRZZ projekta „Klimatske promjene i invazivne vrste – utvrđivanje utjecaja na bioraznoliost nativnih slatkovodnih rakova i pastrva i njihova konzervacija“. (Slika 10., Tablica 1.). Lokaliteti su odabrani na temelju prethodnih molekularnih istraživanja kako bi se uključile populacije potočnih rakova iz svih prethodno utvrđenih mt DNA filogrupa.



**Slika 10.** Karta Republike Hrvatske s 15 označenih lokaliteta na kojima su provedena uzorkovanja potočnih rakova (karta je napravljena u programskom paketu ArcGis 10.3).

**Tablica 1.** Lokaliteti na kojima su prikupljeni uzorci rakova za analize.

Biogeografske regije RH	Filogrupe (mtDNA)	Lokalitet	Koordinate lokaliteta		Broj analiziranih jedinki rakova (N)
			X	Y	
Kontinentalna	BAN	Brućina	477788	5013678	20
Kontinentalna	BAN	Maja	473943	50009477	22
Alpinska	LD	Krasulja	430541	4952682	33
Mediterranska	LD	Orašnica	478256	4880202	28
Alpinska	GK	Bresni potok	354015	5046969	1
Alpinska	GK	Delnički potok	359188	5031201	16
Alpinska	GK	Vele vode	368877	5032583	13
Kontinentalna	ŽPB	Slapnica	421899	5063418	5
Kontinentalna	ŽPB	Jarak	411911	5069715	10
Kontinentalna	ŽPB	Sopotski slap	414284	5069944	9
Kontinentalna	ŽPB	Sartuk	426707	4975530	11
Kontinentalna	CSE	Bliznec	459352	5082062	14
Kontinentalna	CSE	Dolje	454931	5075735	20
Kontinentalna	CSE	Okičnica	438026	5067895	32
Kontinentalna	CSE	Jarak (Stojdraga)	428956	5077465	21

### 3.2. Lov i uzorkovanje rakova

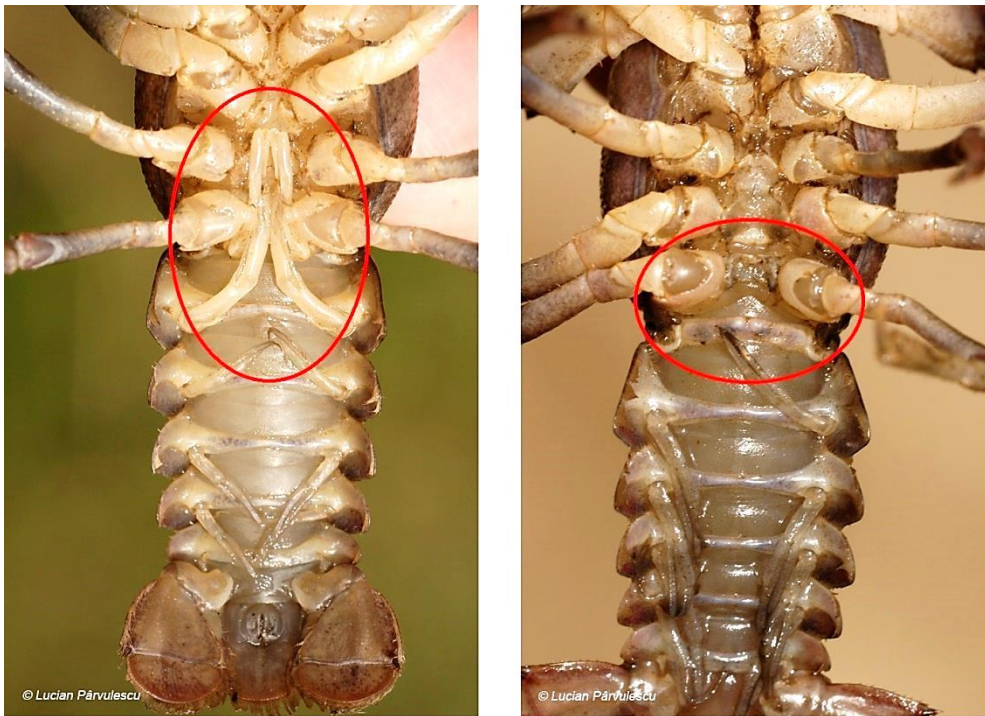
Jedinke su lovljene u periodu od početka travnja do kraja listopada 2017. godine. Uzorkovanje je provedeno posebno konstruiranim vršama za lov rakova (Maguire, 2002) (Slika 11.) te rukama. Vrše s mamcem (hrenovke) su u vodotoke stavljane navečer te su u potoku ostajale do idućeg jutra, dok je lov rukama obavljen nakon zalaska sunca. Vrše su provjerene drugo jutro. Nakon lova, jedinke rakova obrađene su i determinirane do vrste te potom puštene natrag u stanište, dok je dio jedinki stavljan u posebno označene posude te dopremljen u laboratorij za dodatne analize.



**Slika 11.** Primjer postavljene vrše uz rub potoka.

### 3.3. Određivanje vrste i spola rakova

Svi ulovljeni rakovi su pripadali ciljanoj vrsti *Austropotamobius torrentium* – potočni rak (ključevi za određivanje Astacidae, Füreder i Machino, 2002; Maguire, 2002). Spol potočnih rakova se određivao po prisutnosti odnosno odsutnosti prvih parova začanih nogu (pleopoda). Ženke imaju reduciran prvi par pleopoda, a mužjaci ih imaju preobražene u gonopode – organe za kopulaciju (Slika 12.). Isto tako, mužjake možemo prepoznati po tome što im je spolni otvor smješten na petom paru pereopoda, dok je kod ženki spolni otvor u kukovima trećeg para pereopoda.



**Slika 12.** Spolni dimorfizam potočnog raka; lijevo: mužjak raka, desno: ženka raka (izvor: <http://www.crayfish.ro/torrentium.html>).

### 3.4. Morfološka varijabilnost rakova

Morfološka varijabilnost jedinki vrste *Austropotamobius torrentium* je proučena tradicionalnom (Slika 13.) i geometrijskom morfometrijom. Ispitana je morfološka varijabilnost cijelog tijela raka s odabranim tjelesnim regijama.



**Slika 13.** Mjerenje raka (za tradicionalnu morfometrijsku analizu) pomičnom mjerkom.

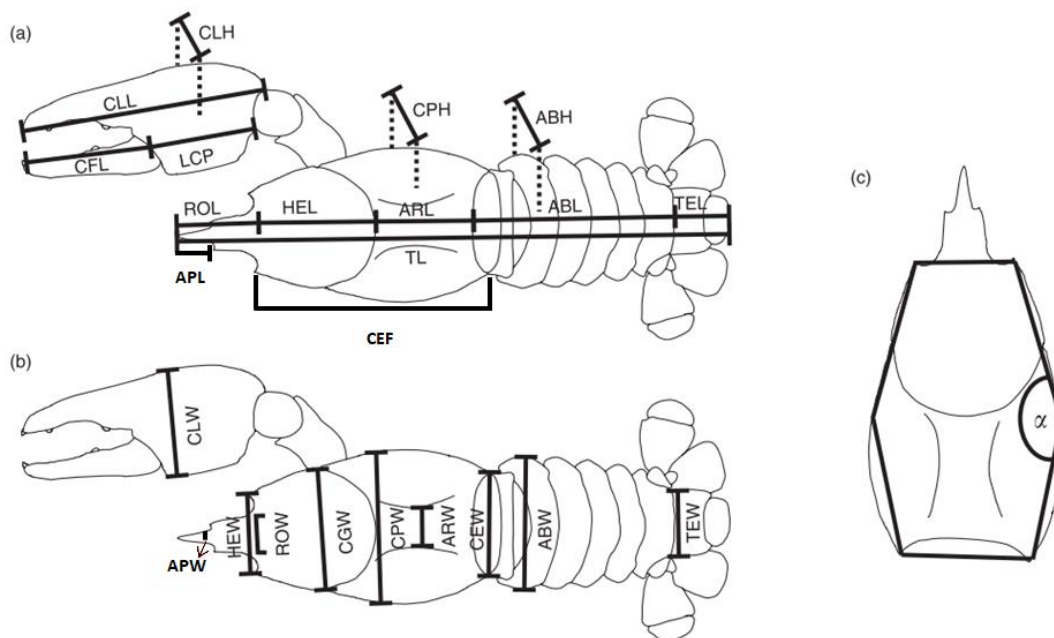
### 3.4.1. Tradicionalna morfometrijska analiza rakova

Nakon što je svakoj jedinci zabilježen spol, rakovima su izmjerene 21 tradicionalne morfometrijske značajke preuzete iz Sint i sur. (2005) (Slika 14. a i b) pomoću digitalnog pomičnog mjerila s preciznošću od 0,01 mm (Slika 13.). Za svaku jedinku mjerene su morfometrijske značajke prikazane u Tablici 2. Dodatne tri mjere uključivale su duljinu cefalotoraksa (CEF), širinu apeksa rostruma (APW) i duljinu apeksa rostruma (APL) (u Tablici 2. prikazane crvenom bojom). Bilateralne karakteristike (CLL, CFL, CPL, CLH, CLW i CEF) mjerene su s desne strane tijela. Ukoliko mjerenje nije bilo moguće napraviti na desnoj strani (zbog oštećenja, regeneracije ili nepostojanja tog dijela tijela), mjerena je lijeva strana tijela. Budući da se morfološka obilježja karapaksa mogu pokazati korisnim parametrom za razlikovanje populacija (Sint i sur., 2005), u daljnje analize uključena je i bočna zakrivljenost karapaksa (Slika 14.c) izražena kao kut  $\alpha$ , izračunata prema formuli:

$$\alpha = \arctg \left( \frac{HEL}{\frac{CPW - HEW}{2}} \right) + \arctg \left( \frac{ARL}{\frac{CPW - CEW}{2}} \right)$$

**Tablica 2.** Mjerene morfometrijske značajke preuzete iz Sint i sur. (2005) te 3 dodatne značajke označene crvenom bojom. Prikazana je kratica za svaku mjeru kao i njezin opis.

Morfometrijska mjera	Opis mjere
<i>a) duljina i visina</i>	
TL	totalna duljina
ROL	duljina rostruma
HEL	duljina glave
ARL	duljina prsa
ABL	duljina abdomena
TEL	duljina telzona
CLL	duljina nepomičnog prsta kliješta
CFL	duljina pomičnog prsta kliješta
CPL	duljina dlana kliješta
CLH	debljina kliješta
CPH	debljina prsa
ABH	debljina repa
CEF	duljina cefalotoraksa
APL	duljina apeksa rostruma
<i>b) širina</i>	
CLW	širina kliješta
HEW	širina glave iza očiju
ROW	širina rostruma
CGW	širina glave ispred cervikalne brazde
CPW	širina prsa iza cervikalne brazde
ARW	širina areole
CEW	širina cefalotoraksa prije repa
ABW	širina prvog začanog kolutića
TEW	širina telzona
APW	širina apeksa rostruma



**Slika 14.** Prikaz mjenjenih morfometrijskih značajki. Označene mjere: **a)** duljina i visina, **b)** mjere širina, **c)** kut  $\alpha$ , mjera bočne zakrivljenosti karapaksa (prilagođeno prema Sint i sur., 2005).

### 3.4.2. Statistička obrada podataka dobivenih TM

Nakon što su izvršena sva mjerenja, prikupljeni podaci za tradicionalna morfometrijska obilježja uneseni su u računalni program Microsoft Excel. Tijekom morfometrijskih analiza za ispitivanje razlika populacija ili vrsta rakova mogu nastati problemi uzrokovani varijacijama u ukupnoj veličini jedinki. Za izbjegavanje dobivanja značajnih razlika između jedinki, linearne mjere moraju se normalizirati pretvorbom u specifične omjere (Chambers i sur., 1979). Kako bi se mogli provesti odgovarajući statistički testovi, svi podaci su normalizirani tako što im je vrijednost podijeljena s odgovarajućom postorbitalnom duljinom ( $POL = HEL + ARL$ ).

Statistička obrada podataka napravljena je u programu Statistica (verzija 13.5) za sve jedinke sa svih lokaliteta (Tablica 1.). Izmjerene tradicionalne morfometrijske značajke istraživanih populacija opisane su deskriptivnom statističkom obradom (broj jedinki, minimalna i maksimalna vrijednost, srednja vrijednost, standardna devijacija). Kako bi se utvrdilo postoji li statistički značajna razlika između spolova u mjerenim tradicionalnim morfometrijskim značajkama, proveden je T – test. S obzirom da je utvrđeno da postoje značajne razlike između mužjaka i ženki rakova, daljnje analize rađene su posebno za svaki spol.

Razlike u morfometrijskim mjerama između populacija (lokaliteta), zasebno za mužjake, odnosno ženke, testirane su jednofaktorskom analizom varijance (Breakdown and one – way ANOVA) uz post – hoc test, Tukey HSD (honestly significant difference) test za nejednaki broj jedinki (N) u populacijama kako bi se utvrdilo koje se populacije značajno razlikuju.

Kako bi se utvrdilo koje varijable (morfometrijske značajke) najviše pridonose razdvajanju mužjaka odnosno ženki proučavanih populacija, provedena je multipla diskriminantna analiza. Grafički prikaz diskriminantne analize varijabli učinjen je kanoničkom analizom.

### 3.4.3. Geometrijska morfometrijska analiza rakova

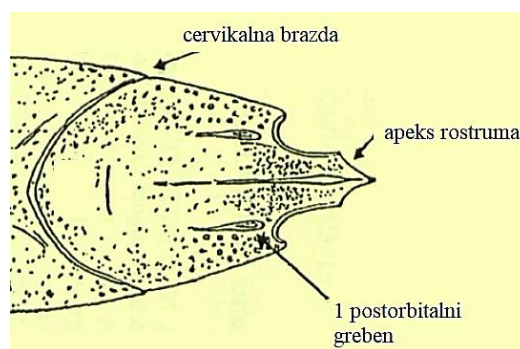
U svrhu analize geometrijskih morfometrijskih značajki, analizirane su jedinke iz odabranih populacija s pet lokaliteta: Orašnica, Jarak (Stojdraga), Sartuk, Delnički potok i Maja, čime svaki lokalitet / populacija predstavlja jednu od filogeografskih grupa (Tablica 2.). Jedinke su analizirane neovisno o spolu, budući da učinak seksualnog dimorfizma na GM značajke u istraživanju Scaliccia i sur. (2010) vrste *A. pallipes* nije utvrđen.

Svaka jedinka je uronjena dorzalno u vodu u posebno konstruirani „bazen“ napravljen od stiropora i prozirne plastične folije. „Bazen“ s uronjenom jedinkom bio je položen i učvršćen ljepljivom trakom na skeneru Epson Perfection V600 Photo, pomoću kojeg su sve jedinke skenirane te su slike pohranjene u najvećoj rezoluciji od 2400 dpi (Slika 15.).



**Slika 15.** Skeniranje rakova s pripremljenim „bazenom“ na skeneru u svrhu geometrijsko morfometrijskih analiza.

GM metode primijenjene su za detaljnu analizu varijabilnosti veličine i oblika glavopršnjaka jedinki s fokusom na oblike apeksa rostruma te sam rostrum (Slika 16.). Za analizu geometrijske morfometrije korišten je programski paket TPS (James Rohlf) i MorphoJ (Klingenberg, 2011).

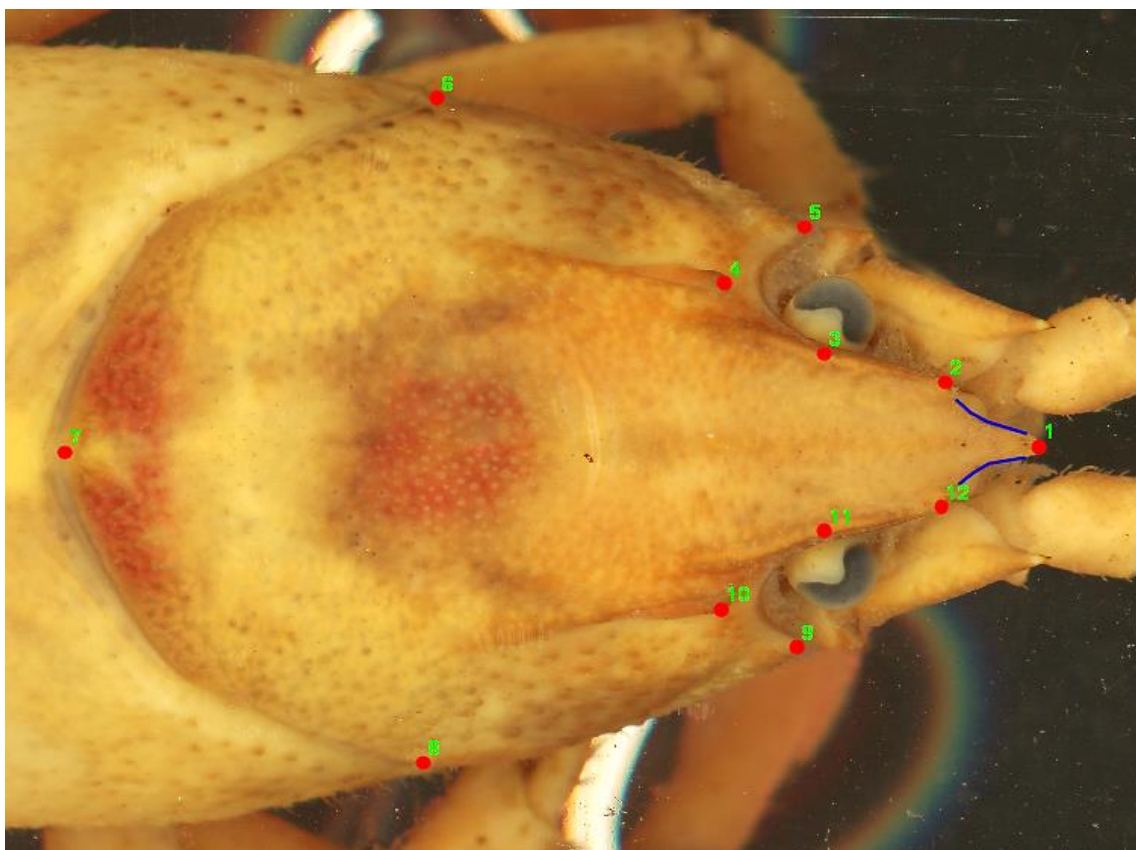


**Slika 16.** Prikaz glavopršnjaka potočnog raka (prilagođeno prema Pöckl, 1992).



### 3.4.4. Odabir specifičnih točaka mjerenja na glavopršnjaku

Na svakom raku ukupno su određene 22 ravnomjerno raspoređene dvodimenzionalne specifične točke mjerenja (engl. *landmark*, dalje u tekstu LM i *semilandmark*, dalje u tekstu SLM) pomoću računalnog programa TpsDig 2 (Slika 17., Tablica 3.). Postavljanje karakterističnih točaka rađeno je uvijek istim redoslijedom. Korišten je algoritam (engl. *Sliding Landmark Algorithm*) za određivanje položaja specifičnih točaka na svim oblicima glavopršnjaka.



**Slika 17.** Prikaz položaja 12 karakterističnih LM (prikazano crvenim točkama) i 2 plave linije od po 5 SLM za određivanje morfološke varijabilnosti glavopršnjaka geometrijsko morfometrijskim metodama (izrađeno u TpsDig2).

**Tablica 3.** Opis karakterističnih točaka LM (12) i SLM (10) glavopršnjaka korištenih u geometrijsko morfometrijskim analizama.

Karakteristične točke, <b>LM</b>	Opis karakterističnih točaka, <b>LM</b>
1	apeks rostruma
2, 12	vrh rostralnog trna
3, 11	rostralno rebro na prijelazu prema očnoj šupljini
4, 10	vrh postorbitalnog grebena
5, 9	lateralni rub karapaksa
6, 8	lateralni rub cervikalne brazde
7	posteriorni rub cervikalne brazde
Karakteristične točke, <b>SLM</b>	Opis karakterističnih točaka, <b>SLM</b>
13 – 17, 18 – 22	apeks rostruma – vrh rostralnog trna

### 3.4.5. Statistička obrada podataka dobivenih GM

Nakon obilježavanja karakterističnih točaka mjerenja, pristupljeno je statističkoj obradi podataka u statističkom programu MorphoJ (Klingenberg, 2011). Za mjeru veličine uzeta je veličina centroida kao varijabla veličine. Nakon računanja centroidne veličine, jedinke su bile podvrgnute generaliziranoj Prokrustovoj analizi (GPA) kojom se uklanja varijabilnost nastala kao posljedica pozicioniranja, orijentacije i skaliranja (Rohlf i Slice, 1990). Dobivene Prokrustove koordinate predstavljaju varijable oblika.

Varijabilnost u obliku između pet filogrupa potočnog raka je analizirana kanoničkom diskriminantnom analizom (engl. *canonical variate analysis*, CVA). Varijacija opisana kanoničkom analizom je grafički prikazana čime je bilo moguće vizualno utvrditi razdvajanje analiziranih grupa. Svaka kanonička os opisuje određeni postotak razlika među grupama. Prva kanonička os (CV1) nosi najveće razlike među srednjim vrijednostima analiziranih grupa, dok je drugom kanoničkom osi (CV2) opisan manji postotak razlika među grupama. Promjene oblika duž izdvojenih kanoničkih osi grafički su prikazane u vidu TPS deformacijskih mreža.

U svim statističkim analizama je korišten nivo značajnosti od 5% ( $p < 0,05$ ).

## 4. REZULTATI

### 4.1. Rezultati tradicionalne morfometrijske analize rakova

U istraživanju uhvaćeno je i obrađeno ukupno 245 jedinki vrste *A. torrentium* iz petnaest populacija. Broj ulovljenih jedinki na istraživanim lokalitetima prikazan je u Tablici 1.

#### 4.1.1. Deskriptivna statistika tradicionalnih morfometrijskih značajki rakova

U deskriptivnim statističkim analizama korišteni su sirovi nenormalizirani, nestandardizirani podaci izmjerenih tradicionalnih morfometrijskih mjera.

Rezultati deskriptivne statistike izmjerenih tradicionalnih morfometrijskih obilježja (srednja vrijednost, minimum, maksimum i standardna devijacija) prikazani su, odvojeno za mužjake i ženke, za svaku od istraživanih populacija u priložima (Prilog 1. – 15.). U populaciji potočnog raka u potoku Bliznec, Medvednica (Prilog 1.) najduži mužjak imao je ukupnu dužinu tijela 78,31 mm, a najduža ženka izmjerena je u veličini od 74,55 mm. Ukupna dužina tijela najmanjeg izmjerenog mužjaka istog lokaliteta iznosi 50,65 mm, a najmanje ženke 48,08 mm. U populaciji Bresnog potoka (Prilog 2.) izmjerena je jedna jedinka raka muškog spola te je njegova ukupna dužina jednaka 62,48 mm. Na lokalitetu Bresni potok nije prikupljena ni izmjerena ni jedna jedinka ženskog spola. U populaciji Brućina (Prilog 3.) prikupljen je najveći mužjak ukupne dužine od 76,51 mm, dok je najveća ženka nešto veća, ukupne dužine od 83,77 mm. Najmanja muška jedinka istog lokaliteta ukupne je dužine od 53,95 mm, dok je najmanja ženka ukupne dužine od 51,21 mm. U populaciji potočnih rakova Delničkog potoka (Prilog 4.), najveći mužjak ukupne je dužine od 91,75 mm, a najveća ženka nešto veće, 92,19 mm. Najmanji mužjak istog lokaliteta dug je 61,25 mm, dok je najmanja ženka 63,62 mm. U potoku Dolje (Prilog 5.) ukupna dužina najvećeg mužjaka iznosi 92,71 mm, dok je najveća ženka nešto manja, dužine od 91,77 mm. Najmanji mužjak istog lokaliteta je ukupne dužine tijela od 47,06 mm te najmanja ženka od 74,39 mm. Na lokalitetu Jarak (Stojdraga) (Prilog 6.) najveća izmjerena muška jedinka ukupne dužine je od 65,00 mm, a najveća ženka dužine 58,89 mm. Najmanja muška jedinka istog lokaliteta je ukupno duga 42,26 mm, a najmanja ženka 52,60 mm. U populaciji Jarak (Prilog 7.) uhvaćeni su i izmjereni samo mužjaci, među kojima je najveći mužjak ukupne dužine od 90,39 mm, a najmanji od 57,19 mm. U populaciji Krasulja (Prilog 8.) ukupna dužina najvećeg mužjaka iznosi 100 mm, a najveće ženke 79,11 mm. Najmanji izmjereni mužjak istog lokaliteta dug je 47,91 mm, a najmanja ženka je nešto veća, 48,72 mm. U potoku Maja (Prilog 9.) najveći izmjereni mužjak ukupne je dužine tijela od 90,40 mm, a ženka od 60,24 mm. Najmanji izmjereni mužjak istog lokaliteta je veličine od 60,34 mm, dok je najmanja ženka 46,74 mm. U populaciji Okičnica (Prilog 10.) ukupna dužina najvećeg mužjaka je 78,97 mm, a najveće ženke nešto veća, 85,44 mm. Najmanji mužjak istog lokaliteta je ukupne dužine od 46,95 mm, a najveće ženke od 46,08 mm. U populaciji

Orašnica (Prilog 11.) ukupna dužina najvećeg mužjaka izmjerena je u vrijednosti od 88,34 mm, a najveće ženke od 63,86 mm. Najmanji mužjak istog lokaliteta ukupne dužine je od 50,86 mm, dok je najmanja ženka duga 48,36 mm. U populaciji Sartuk (Prilog 12.) uhvaćene su i mjerene samo muške jedinke, među kojima je najveći mužjak ukupne dužine od 91,38 mm, dok je najmanji mužjak dug 69,09 mm. U populaciji Slapnica (Prilog 13.) najduži mužjak dug je 82,29 mm, a najmanji mužjak dug je 61,59 mm. Na istom lokalitetu uhvaćena je jedna ženka ukupne dužine od 72,93 mm. Na Sopotskom slapu (Prilog 14.) najveći izmjereni mužjak dug je 94,49 mm, a najmanji mužjak dug je 61,58 mm. Na istom lokalitetu uhvaćena je jedna ženka ukupne dužine od 60,88 mm. Na lokalitetu Vele vode (Prilog 15.) ukupna dužina najvećeg izmjenjenog mužjaka iznosi 83,13 mm, dok je u ženke 80,55 mm. Najmanji mužjak istog lokaliteta dug je 72,24 mm, a najmanja ženka duga je 69,78 mm. Zaključno s izmjerenim podacima, najveći mužjak svih istraživanih područja uhvaćen je i izmjeran na lokalitetu Krasulja (TL = 100,00 mm), dok je najveća ženka ukupne dužine uhvaćena i izmjerena na lokalitetu Delnički potok (TL = 92,19 mm). Isto tako, najmanji mužjak uhvaćen je na lokalitetu Jarak (Stojdraga) (TL = 42,26 mm) te na lokalitetu Okičnica najmanja ženka (TL = 46,08 mm).

#### 4.1.1.1. T – test za nezavisne uzorke

Za utvrđivanje statistički značajnih razlika između mužjaka i ženki potočnih rakova u mjerenim tradicionalnim morfometrijskim značajkama, proveden je T – test za nezavisne uzorke, uz nivo značajnosti  $p < 0,05$ , zasebno za svaku populaciju te za sve populacije zajedno.

Rezultati t – testa, od kojih jedan uzorak predstavljaju mužjaci rakova, a drugi ženke rakova, pokazali su da postoje statistički značajne razlike između ukupnog broja mužjaka (156 jedinka) i ženki (89 jedinke). Za sve istraživane populacije zajedno utvrđeno je da postoji značajna razlika u sljedećim izmjerenim TM značajkama: TL, HEL, ARL, CLL-d, CFL-d, CPL-d, CLH-d, CLW-d, CPH, ABH, HEW, CPW, ABW, TEW, CEF-d, APL i APW (Prilog 16.). Za populaciju Bliznec uočeno je da se mužjaci (7 jedinki) i ženke (7 jedinki) statistički značajno razlikuju u sljedećim mjerama: TEL, CPL-d, ABW (Prilog 17.). Mužjaci (10 jedinki) i ženke (10 jedinki) populacije Brućina razlikuju se u mjerenim TM značajkama: CLL-d, CPL-d, CLH-d, CLW-d, ABW, TEW (Prilog 18.). Mužjaci (10 jedinki) i ženke (6 jedinki) populacije Delnički potok razlikuju se u mjerenim TM značajkama: ROL, ABL, CLL-d, CFL-d, CPL-d, CLH-d, CLW-d, ABH, ROW, ABW, TEW, kut  $\alpha$  (Prilog 19.). Mužjaci (10 jedinki) i ženke (10 jedinki) populacije Dolje razlikuju se u mjerenim TM značajkama: TL, ROL, ABL, TEL, CLL-d, CFL-d, CPL-d, CLW-d, ABW, TEW, APL (Prilog 20.). Za populaciju Jarak (Stojdraga) nisu utvrđene statistički značajne razlike između mužjaka (11 jedinki) i ženki (2 jedinke) (Prilog 21.). Mužjaci (26 jedinki) i ženke (7 jedinki) populacije Krasulja razlikuju se u mjerenim TM značajkama: TL, ABL, TEL, CPH, CEW, ABW, TEW, APW (Prilog 22.). Mužjaci (6 jedinki) i ženke (16 jedinki) populacije Maja razlikuju se u mjerenim TM značajkama: TL, ABL, TEL, CLL-d, ABW, TEW, APW (Prilog 23.). Mužjaci (16 jedinki) i ženke (16 jedinki) populacije Okičnica razlikuju se u mjerenim TM značajkama: TL, ABL, ABW, TEW (Prilog 24.). Mužjaci (19 jedinki) i ženke (9

jedinki) populacije Orašnica razlikuju se u mjerenim TM značajkama: TL, ROL, ABL, TEL, CLL-d, CFL-d, CPL-d, CLW-d, CPH, CGW, ABW, TEW (Prilog 25.). Mužjaci (4 jedinke) i ženka (1 jedinka) populacije Slapnica razlikuju se u mjerenim TM značajkama: TEL, CLH-d, ABW, TEW, APW (Prilog 26.). Mužjaci (8 jedinki) i ženka (1 jedinka) populacije Sopotski slap razlikuju se u mjerenim TM značajkama: TL, HEL, ARL, TEL, CPL-d, CLH-d, CLW-d, HEW, TLW, APL, kut  $\alpha$  (Prilog 27.). Mužjaci (9 jedinki) i ženke (4 jedinke) populacije Vele vode razlikuju se u mjerenim TM značajkama: ROL, ABL, TEL, ABH, ABW (Prilog 28.). Za populacije Bresni potok, Jarak i Sartuk nije moglo biti utvrđeno postoje li značajne razlike između spolova jer su na tim lokalitetima uhvaćeni i izmjereni samo mužjaci. Zaključno, ovakve analize potvrđuju značajno postojanje razlika između mjerenih TM obilježja mužjaka i ženki. Sukladno tome, daljnje analize provedene su odvojeno za svaki spol.

#### 4.1.2. Analiza varijance

Kako bi se utvrdilo postoje li statistički značajne razlike u TM mjerama između populacija rakova, zasebno za mužjake i ženke, provedena je analiza varijanci (ANOVA). Rezultati ANOVA testa pokazali su da postoje značajne razlike u većini mjerenih TM karakteristika među populacijama mužjaka i ženki. Mužjaci se nisu značajno razlikovali među populacijama samo u dvije mjerene TM značajke – CPH, ABW (Prilog 29.), dok se ženke nisu značajno razlikovale u devet TM značajki – HE, ARL, CLL-d, CLW-d, CPH, HEW, CPW, CEF-d, kut  $\alpha$  (Prilog 30.) ( $p \geq 0,05$ ).

##### 4.1.2.1. Post – hoc test

S obzirom da je ustanovljeno kako kod mužjaka i ženki postoje statistički značajne razlike u TM mjerama, proveden je post – hoc test (Tukey HSD test za nejednaki broj jedinki u populacijama) kako bi se utvrdile razlike među populacijama / lokalitetima. Iz rezultata testa vidljivo je, za ženke, da se najviše razlikuju populacije Orašnica i Vele vode te, za mužjake, da se najviše razlikuju populacije Okičnica i Sopotski slap, odnosno Dolje i Krasulja (Tablica 4.).

**Tablica 4.** Rezultati post – hoc testa za mušjake i ženke. Rezultati za mušjake prikazani su ispod dijagonale, a za ženke iznad dijagonale. Brojevi objašnjavaju sljedeće lokalitete / populacije: 1 – Orašnica, 2 – Krasulja, 3 – Bresni potok, 4 – Slapnica, 5 – Jarak, 6 – Sopotski slap, 7 – Sartuk, 8 – Vele vode, 9 – Delnički potok, 10 – Maja, 11 – Brućina, 12 – Bliznec, 13 – Dolje, 14 – Okičnica, 15 – Jarak (Stojdraga).

Lokaliteti /populacije	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	X	ROL		TEL, TEW				ROL, ROW, CGW, CEW, TEW, APL	TL, ROL, TEL, CGW, APL	ROL, CGW, APL	ROL, ROW, CGW, CEW, TEW	ROL, CGW	ROL, ABH, ROW, CGW, TEW, APL	ROL, CFL, ROW, CGW	ROL
2	TEL,ROW, ARW, $\alpha$	X		TEL, TEW				ROL, CEW	TL, ROL	ROL, ABL, APW	ROL, CEW, APW	ROL	ROL, ROW	ROL, ABL, ROW, ABW, APW	
3			X												
4				X	TEL	TEL, TEW	TEL, TEW	TEL, TEW	TEL, TEW	TEL, TEW, APW	TEL, TEW, APW	ROL, TEL, TEW	TEL, TEW	TEL, TEW, APW	TEL, TEW
5	APL,APW	CLL,CFL, APW			X										
6	ABW,TEW, APL,APW	CLL,CFL, ABW,APW				X						ROL			
7	ROW,CEF						X								
8	TL,ROL, ABL,TEL, ROW, CGW,TEW, APL	TL,ROL, ABL,ROW, CGW,CPW	ROW	TL,ROL, ABL, ROW, CGW	TL,ROL, ABL, ROW, CGW, CPW, CEW	TL,ROL, ROW, CGW, ABW, CEW,	TL,ROL, ABL, ROW, CGW, CPW, CEW, APL	X						CLH	
9	TL,ROL, ABL,TEL, ROW, CGW,TEW, APL	TL,ROL, ABL,CPL, ROW, CGW	ROW	TL,ROL, ABL, ROW, CGW	TL,ROL, ABL, ROW, CGW	TL,ROL, ROW, CGW, ABW	TL,ABL, ROW, CGW		X	TL		TL		ABW	

Tablica 4. – nastavak.

10	ROL,TEL, CGW, ROW	ROL,TEL, ROW, CGW,CPW		ROW, CGW	TEL,CFL,R OW, CGW, CPW, CEW, APW	TEL,CFL, ROW, CGW, CPW, CEW, APW	ROL, TEL, ROW, CGW, CPW, CEW	ROW		X		APW	APW	ABW	
11	ROL,TEL, ABH,ROW ,CGW, APW, $\alpha$	ROL,HEL, ARL,ABH, HEW, ROW, CGW,APW		ABH, ROW, CGW, APW	ROL, CFL, ABH, ROW, CGW, APW	ROL, HEL, ARL, CFL, ABH, HEW, ROW, CGW, ABW, APW	ROL, ROW, CGW, CEW, APW	HEL, ARL, ABH, ROW, APL, APW	APW		X	APW	CPL, CLH, ABW		
12	ROL,HEW, ROW, CGW	ROL,HEL, ARL,HEW, ROW, CGW,CPW , $\alpha$	ROW	HEW, ROW, CGW	CFL, HEW, ROW, CGW, CPW, $\alpha$	ROL, HEL, ARL, HEW, ROW, CGW, CPW, $\alpha$	ROL, HEW, ROW, CGW, CPW	HEL, ARL, HEW	HEW		APW	X	ABW	ARW	ROL
13	TL,ROL, ABL,TEL, ROW, CGW, ARW,CEW ,TEW,APL	TL,ROL, HEL,ARL, ABL,TEL, CPL,ROW, CGW,CEW ,TEW,APL	ROW	TL, ROL, TEL, ROW, CGW	TL,ROL, TEL,ROW, CGW,CEW	ROL, TEL, ROW, CGW, ABW	TL,ROL, ABL, TEL, ROW, CGW, CEW, TEW, APL	HEL, ARL		TEW	ROW, APL, APW	ABL, TEW, $\alpha$	X	CLL, CFL,CPL ,CLH, ABW	
14	ROL,TEL, CFL,ABH, ROW, CGW,TEW	ROL,HEW, ROW, CGW,CPW ,APW, $\alpha$		ROL, CFL, ROW, CGW	ROL, CLL, CFL, ROW, CGW, CPW, APW, $\alpha$	ROL, CLL, CFL, CLW, ABH, HEW, ROW, CGW, CPW, ABW, APW, $\alpha$	ROL, CFL, ROW, CGW, CPW, CEW, APW, $\alpha$	ABH, ROW, APW	CLL, CFL, CPL, APW	TEL			TEL, CLL, CFL,CPL ,CLH, CLW, ROW, CEW, APL, APW, $\alpha$	X	
15	ABH,ROW ,CGW, CPW	ABH,HEW ROW, CGW,CPW , $\alpha$		CLL, ABH, ROW, CGW	CFL, ABH, ROW, CGW, CPW, CEW, APL, APW, $\alpha$	CFL,ABH, HEW, ROW, CGW, CPW, ABW,CEW, APL,APW, $\alpha$	ROL, ROW, CGW, CPW, CEW, APW, $\alpha$	TL,ROL, ABL, ABH, ROW, APL, APW, $\alpha$	ABL, APL, $\alpha$	TEL			ROL, TEL, ROW, CEW, TEW, APL, APW, $\alpha$		X

Legenda tradicionalnih morfometrijskih mjera iz Tablice 4.:

Morfometrijska mjera	Opis mjere	Morfometrijska mjera	Opis mjere
<i>a) duljina i visina</i>		<i>b) širina</i>	
<b>TL</b>	totalna duljina	<b>CLW</b>	širina kliješta
<b>ROL</b>	duljina rostruma	<b>HEW</b>	širina glave iza očiju
<b>HEL</b>	duljina glave	<b>ROW</b>	širina rostruma
<b>ARL</b>	duljina prsa	<b>CGW</b>	širina glave ispred cervikalne brazde
<b>ABL</b>	duljina abdomena	<b>CPW</b>	širina prsa iza cervikalne brazde
<b>TEL</b>	duljina telzona	<b>ARW</b>	širina areole
<b>CLL</b>	duljina nepomičnog prsta kliješta	<b>CEW</b>	širina cefalotoraksa prije repa
<b>CFL</b>	duljina pomičnog prsta kliješta	<b>ABW</b>	širina prvog začanog kolutića
<b>CPL</b>	duljina dlana kliješta	<b>TEW</b>	širina telzona
<b>CLH</b>	debljina kliješta	<b>APW</b>	širina apeksa rostruma
<b>CPH</b>	debljina prsa		
<b>ABH</b>	debljina repa		
<b>CEF</b>	duljina cefalotoraksa		
<b>APL</b>	duljina apeksa rostruma		

#### 4.1.3. Multipla diskriminantna analiza

Multipla diskriminantna analiza (dalje u tekstu MDA) provedena je s ciljem utvrđivanja onih TM značajki koje najviše pridonose razdvajanju (diskriminaciji) mužjaka, odnosno ženki istraživanih populacija rakova. Iako su razlike utvrđene za oba spola, zbog premalog broja ženki u pojedinim populacijama (Bresni potok, Slapnica, Sopotski slap, Jarak, Sartuk), MDA je provedena samo za mužjake.

Metodom „stepwise analysis“ obrađene su 22 TM značajke, a rezultati MDA prikazani su u Prilozima 31. i 32. Diskriminacija između mužjaka (Wilkinsova lambda = 0,00072, F = 4,3809, p < 0,0001) i ženki (Wilkinsova lambda = 0,00151, F = 3,3065, p < 0,0001) je statistički značajna. Wilksova lambda je pokazatelj statističke značajnosti diskriminacijske snage modela i poprima vrijednosti od 1 (nema diskriminacijske snage) do 0 (perfektna diskriminacijska snaga). Parcijalna Wilksova lambda je mjera pojedinačnog doprinosa varijable u diskriminaciji populacija te što je manja njegova vrijednost, to je veći pojedinačni doprinos varijable u diskriminaciji. Za mužjake, 15 TM značajki koje imaju velik pojedinačni doprinos diskriminaciji, od najvećeg prema najmanjem, su: CLH, ROW, CGW, APW, TEL TEW, CLL, CPL, ARW, ABL, HEW, kut  $\alpha$ , CEW, CPW (Prilog 31.). Za ženke, 11 TM značajki koje imaju velik pojedinačni doprinos diskriminaciji, od najvećeg prema najmanjem, su: ROL, APW, ABW, CPW, kut  $\alpha$ , ARW, TL, ABH, CFL, CPH, CLH (Prilog 32.). Također, metodom „stepwise analysis“, dobiveni su postoci broja ispravno klasificiranih mužjaka i ženki razvrstanih po populacijama (Tablice 5. i 6.). Ukupno je točno klasificirano 86,45 % mužjaka i 88,51 % ženki. Istom metodom, dobiveni su postoci broja ispravno klasificiranih mužjaka i ženki razvrstanih po filogrupama (Tablice 7. i 8.). Točnost klasificiranih mužjaka iznosi 89,10 %, a ženki 84,27 %.



**Tablica 5.** Postotak ispravno klasificiranih jedinki mužjaka *A. torrentium* po populacijama na temelju funkcija odgovarajućih diskriminantnih analiza.

Populacije	Klasifikacijski matriks; "spol"="M"														
	% točno klasificiranih	Orašnica p=,12258	Krasulja p=,16774	Slapnica p=,02581	Jarak p=,06452	Sopotski slap p=,05161	Sartuk p=,05806	Vele vode p=,05806	Delnički potok p=,06452	Maja p=,03871	Bručina p=,06452	Bliznec p=,04516	Dolje p=,06452	Okičnica p=,10323	Jarak (Stojdarga) p=,07097
Orašnica	94,74	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krasulja	100,00	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slapnica	100,00	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jarak	90,00	0	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sopotski slap	50,00	1	1	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sartuk	88,89	0	0	0	1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Vele vode	88,89	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	1	0
Delnički potok	100,00	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
Maja	100,00	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
Bručina	80,00	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	2	0
Bliznec	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0
Dolje	80,00	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8	0	0	1
Okičnica	62,50	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	10	0	2
Jarak (Stojdarga)	72,73	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	8
Ukupno	86,45	19	28	4	11	5	9	8	11	7	11	8	9	14	11

**Tablica 6.** Postotak ispravno klasificiranih jedinki ženki *A. torrentium* po populacijama na temelju funkcija odgovarajućih diskriminantnih analiza.

Populacije	Klasifikacijski matriks; "spol"="F"										
	% točno klasificiranih	Orašnica p=,10345	Krasulja p=,08046	Vele vode p=,04598	Delnički potok p=,06897	Maja p=,18391	Bručina p=,11494	Bliznec p=,08046	Dolje p=,11494	Okičnica p=,18391	Jarak (Stojdarga) p=,02299
Orašnica	100,00	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krasulja	100,00	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Vele vode	100,00	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Delnički potok	83,33	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0
Maja	75,00	0	0	0	0	12	2	0	1	1	0
Bručina	70,00	0	0	0	0	2	7	0	0	1	0
Bliznec	100,00	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
Dolje	100,00	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
Okičnica	87,50	0	0	0	0	1	1	0	0	14	0
Jarak (Stojdarga)	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Ukupno	88,51	9	7	4	5	16	10	7	11	16	2

**Tablica 7.** Postotak ispravno klasificiranih jedinki mužjaka *A. torrentium* po filogrupama na temelju funkcija odgovarajućih diskriminantnih analiza.

Filogrupe	Klasifikacijski matriks; "spol"="M"					
	% točno klasificiranih	LD p=,28846	GK p=,12821	ŽPB p=,19872	BAN p=,10256	CSE p=,28205
LD	95,56	43	0	2	0	0
GK	95,00	1	19	0	0	0
ŽPB	93,55	2	0	29	0	0
BAN	56,25	0	1	0	9	6
CSE	88,64	0	2	0	3	39
Ukupno	89,10	46	22	31	12	45

**Tablica 8.** Postotak ispravno klasificiranih jedinki ženki *A. torrentium* po filogrupama na temelju funkcija odgovarajućih diskriminativnih analiza.

Filogrupe	Klasifikacijski matriks; "spol"="F"					
	% točno klasificiranih	LD p=,17978	GK p=,11236	ŽPB p=,02247	BAN p=,29213	CSE p=,39326
LD	100,00	16	0	0	0	0
GK	90,00	0	9	0	0	1
ŽPB	50,00	1	0	1	0	0
BAN	73,08	0	1	0	19	6
CSE	85,71	0	1	0	4	30
Ukupno	84,27	17	11	1	23	37

#### 4.1.3.1. Kanonička analiza

Kanonička diskriminantna analiza izvršena je na osnovu izvađenih karakterističnih korijena, odnosno kanoničkih diskriminantnih funkcija (dalje u tekstu KDF). Za mužjake, dobiveno je 13 KDF, dok je za ženke dobiveno njih 9. Funkcije su analizirane Hi – kvadrat (Chi – square) testom (Tablice 9. i 10.). Za mužjake prvih šest KDF, a za ženke prvih pet KDF pokazuje statističku značajnost. Ostale KDF nisu statistički značajne te se preko njih u ovom radu neće tumačiti rezultati.

**Tablica 9.** Hi-kvadrat (Chi – square) test s diskriminantnim funkcijama za mužjake.

Diskr.funk.	Hi-kvadrat test, "spol"="M"					
	Svojtvena vrijednost	Kanonički R	Wilksova Lambda	Hi-kvadrat.	SS	p-vrijednost
0	15,1	0,97	0,00	984	286	0,00
1	2,3	0,83	0,01	606	252	0,00
2	1,2	0,73	0,04	444	220	0,00
3	0,8	0,66	0,08	339	190	0,00
4	0,7	0,64	0,15	260	162	0,00
5	0,5	0,58	0,25	188	136	0,00
6	0,4	0,54	0,38	132	112	0,10
7	0,3	0,47	0,54	84	90	0,64
8	0,2	0,36	0,69	50	70	0,96
9	0,1	0,35	0,79	31	52	0,99
10	0,0	0,22	0,91	13	36	1,00
11	0,0	0,18	0,95	7	22	1,00
12	0,0	0,13	0,98	2	10	0,99

**Tablica 10.** Hi-kvadrat (Chi – square) test s diskriminantnim funkcijama za ženke.

Diskr.funk.	Hi-kvadrat Test; "spol"="F"					
	Svojtvena vrijednost	Kanonički R	Wilksova Lambda	Hi-kvadrat.	SS	p-vrijednost
0	5,94	0,93	0,00	461,34	180	0,00
1	2,53	0,85	0,01	323,83	152	0,00
2	1,75	0,80	0,04	234,26	126	0,00
3	0,95	0,70	0,10	162,52	102	0,00
4	0,82	0,67	0,20	115,09	80	0,01
5	0,67	0,63	0,36	72,68	60	0,13
6	0,34	0,50	0,60	36,43	42	0,71
7	0,19	0,40	0,80	15,71	26	0,94
8	0,05	0,21	0,95	3,33	12	0,99

Ujedno, izračunata je struktura KDF, odnosno standardizirani kanonički koeficijenti, svojtvena vrijednost (engl. *eigenvalue*) i objašnjena varijanca (Tablice 11. i 12.). Varijable (TM mjere) koje najviše dobrinose razdvajanju mužjaka u funkciji 1 su: CPL, HEW, kut  $\alpha$ , CLH; u funkciji 2: CEW, CLH, kut  $\alpha$ , CPW; u funkciji 3: kut  $\alpha$ , CPW, CEW, HEW; u funkciji 4: CLL, CPW, CLH, CGW; u funkciji 5: kut  $\alpha$ , TEW, CEW, HEW; u funkciji 6: CEW, HEW, kut  $\alpha$ , CPW. Varijable (TM mjere) koje najviše dobrinose razdvajanju ženki u funkciji 1 su: CPW, CLL, ROL, kut  $\alpha$ ; u funkciji 2: CPW, CLL, kut  $\alpha$ , TL; u funkciji 3: TL, CPH, CLL, CPW, ROL; u funkciji 4: ROW, CLW, ARW, CLH; u funkciji 5: kut  $\alpha$ , TEW, CPW, CLH.

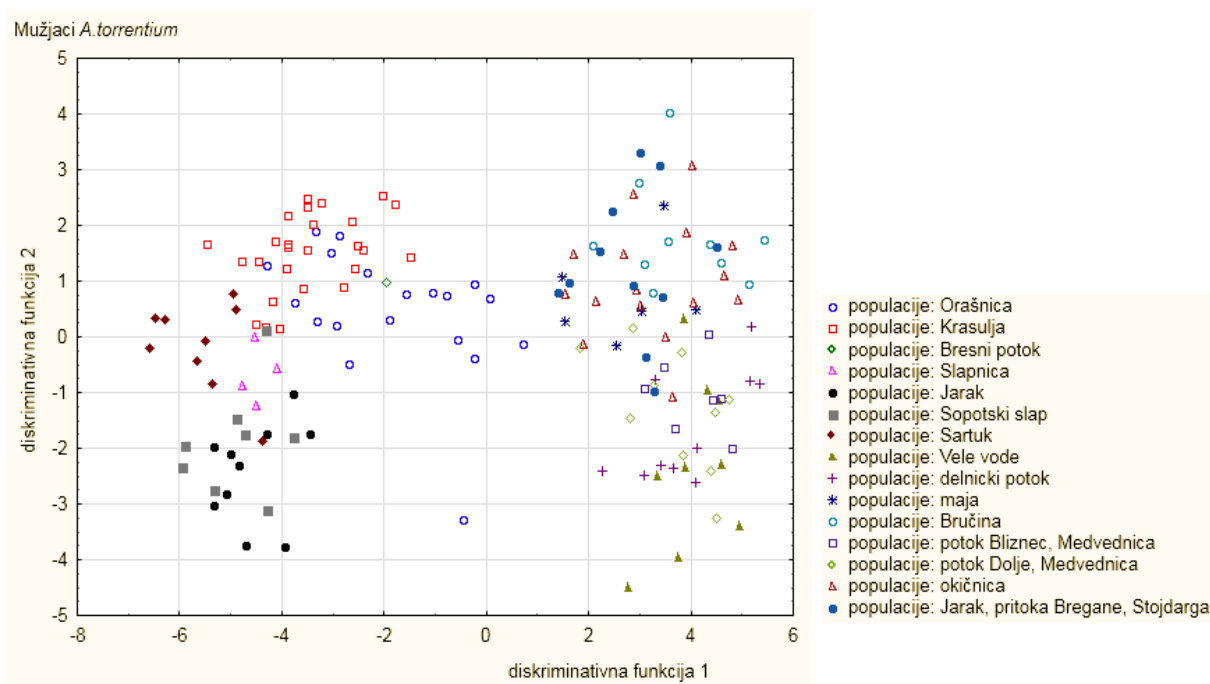
**Tablica 11.** Standardizirani kanonički koeficijenti za kanoničku diskriminantnu funkciju za mušjake svih populacija.

Morfo.mjera	DISK.FUN. 1	DISK.FUN. 2	DISK.FUN. 3	DISK.FUN. 4	DISK.FUN. 5	DISK.FUN. 6
ROW	-0,76	0,38	0,11	0,35	0,17	0,22
APW	0,28	0,58	0,07	0,40	0,34	-0,12
HEW	0,94	0,30	-1,92	-0,22	-1,40	2,72
CFL-d	-0,30	-0,24	0,60	-0,49	-0,28	-0,79
TEL	-0,21	-0,30	-0,62	0,02	0,33	-0,41
ABH	0,07	0,25	0,23	0,16	0,24	0,14
CPW	-0,51	-1,63	4,81	0,98	3,15	-7,09
CGW	-0,69	-0,07	-0,60	-0,77	0,05	0,26
ARW	0,32	0,07	-0,39	0,52	0,13	-0,21
ARL	-0,21	0,07	-0,27	0,12	0,09	0,21
TEW	0,27	-0,03	-0,72	0,16	-0,36	0,14
ABL	-0,11	0,21	0,52	-0,57	0,05	0,63
CLH-d	-0,76	1,83	-0,11	-0,87	-1,66	-1,28
CLL-d	-1,03	-1,11	-0,62	2,07	2,30	1,32
CPL-d	2,03	-0,90	-0,07	-0,76	-0,58	0,26
CEF-d	-0,09	0,06	0,63	-0,01	0,29	0,01
ABW	-0,09	-0,13	0,10	0,09	0,07	0,07
APL	0,12	0,33	-0,11	-0,21	-0,16	0,08
CPH	0,34	-0,06	0,19	-0,30	-0,09	-0,13
alfa(stupnjevi)	-1,05	-2,07	6,05	0,14	5,00	-8,97
CEW	0,66	1,89	-4,65	0,15	-3,48	6,67
ROL	-0,06	-0,47	0,33	-0,31	-0,14	-0,41
Svojstvena vrijednost	15,15	2,28	1,17	0,79	0,70	0,51
Objašnjena varijanca	0,70	0,80	0,86	0,89	0,93	0,95

**Tablica 12.** Standardizirani kanonički koeficijenti za kanoničku diskriminantnu funkciju za ženke svih populacija.

Morfo.mjera	DISK.FUN. 1	DISK.FUN. 2	DISK.FUN. 3	DISK.FUN. 4	DISK.FUN. 5
ROL	-1,02	0,12	-0,68	-0,30	0,05
ABW	-0,06	0,49	-0,62	0,60	0,32
APW	0,32	-0,60	-0,46	0,37	-0,45
ABL	-0,16	0,20	0,55	-0,35	0,28
ARW	0,46	-0,08	-0,47	-0,57	0,33
ABH	0,46	0,21	-0,42	-0,40	-0,21
TL	-0,40	-1,43	1,04	0,33	-0,49
TEW	0,06	0,30	0,31	0,14	0,50
CGW	-0,18	-0,51	-0,46	-0,17	0,19
CLH-d	0,04	0,38	0,46	-0,52	-0,74
CPH	-0,74	-0,28	0,63	0,35	-0,13
ROW	-0,38	-0,09	0,29	0,90	-0,22
HEL	0,05	-0,31	-0,47	0,26	-0,09
CEW	-0,13	0,20	0,44	-0,43	-0,36
CFL-d	-0,08	-0,88	0,50	0,44	-0,01
CLL-d	0,67	1,34	-0,98	-0,37	0,36
CPW	1,13	1,40	-0,68	0,24	-1,42
alfa(stupnjevi)	-0,92	-1,44	0,55	0,18	1,67
CLW-d	-0,35	-0,65	0,22	0,66	0,27
HEW	0,06	-0,10	0,13	0,40	-0,32
Svojstvena vrijednost	5,94	2,53	1,75	0,95	0,82
Objašnjena varijanca	0,45	0,64	0,77	0,84	0,91

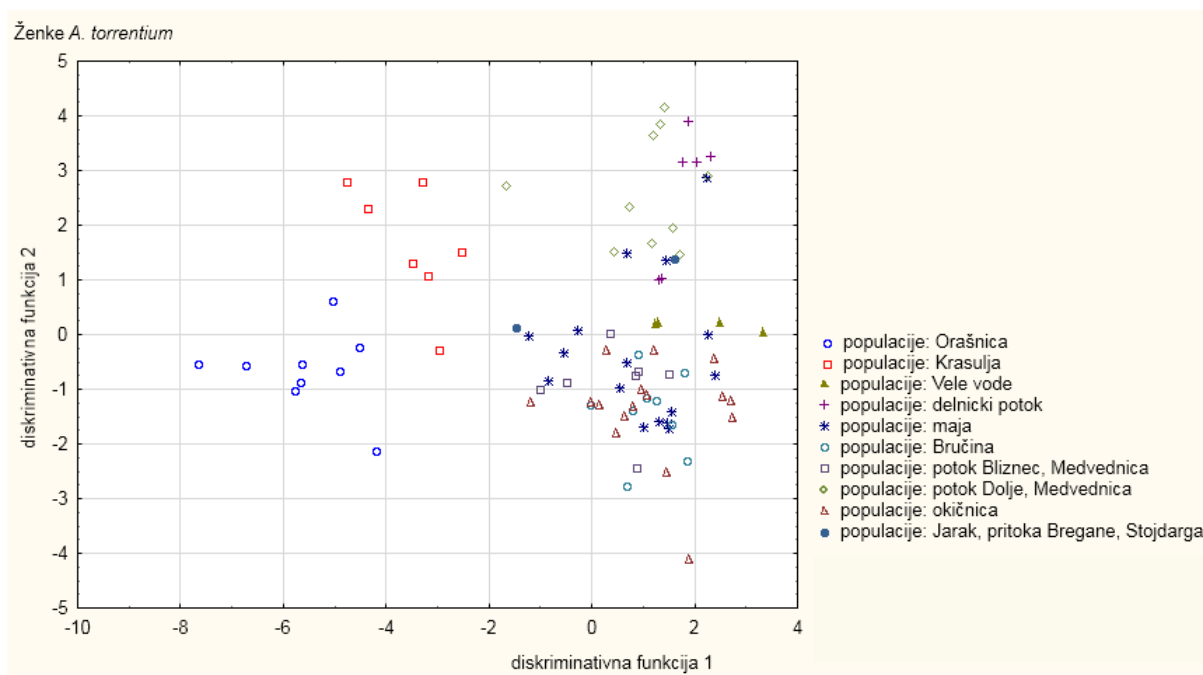
Prve dvije KDF upotrebljene su za izradu grafičkog prikaza razdvajanja populacija mužjaka (Slika 18.) i ženki (Slika 19.). Iz grafičkog prikaza kanoničke analize provedene na TM mjerama mužjaka rakova, uočljivo je da prva KDF najviše odvaja mužjake Jarka, Sopotskog slapa, Delničkog potoka i Velih voda od ostalih populacija. Budući da je prva KDF obilježena visokim negativnim opterećenjem za varijable kut  $\alpha$  i CPH, a visokim pozitivnim opterećenjem za varijable CPL i HEW, može se reći: što su manje vrijednosti kuta  $\alpha$  i CPH – mužjaci najvjerojatnije pripadaju Jarku, Sopotskom slapu, Delničkom potoku i Velim vodama te što su veće vrijednosti CPL i HEW – najvjerojatnije pripadaju Orašnici, Krasulji, Sartuku, Bresnom potoku, Jarku (Stojdraga), Okičnici, Maji i / ili Bručini. Na jednaki način može se objasniti diskriminacija mužjaka prema drugoj KDF. Druga KDF najviše odvaja mužjake Sartuka od ostalih populacija. Budući da je druga KDF obilježena visokim negativnim opterećenjem za varijable kut  $\alpha$  i TL, a visokim pozitivnim opterećenjem za varijable CEW i CLH, može se reći: što su manje vrijednosti kuta  $\alpha$  i TL – mužjaci najvjerojatnije pripadaju Sartuku te što su veće vrijednosti CEW i CLH – najvjerojatnije pripadaju populacijama Jarak (Stojdraga), Okičnica, Maja, Bručina, Delnički potok, Vele vode, Dolje ili Bliznec.



**Slika 18.** Kanonički prikaz diskriminantne analize provedene na tradicionalnim morfometrijskim značajkama mužjaka rakova svih populacija.

Na grafičkom prikazu kanoničke analize provedene na TM mjerama ženka rakova (Slika 19.), prva KDF najviše odvaja ženke Delničkog potoka i Dolje od ostalih populacija. Kako je prva KDF obilježena visokim negativnim opterećenjem za varijable kut  $\alpha$  i CLL, a visokim pozitivnim opterećenjem za varijable CPW i CLL, može se reći: što su manje vrijednosti kuta  $\alpha$  i CLL – to ženke najvjerojatnije pripadaju Orašnici, Maji, Bliznecu, Okičnici ili Bručini te što su veće vrijednosti CPW

i CLL – to ženke najvjerojatnije pripadaju Delničkom potoku, Dolju, Velim vodama, Krasulji ili Jarku (Stojdraga). Na isti način možemo objasniti diskriminaciju ženki prema drugoj KDF. Druga KDF najviše odvaja ženke Orašnice i Krasulje od ostalih populacija. Kako je druga KDF obilježena relativno visokim negativnim opterećenjem za varijable kut  $\alpha$  i TL, a visokim pozitivnim opterećenjem za varijable CPW i CLL, može se reći: što su manje vrijednosti  $\alpha$  i TL – to ženke najvjerojatnije pripadaju Orašnici i / ili Krasulji te što su veće vrijednosti CPW i CLL – to ženke najvjerojatnije pripadaju populacijama Dolje, Vele Vode, Delnički potok, Maja, Bliznec, Okičnica, Bručina ili Jarak (Stojdraga).



**Slika 19.** Kanonički prikaz diskriminantne analize provedene na tradicionalnim morfometrijskim značajkama ženki rakova svih populacija.

Također, kanonička diskriminantna analiza provedena je i na populacijama *a priori* smještenim u pet filogenetskih grupa (Tablica 1.). Izračunati su standardizirani kanonički koeficijenti, svojstvena vrijednost (engl. *eigenvalue*) i objašnjena varijanca (Tablica 13. i 14.). Varijable (TM mjere) koje najviše dobrinose razdvajanju mužjaka populacija *a priori* grupiranih u filogrupe u funkciji 1 su: CPL, APW, CLL, ROW; u funkciji 2: CLH, APW, CLL, ARW; u funkciji 3: ABL, CLL, TEW, CLW; u funkciji 4: CLL, APW, CLH, CPL. Varijable (TM mjere) koje najviše dobrinose razdvajanju ženki *a priori* grupiranih u filogrupe u funkciji 1 su: ROL, TEL, CLL, ARW; u funkciji 2: CLH, TEL, HEL, ABW; u funkciji 3: CLL, ABW, TL, CLH; u funkciji 4: APW, TL, CLL, CEW.

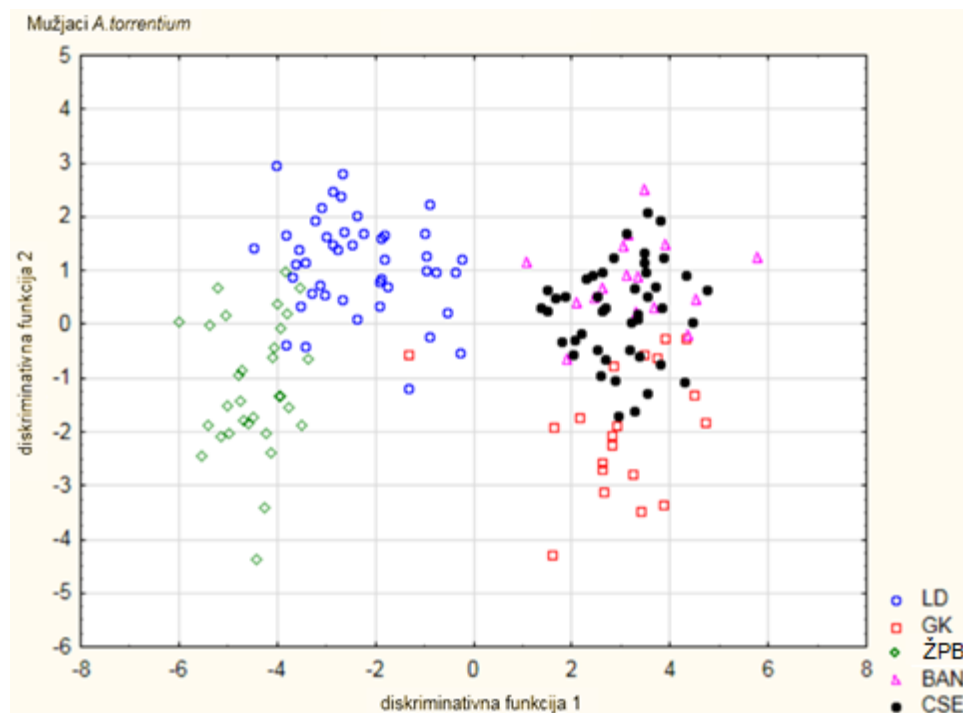
**Tablica 13.** Standardizirani kanonički koeficijenti za kanoničku diskriminantnu funkciju za mužjake svih populacija *a priori* smještenim u filogenetske grupe LD, GK, ŽPB, BAN i CSE.

Morf.mjera	DISK.FUN. 1	DISK.FUN. 2	DISK.FUN. 3	DISK.FUN. 4
ROW	-0,69	0,07	0,02	0,34
APW	0,49	0,36	0,02	0,55
ABH	0,19	0,03	0,30	0,14
CFL-d	-0,28	0,20	0,16	0,15
TEL	-0,48	-0,18	-0,21	-0,85
HEW	0,48	-0,18	0,06	0,19
CGW	-0,74	0,28	0,27	-0,11
CLH-d	-0,41	2,31	0,07	-1,27
CLL-d	-0,80	-2,66	0,67	1,84
CPL-d	1,62	-0,21	-0,62	-1,13
ARW	0,27	-0,24	-0,49	0,28
CPW	0,33	-0,13	-0,85	0,28
TEW	0,27	0,04	-0,79	0,25
ABL	-0,01	0,26	0,76	-0,36
CEF-d	-0,02	-0,21	0,55	-0,30
CPH	0,23	0,11	0,18	0,16
HEL	0,08	0,05	0,28	0,27
ABW	-0,07	-0,19	0,16	0,25
CLW-d	-0,32	0,17	-0,63	0,43
Svojtvena vrijednost	10,59	1,21	0,72	0,18
Objašnjena varijaca	0,83	0,93	0,99	1,00

**Tablica 14.** Standardizirani kanonički koeficijenti za kanoničku diskriminantnu funkciju za ženke svih populacija *a priori* smještenim u filogenetske grupe LD, GK, ŽPB, BAN i CSE.

Morf.mjera	DISK.FUN. 1	DISK.FUN. 2	DISK.FUN. 3	DISK.FUN. 4
ROL	1,13	-0,16	0,34	0,03
TEW	-0,53	0,35	0,57	0,04
APW	-0,47	-0,41	-0,28	0,79
HEL	-0,13	-0,64	0,06	0,06
CGW	0,25	-0,41	0,13	0,28
ARW	-0,49	0,13	0,33	-0,40
TL	0,06	-0,14	-1,75	0,59
ABW	-0,25	-0,52	0,76	0,34
ABL	0,19	0,47	0,10	-0,42
CEW	0,24	0,32	-0,61	-0,54
ABH	-0,43	-0,02	0,04	-0,04
CLH-d	0,20	0,56	-0,87	0,24
CLW-d	0,22	-0,13	-0,18	0,49
CPW	-0,20	-0,33	0,33	0,16
TEL	0,52	0,53	0,29	0,55
HEW	-0,32	0,07	-0,35	-0,19
CPH	0,58	0,16	-0,26	0,27
CLL-d	-0,70	-0,40	1,51	-1,12
CFL-d	-0,02	-0,15	-0,58	0,49
Svojtvena vrijednost	5,32	1,40	0,98	0,63
Objašnjena varijaca	0,64	0,81	0,92	1,00

Za grafički prikaz razdvajanja filogrupa mužjaka (Slika 20.) upotrebene su prva i druga KDF, dok su za ženke (Slika 21.) upotrebene prva i treća KDF. Na grafičkom prikazu kanoničke analize provedene na TM mjerama filogrupa mužjaka rakova, prva KDF najviše odvaja mužjake ŽPB i GK od ostalih filogrupa. Budući da je prva KDF obilježena visokim negativnim opterećenjem za varijable CLL i ROW, a visokim pozitivnim opterećenjem za varijable CPL i APW, može se reći: što su manje vrijednosti CLL i ROW – mužjaci najvjerojatnije pripadaju filogrupu ŽPB ili GK te što su veće vrijednosti CPL i ARW – najvjerojatnije pripadaju filogrupama LD, CSE i / ili BAN. Na jednaki način može se objasniti diskriminacija mužjaka prema drugoj KDF. Druga KDF relativno jasno odvaja mužjake ŽPB od ostalih filogrupa. Budući da je druga KDF obilježena visokim negativnim opterećenjem za varijable CLL i ARW, a visokim pozitivnim opterećenjem za varijable CLH i APW, može se reći: što su manje vrijednosti CLL i ARW – mužjaci najvjerojatnije pripadaju filogrupu ŽPB ili LD te što su veće vrijednosti CEW i CLH – najvjerojatnije pripadaju filogrupama GK, CSE i / ili BAN.

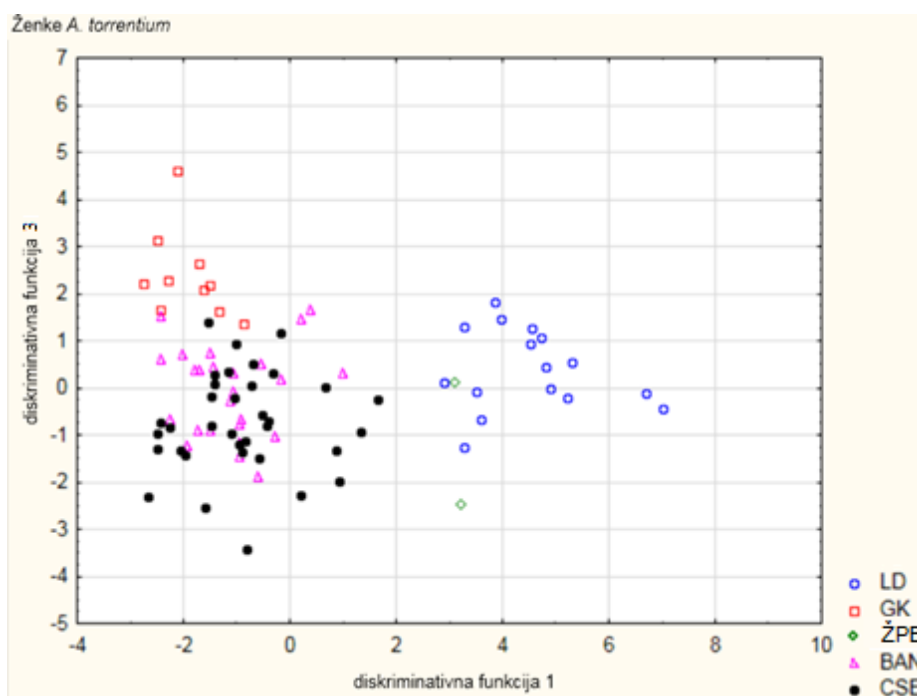


**Slika 20.** Kanonički prikaz diskriminantne analize provedene na tradicionalnim morfometrijskim značajkama mužjaka rakova svih populacija *a priori* smještenim u filogrupe LD, GK, ŽPB, BAN i CSE.

Na grafičkom prikazu kanoničke analize provedene na TM mjerama filogrupa ženki rakova, prva KDF najviše odvaja ženke GK od ostalih filogrupa. Budući da je prva KDF obilježena visokim negativnim opterećenjem za varijable CLL i ARW, a visokim pozitivnim opterećenjem za varijable ROL i TEL, može se reći: što su manje vrijednosti CLL i ARW – ženke najvjerojatnije pripadaju CSE, BAN i ŽPB te što su veće vrijednosti ROL i TEL – najvjerojatnije pripadaju LD i GK. Na jednaki način može se objasniti diskriminacija ženki prema trećoj KDF. Treća KDF najviše odvaja ženke ŽPB i LD od ostalih filogrupa. Budući da je treća KDF obilježena visokim negativnim opterećenjem za varijable TL



i CLH, a visokim pozitivnim opterećenjem za varijable CLL i ABW, može se reći: što su manje vrijednosti TL i CLH – ženke najvjerojatnije pripadaju GK, CSE ili BAN te što su veće vrijednosti CLL i ABW – najvjerojatnije pripadaju filogrupama LD i ŽPB.



**Slika 21.** Kanonički prikaz diskriminantne analize provedene na tradicionalnim morfometrijskim značajkama ženki rakova svih populacija *a priori* smještenim u filogrupe LD, GK, ŽPB, BAN i CSE.

#### 4.2. Rezultati geometrijske morfometrijske analize rakova

Rezultati geometrijske morfometrijske (dalje u tekstu GM) analize glavopršnjaka dobiveni su analizom pet populacija rakova: Orašnica, Jarak (Stojdraga), Sartuk, Delnički potok i Maja. Broj ulovljenih jedinki na istraživanim lokalitetima prikazan je u Tablici 1.

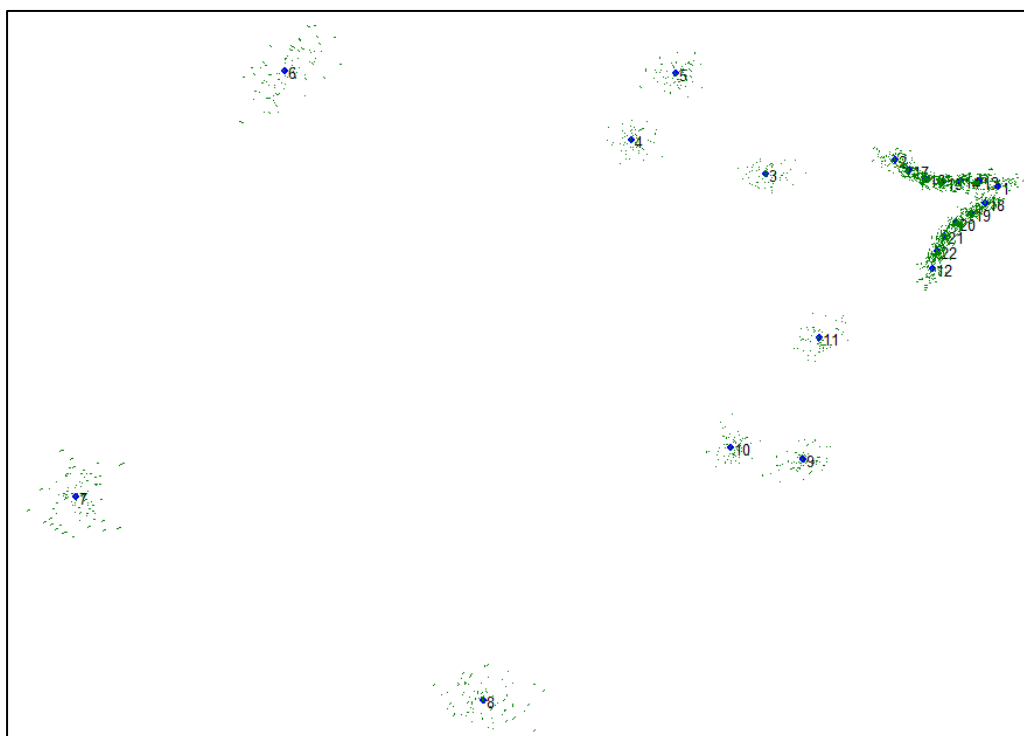
##### 4.2.1. Generalizirana Prokrustova analiza (GPA)

Analizirana su ukupno 93 glavopršnjaka potočnih rakova.

Generaliziranom Prokrustovom analizom dobivene su varijable veličine i oblika glavopršnjaka, tj. za svaku je jedinku istraživanih populacija izračunata veličina centroida (CS) kao varijabla veličine i Prokrustove koordinate kao izdvojene varijable oblika. Vrijednosti centroida 22 karakteristične točke (12 LM i 10 SLM) glavopršnjaka s koordinatama X i Y prikazane su u Tablici 15. Položaj vrijednosti centroida analiziranih jedinki u koordinatnom sustavu prikazan je na Slici 22.

**Tablica 15.** Vrijednosti centroida 22 karakteristične točke glavopršnjaka potočnih rakova.

Karakteristične točke	Koordinata (X)	Koordinata (Y)
1	0,16151865	0,00000000
2	0,09337645	0,04424476
3	-0,02188915	0,07126761
4	-0,09458790	0,12469476
5	-0,04762896	0,15557563
6	-0,32701098	0,25230383
7	-0,58399900	0,00000000
8	-0,32701098	-0,25230383
9	-0,04762896	-0,15557563
10	-0,09458790	-0,12469476
11	-0,02188915	-0,07126761
12	0,09337645	-0,04424476
13	0,09724462	-0,03617515
14	0,10558742	-0,02564559
15	0,11917722	-0,01778149
16	0,13553056	-0,01292733
17	0,15144090	-0,00843718
18	0,15144090	0,00843718
19	0,13553056	0,01292733
20	0,11917722	0,01778149
21	0,10558742	0,02564559
22	0,09724462	0,03617515



**Slika 22.** Prikaz centroida 22 karakteristične točke glavopršnjaka potočnih rakova. Plave točke predstavljaju centroide, zelene manje točkice oko centroida predstavljaju pojedinačne vrijednosti točaka za svaku analiziranu jedinku.

#### 4.2.2. Analiza oblika glavopršnjaka rakova

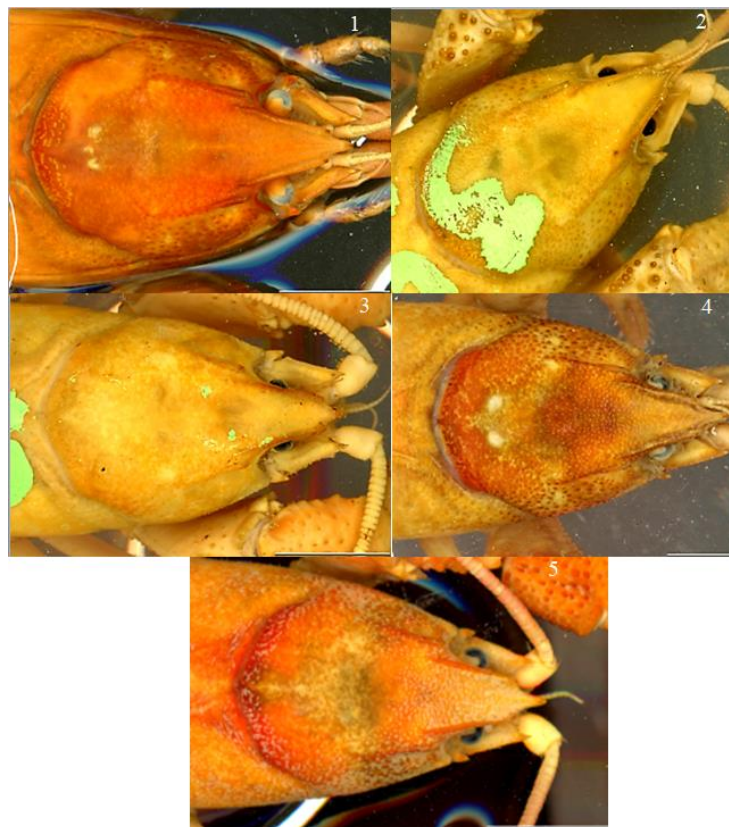
Na osnovu GM metoda prikazano je razdvajanje analiziranih filogrupa potočnih rakova na osnovu promjene oblika glavopršnjaka, primjenom multivarijantne analize – kanonička diskriminantna analiza (CVA).

##### Kanonička diskriminantna analiza

CVA metodom analizirana je ukupna varijabilnost glavopršnjaka svih jedinki, *a priori* definiranih filogrupa (Slika 23.) te njihov položaj u morfo prostoru. U ovom slučaju, formirano je pet filogrupa (Tablica 16.): zelenom bojom prikazan je ‘Gorski Kotar’ (GK), ljubičastom bojom ‘Žumberak, Plitvice i Bjelolasica’ (ŽPB), plavom bojom ‘Lika i Dalmacija’ (LD), crvenom bojom ‘Banovina’ (BAN) te žutom bojom ‘središnja i jugoistočna Europa’ (CSE).

**Tablica 16.** Prikaz ukupnog broja analiziranih jedinki rakova po filogrupama za geometrijsku morfometriju.

Filogrupe	Analizirana populacija formirane filogrupe	Broj analiziranih jedinki rakova
GK	Delnički potok	15
ŽPB	Sartuk	9
LD	Orašnica	26
BAN	Maja	22
CSE	Jarak (Stojdraga)	21



**Slika 23.** Prikaz skeniranih glavopršnjaka po jednoj odabranoj jedinki svake filogrupe. Brojevi pripadaju sljedećim filogrupama: 1 – GK, 2 – ŽPB, 3 – LD, 4 – BAN, 5 – CSE.

Za analizirane jedinke rakova dobivene su četiri kanoničke diskriminantne funkcije (KDF). Položaj rakova u morfo prostoru definiran je dvijema kanoničkim funkcijama, CV1 i CV2, pri čemu prva KDF (CV1) objašnjava varijabilnost od 43,39 %, a druga KDF (CV2) objašnjava varijabilnost oblika u vrijednosti od 30,21 % (Tablica 17.). Prva i druga KDF jasno razdvaja filogrupe ŽPB i donekle GK od ostale tri filogrupe koje se do određene mjere preklapaju (Slika 24.). Najviše preklapanja u morfo prostoru pokazuju filogrupe BAN i LD. Sveukupno razdvajanje svih filogrupa po prvoj i drugoj KDF te tendencije promjena glavopršnjaka prikazane su TPS deformacijskim mrežama (Slika 24.).

**Tablica 17.** Svojtvene vrijednosti (engl. *eigenvalues*) i udio objašnjene varijance u diskriminantnoj analizi geometrijske morfometrije.

Diskr.funk.	Svojtvene vrijednosti	% varijance	% kumulativno
1.	5,288	43,39	43,39
2.	3,682	30,21	73,60
3.	1,824	14,97	88,57
4.	1,393	11,43	100,00

Udaljenosti između pojedinačnih filogrupa predstavljene su kao Prokrustove udaljenosti (Tablica 18.) Najveća udaljenost u morfo prostoru dobivena je između filogrupa CSE i GK (0,0659). Morfo prostori filogrupa BAN / LD te LD / CSE vrlo su bliski s relativnim preklapanjem (Slika 24.) što potvrđuju manje vrijednosti Prokrustovih udaljenosti (0,0315; 0,0273). Neovisno o vrijednostima, vrijedi istaknuti kako su sve Prokrustove udaljenosti između filogrupa potočnih rakova statistički značajne, s  $p$  – vrijednostima značajno manjim od 0,05 (Tablica 18.).

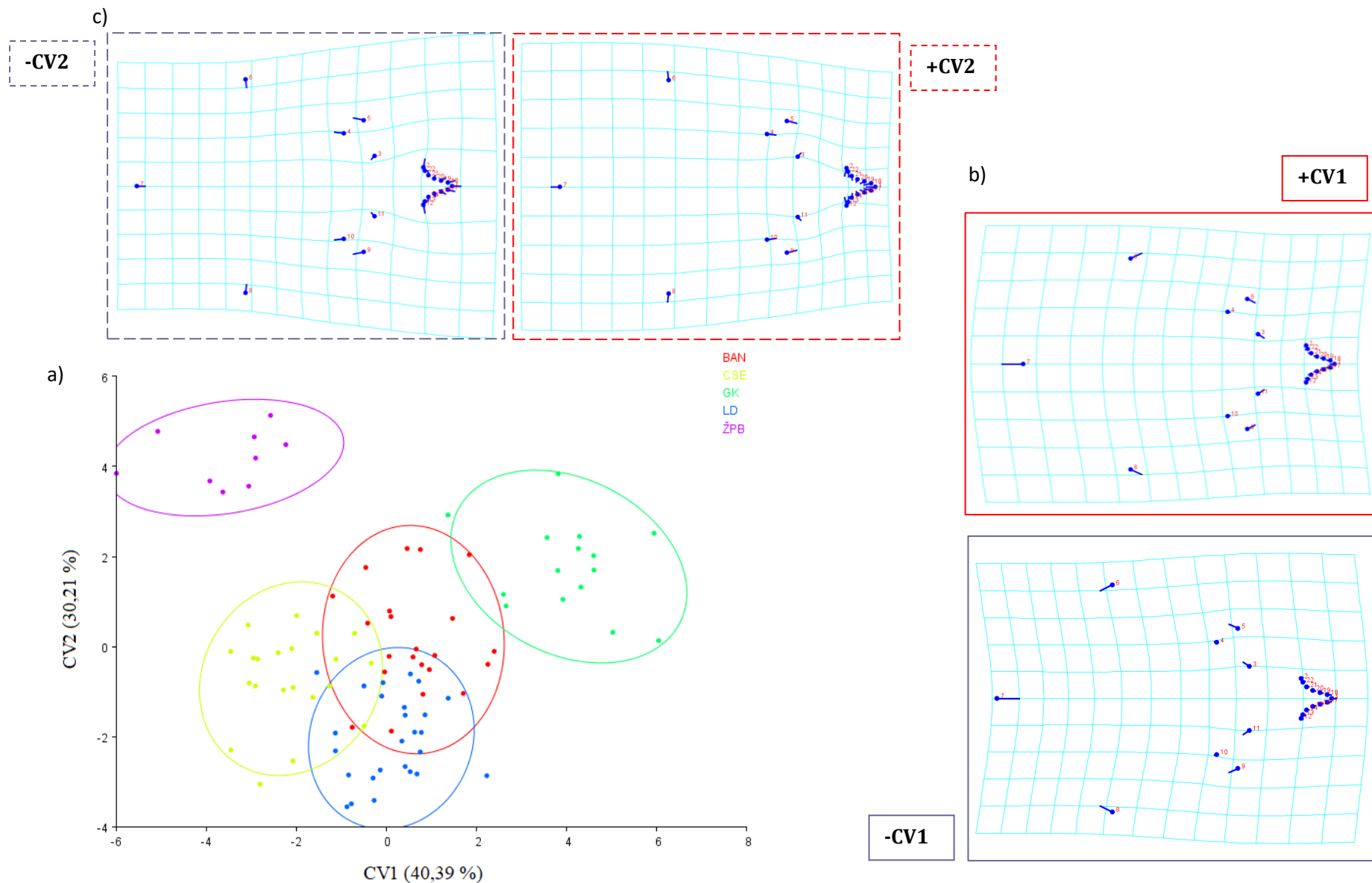
**Tablica 18.** Prokrustove udaljenosti između analiziranih filogrupa rakova su prikazane iznad dijagonale, a P-vrijednosti permutacijskog testa analiziranih Prokrustovih udaljenosti pet filogrupa ispod dijagonale.

	BAN	CSE	GK	LD	ŽPB
BAN	X	0,0425	0,0406	0,0315	0,0542
CSE	<0,0001	X	0,0659	0,0273	0,0538
GK	<0,0001	<0,0001	X	0,0471	0,0510
LD	<0,0001	<0,0001	<0,0001	X	0,0413
ŽPB	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	X

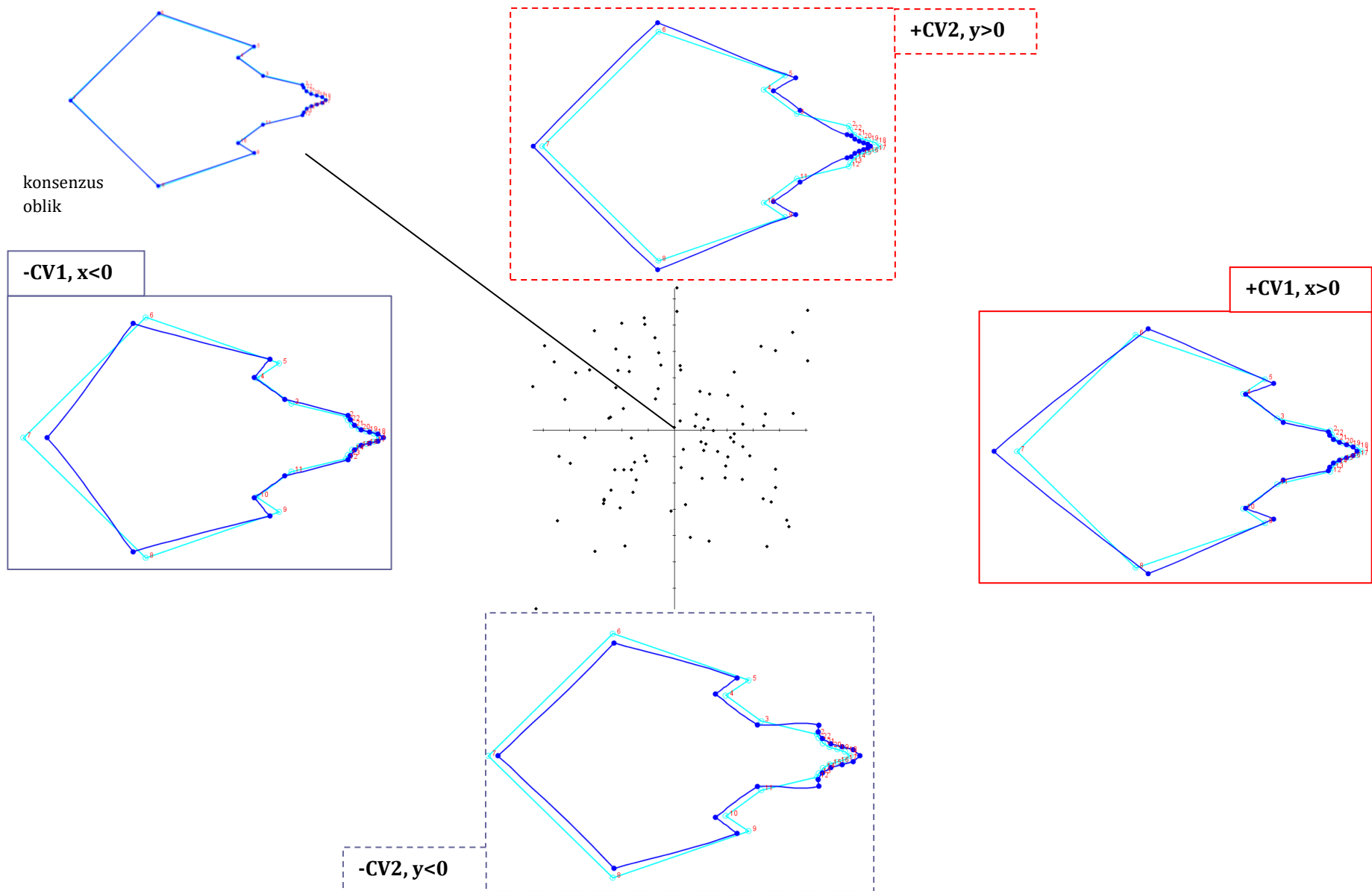
Na osnovu grafičkog prikazu položaja jedinki potočnih rakova (Slika 24.) u odnosu na prvu KDF (CV1), primjećen je trend razdvajanja potočnih rakova filogrupa ŽPB i djelomično GK u odnosu na rakove filogrupa BAN, CSE i LD. Na Slikama 24. i 25. ujedno su grafički prikazane promjena oblika glavopršnjaka koje doprinose razdvajanju analiziranih filogrupa duž prve i druge kanoničke osi (CV1, CV2). Prikazane promjene predstavljaju maksimalne deformacije u pozitivnom i negativnom smjeru koje odgovaraju vrijednostima od +10,0 do -10,0 na prvoj i drugoj kanoničkoj osi. Najuočljivije deformacije koje u najvećoj mjeri doprinose razlikovanju oblika glavopršnjaka jedinki iz različitih filogrupa su prisutne u apikalnom dijelu glavopršnjaka, preciznije u području apeksa, bazi rostruma te širini laternog ruba cervikalne brazde.

Na osnovu promjena u obliku opisanih pozitivnim dijelom prve kanoničke osi, u usporedbi s ostalim filogrupama jedinke iz filogrupe ŽPB i djelomično GK karakteriziraju duži (LM 7) i širi glavopršnjak (LM 6 / 8), lateralni rub karapaksa pomaknut više prema apikalnom dijelu glavopršnjaka (LM 5 i 9) te kraći apeks (1 – 2 / 1 – 12). Na osnovu promjena u obliku iste osi, samo u negativnom dijelu, javlja se suprotna situacija: glavopršnjak je skraćen (LM 7) te uži (LM 6 / 8) s lateralnim rubom karapaksa pomaknutim više prema distalnom dijelu glavopršnjaka (LM 5 i 9) i dužim apeksom (1 – 2 / 1 – 12), što najviše karakterizira rakove iz filogrupe LD .

Kao što je prethodno rečeno, druga kanonička os (CV2) odvaja rakove filogrupe GK i donekle ŽPB od ostalih filogrupa. Promjene u obliku glavopršnjaka koje određuje pozitivni dio druge kanoničke osi (+CV2), a najbolje karakterizira rakove filogrupe GK su generalno robusniji glavopršnjak s užim jednakostraničnijim trokustastim rostrumom (SLM 13 – 17 / 18 – 22) i paralelnost distalnog dijela rostruma na prijelazu prema očnoj šuljini (LM 2 – 3 / 11 – 12) s medijanom osi glavopršnjaka. U negativnom smjeru druge kanoničke osi (-CV2), glavopršnjaci rakova iz preostalih filogrupa (ŽPB, CSE, BAN i LD) karakterizirani su širim i izduženijim rostrumom (SLM 13 – 17 / 18 – 22) nešto manje robusnijim glavopršnjakom s distalnim dijelom rostruma na prijelazu prema očnoj šupljini (LM 2 – 3 / 11 – 12) pod kutom prema medijanoj osi glavopršnjaka. Ove značajke najjače su izražene kod rakova iz filogrupe ŽPB (Slika 24.).



**Slika 24.** a) Kanonički prikaz diskriminantne analize provedene za 22 homologne točke glavopršnjaka rakova analiziranih filogrupa za prve dvije kanoničke diskriminantne funkcije. Promjene oblika glavopršnjaka opisane su dvijema KDF ((b)CV1 – puna crta i (c) CV2 – isprekidana crta) te grafički prikazane TPS deformacijskim mrežama. Promjene (plavi vektori) predstavljaju deformacije mreža koje odgovaraju pozitivnoj 10,0 (prikazano crveno) / negativnoj -10,0 (prikazano plavo) vrijednosti na obje KDF.



**Slika 25.** Promjene oblika glavopršnjaka rakova analiziranih filogrupa (svaka jedinka prikazana crnom točkom na grafu) na „wireframe“ grafu duž pozitivnog / negativnog dijela CV1 i CV2 osi. Konsenzus oblik (hipotetska jedinka s 0,0 koordinatama) olakšava vizualizaciju glavnih promjena oblika. Svjetlo – plava boja označava prosječnu vrijednost oblika, a tamno – plava „najekstremniji“ oblik.

## 5. RASPRAVA

Najveći broj dosadašnjih istraživanja morfološke varijabilnosti slatkovodnih vrsta rakova zasnovan je na deskriptivnim statističkim analizama pojedinih tjelesnih značajki / karakteristika, važnih za identifikaciju vrsta, primjenom metoda tradicionalne morfometrije. Ovo istraživanje varijabilnosti glavopršnjaka rakova vrste *Austropotamobius torrentium* predstavlja, koliko je nama poznato, prvo geometrijsko morfometrijsko istraživanje spomenute vrste. S obzirom da genetske razlike među jedinkama / populacijama oblikuju fenotipska obilježja vrste, upotrebom multivarijantnih statističkih analiza velikog broja morfoloških karakteristika moguće je neposredno zaključiti o genetskoj diferencijaciji među njima (Swain i sur., 1999), ali treba imati na umu da konačni izgled fenotipa oblikuju i različiti utjecaji iz okoliša (Grandjean i Souty – Grosset, 2000; Sint i sur., 2005, 2006). Nužno je naglasiti kako je danas u istraživanjima neophodno analizirati i morfološke i genetske značajke jedinki kako bi ih se prikupili što kvalitetniji i potpuniji podaci / rezultati o proučavanoj vrsti.

Prethodna morfološka istraživanja bazirana na manjem broju morfometrijskih i merističkih karakteristika potočnih rakova, provedena su u svrhu otkrivanja razlika među populacijama vrste *A. torrentium* (Albrecht, 1982; Bott, 1950; M. Karaman, 1929; S. Karaman, 1961). Provedene analize su se pokazale nepouzdanim jer je korišten malen uzorak rakova i broj značajki te nisu utvrđene karakteristike koje doprinose identifikaciji različitih populacija (Holdich i sur., 2006). Recentnija istraživanja na velikom broju morfoloških karakteristika jedinki rakova omogućila su znanstvenicima utvrđivanje statistički značajnih razlika između populacija iste vrste, jednako kao i između različitih vrsta kako potočnog raka (Sint i sur., 2005; Sint i sur., 2006; Sint i sur., 2007; Maguire i sur., 2017) tako i za bjelonogog (Bertocchi i sur., 2008) i uskoškarog raka (Maguire i Dakić, 2011).

Molekularno – filogenetsko i filogeografsko istraživanje na mitohondrijskoj DNA potočnih rakova (Klobučar i sur., 2013) pokazalo je da unutar vrste postoji sedam zasebnih, visoko divergentnih monofiletskih filogeogrupsa. Najveća genetska raznolikost utvrđena je unutar sjeverno – središnje dinarske regije, koja uključuje pet od sedam opisanih filogrupsa: Zeleni Vir (ZV); Gorski kotar (GK); Žumberak, Plitvice i Bjelolasicu (ŽPB); Liku i Dalmaciju (LD) te Banovinu (BAN). Utvrđena genetska raznolikost filogrupsa (ZV, GK, ŽPB, LD) i udaljenost među njima je visoka, što ukazuje na vjerojatnost kako su te opisane filogrupe zapravo kriptične vrste (Klobučar i sur., 2013).

U ovom diplomskom radu, tradicionalnom morfometrijskom analizom obrađeno je ukupno 245 jedinki potočnih rakova iz različitih filogrupsa, koji su ulovljeni na petnaest lokaliteta različitih biogeografskih regija Republike Hrvatske. Izmjerena su i analizirana 24 morfometrijska obilježja po svakoj jedinci te su T – testom utvrđene razlike između mužjaka (156 jedinki) i ženki (89 jedinki) u većini mjerenih parametara (Prilog 16.). Najdulji ulovljeni mužjak bio je dug 100,00 mm (uhvaćen u potoku Krasulja), a najdulja uhvaćena ženka 92,19 mm (uhvaćena u Delničkom potoku), što se podudara s podacima iz istraživanja Maguire i Klobučar (2011) o ukupnoj duljini tijela potočnog raka



koja odgovara veličini od 11 – 15 cm ukupne duljine. Morfometrijske razlike između spolova su bile očekivane, a posljedica su spolnog dimorfizma, koji je produkt alometrijskog rasta, tijekom kojeg nakon postizanja spolne zrelosti kliješta mužjaka i abdomen ženki rastu brže od ostalih dijelova tijela (Grandjean i sur., 1997; Streissl i Hödl, 2002; Vlach i Valdmanová, 2015), a većina analiziranih rakova je bila adultna. Stoga su analize klasičnih / tradicionalnih morfometrijskih značajki provedene odvojeno za svaki spol svih istraživanih lokaliteta / populacija.

Veliki broj mjerenih tradicionalnih morfometrijskih značajki na velikom uzorku čini tradicionalnu morfometrijsku analizu pouzdanim alatom u usporedbama populacija i utvrđivanju značajnih razlika između njih (Sint i sur., 2005; Maguire i Dakić, 2011; Mijošek i sur., 2017; Maguire i sur., 2017). Analizom varijanci (ANOVA), pokazano je postojanje statistički značajnih razlika u većini mjerenih TM značajki među populacijama mužjaka, odnosno ženki. Dokazano je da postoje veće razlike između mužjaka ispitivanih populacija nego između ženki, što je u skladu s istraživanjima provedenih od strane Sint i sur. (2005, 2007), Maguire i sur. (2017) u kojima su također dobiveni takvi rezultati. U ovom istraživanju, mužjaci su se značajno razlikovali u 23 TM značajke od ukupno 25 mjerenih TM značajki, dok su se ženke razlikovale u 16 TM značajki (Prilozi 29. i 30.).

Uz ANOVU proveden je post – hoc test, zasebno za svaki spol, kojim su utvrđene TM značajke koje razlikuju populaciju od populacije. Za ženke, populacije koje se razlikuju u najvećem broju mjerenih morfometrijskih značajki su Orašnica (pripada filogrupi LD) i Vele vode (pripada filogrupi GK), u 6 morfometrijskih značajki. Za mužjake, populacije koje se razlikuju u najvećem broju mjerenih morfometrijskih značajki su Okičnica (pripada filogrupi CSE) i Sopotski slap (pripada filogrupi ŽPB) te Dolje (pripada filogrupi CSE) i Krasulja (pripada filogrupi LD), u 12 morfometrijskih značajki.

Multiplom diskriminantnom analizom utvrđeno je koje morfometrijske mjere najviše doprinose razdvajanju mužjaka (Prilog 31.), odnosno ženki (Prilog 32.), istraživanih populacija rakova. Od 25 TM mjera, za mužjake je utvrđeno kako njih 15 statistički značajno doprinosi razlikama, a za ženke njih 11. Značajke koje najviše doprinose diskriminaciji između populacija su slične onima dobivenim analizom varijanci. Za mužjake, TM značajke, s visokom pozitivnom / negativnom vrijednošću diskriminantne funkcije, opisuju rostrum (ROW, APW), kliješta (CLH) i karapaks (CGW), dok za ženke opisuju rostrum (ROL, APW), karapaks (ABW, CPW,  $\alpha$ ) i ukupnu duljinu (TL). Ovakvi rezultati u skladu su s rezultatima istraživanja Maguire i sur. (2017), Sint i sur. (2007) u kojima je dobiveno da one TM značajke koje doprinose razlikama između populacija, za mužjake opisuju kliješta, glavopršnjak i rostrum te za ženke opisuju karapaks, rostrum i ukupnu duljinu.

Grafičkim prikazom kanoničke diskriminantne analize vidljivo je da se populacije mužjaka, unutar koordinatnog prostora, većinski grupiraju po pripadajućim filogrupama samih populacija, uz neka odstupanja: prvu grupu čine populacije Jarka (Stojdrage) i Okičnice (koje pripadaju filogrupi CSE) zajedno s Bručinom i Majom (koje pripadaju filogrupi BAN); drugu grupu čine populacije

Krasulje i Orašnice (koje pripadaju filogrupi LD) zajedno s Bresnim potokom (koji pripada filogrupi GK); treću grupu zasebno čine populacije Jarka, Sopotskog slapa, Slapnice i Sartuka koje sve pripadaju filogrupi ŽPB; četvrtu grupu čine populacije Delnički potok i Vele vode (koje pripadaju filogrupi GK) zajedno s populacijama Bliznec i Dolje (koje pripadaju filogrupi CSE) (Slika 18.). Vidljivo je kako su sve populacije unutar filogrupa ŽPB, LD i BAN grupirane zajedno, svaka u svom dijelu koordinatnog prostora. Preklapanje se javlja unutar filogrupe CSE koja se rasteže između filogrupa BAN i GK (Slika 20.). Populacije ženki se isto grupiraju po pripadajućim filogrupama: prvu grupu čine populacije Vele vode i Delnički potok (koje pripadaju filogrupi GK) zajedno s populacijama Dolje i Jarak (Stojdraga) (koje pripadaju filogrupi CSE); drugu grupu čine populacije Orašnica i Krasulja (koje pripadaju filogrupi LD); treću grupu čine populacije Okičnice i Blizneca (koje pripadaju filogrupi CSE) zajedno s populacijama Maje i Brućine (koje pripadaju filogrupi BAN) (Slika 19.). Vidljivo je da su se populacije koje pripadaju filogrupi LD jasno odvojile od ostalih i da se donekle preklapaju s populacijama iz filogrupe ŽPB (Slika 21.). Preklapanje je najviše uočljivo između filogrupa CSE i BAN, što se podudara s rezultatima za mušjake. Isto tako se jasno odvajaju populacije ženki koje pripadaju filogrupi GK (Slika 21.). Populacije Sartuk, Jarak i Bresni potok nisu uključene u kanoničku diskriminantnu analizu jer na tim lokalitetima nisu uhvaćene ženke. Analiza dobivenih rezultati potvrđuju hipotezu postojanja intraspecijske divergencije među različitim populacijama u TM značajkama za oba spola te su rezultati podudarni rezultatima analiza populacija *a priori* grupiranih u filogenetske grupe. Rezultati su pokazali da razlike u TM značajkama između populacija / filogrupa, za oba spola, reflektiraju geografsku udaljenost, što se poklapa rezultatima koje su dobili Klojučar i sur. (2013), ali je u suprotnosti s rezultatima Maguire i sur. (2017). Diskriminantna analiza populacija / filogrupa, za mušjake, je pokazala dobru razdvojenost između geografski udaljenijih filogrupa CSE i LD te slabu diskriminaciju između geografski bližih filogrupa CSE i BAN. Dobra razdvojenost među populacijama / filogrupama potvrđena je i visokim postocima točno klasificiranih jedinki po populacijama / filogrupama. Najviši postotak točne klasifikacije mušjaka po populacijama (Tablica 5.), dobiven je za populacije Krasulja, Slapnica, Delnički potok, Maja i Bliznec, a najmanji za populacije Sopotskog slapa i Okičnice. Niski postotak točne klasifikacije se za populaciju Okičnice može objasniti činjenicom da su sve jedinke smještene u populacije (Jarak (Stojdraga), Bliznec i Dolje) koje pripadaju filogrupi CSE, kao što pripada i populacija Okičnica. Klasifikacija mušjaka *a priori* grupiranih po filogrupama (Tablica 7.) pokazala je veći postotak točnosti (89,10 %) (u usporedbi s dobivenim postotkom klasifikacije po populacijama; 86,45 %). Visok postotak točne klasifikacije pokazuju jedinke iz filogrupa LD, GK i ŽPB, dok su najniže vrijednosti dobivene za mušjake iz filogrupe BAN. Takva niska vrijednost može ukazivati da su očito populacije mušjaka filogrupe BAN slične jedinkama filogrupe CSE, što rezultati ANOVE i post – hoc testa potvrđuju jer se međusobno razlikuju u jako malo TM značajki te se rezultat poklapa s molekularno – filogenetskim istraživanjima Klojučara i sur. (2013) koji opisuju filogrupe CSE i BAN kao bliske na filogramu. Potrebna su daljnja istraživanja ovakve nerazjašnjene politomije jedne grane

koji se sastoji od filogrupa BAN, CSE i SB i četiri grane koji pripadaju NCD regiji (GK, ZV, ŽPB i LD). Za razliku od mužjaka, ukupni postotak točno klasificiranih ženki po populacijama (Tablica 6.) je veći (88,51 %) od onog dobivenog za klasifikaciju po filogrupama (84, 27 %; Tablica 8.). Od 10 analiziranih populacija, njih 6 pokazuju 100 % točnu klasifikaciju (Orašnica, Krasulja, Vele vode, Bliznec, Dolje i Jarak (Stojdraga)). Najniža točnost klasifikacije zabilježena je za populaciju Brućina za koju su dvije jedinke svrstane u populaciju Maja te jedna u populaciju Okičnica, što se podudara sa sličnošću mužjaka filogrupa BAN i CSE. Jedinke filogrupe LD 100 % su točno klasificirane, a najmanji postotak dobiven je za jedinke filogrupe ŽPB. Sumarno, ovakvo dobro odvajanje i relativno visoki postoci točnosti klasifikacije pojedinog spola jedinki po populacijama / filogrupama s velikog geografskog područja, govori o jasnoj morfološkoj diferencijaciji pojedinih filogrupa te da same metode tradicionalne morfometrije mogu biti pouzdano korištene u razdvajanju populacija / filogrupa. Ujedno, dokazano je kako je tradicionalna morfometrija podudarna s molekularno – filogenetskim rezultatima, što je u skladu s prethodnim istraživanjima provedenim na vrsti *A. torrentium* (Sint i sur., 2007; Maguire i sur., 2017 ) te drugim vrstama porodice Astacidae (Bertocchi i sur., 2008, Maguire i Dakić, 2011).

Primjenom metoda geometrijske morfometrije po prvi puta je proučavana varijabilnost veličine i oblika glavopršnjaka (fokus na anteriorni dio rostruma i karapaks ledne strane jedinki) 93 jedinke potočnih rakova iz pet populacija: Orašnica, Jarak (Stojdraga), Sartuk, Delnički potok i Maja. Do sada, geometrijska morfometrija korištena je samo u istraživanjima Scaliccia i sur. (2010, 2012) u svrhu razjašnjavanja i pružanja kvalitetnije procjene filogenetskog i klasifikacijskog statusa kompleksa vrste *A. pallipes* na temelju analize oblika i veličina glavopršnjaka rakova. U spomenutom istraživanju, utvrđeno je da ne postoje statistički značajne razlike između oblika glavopršnjaka mužjaka i ženki bjelonogih rakova, stoga smo u ovom istraživanju podatke za mužjake i ženke analizirali zajedno.

U skladu sa ciljem uspoređivanja rezultata dobivenih geometrijskom morfometrijom s rezultatima tradicionalne morfometrijske analize i prethodno provedenih filogenetskih istraživanja, jedinke rakova korištene za geometrijsku morfometrijsku analizu grupirane su u filogrupe, pri čemu je svaka filogrupa bila predstavljena jednom populacijom. Rezultati su pokazali da postoji statistički značajna razlika u obliku glavopršnjaka rakova iz različitih filogrupa. Primjenom diskriminantne analize, dobivena je jasna slika analiziranog uzorka u morfo prostoru (Slika 24.): filogrupe ŽPB i GK najjasnije su se odvojile od ostalih filogrupa, dok se jedinke filogrupa BAN, LD te CSE djelomično međusobno preklapaju. Nadalje, moguće je tumačenje rezultata po uzoru na Scaliccia i sur. (2010, 2012), da takva dva grupiranja (odvojeno ŽPB i GK) ukazuju kako jedinke unutar filogrupa imaju sličnije oblike glavopršnjaka i rostruma. Grafovi kanoničkih diskriminantnih analiza tradicionalnih i geometrijskih morfometrijskih značajki pokazuju određene sličnosti u grupiranju. Za oba pristupa,

svakako je uočljivo odvajanje jedinki filogrupa ŽPB i GK od ostalih filogrupa te preklapanje jedinki iz filogrupa BAN i CSE, što se podudara i s rezultatima molekularno – filogenetskih istraživanja potočnih rakova (Klobučar i sur., 2013).

Istraživanje i utvrđivanje fenotipske varijabilnosti s fokusom na glavopršnjak rakova različitih filogrupa poboljšano je u odnosu na prethodna istraživanja u kojima je korišteno fotografiranje jedinki (Scalicia i sur., 2010, 2012) na način da su jedinke skenirane, što je brža i preciznija tehnika.

Usporedbom rezultata tradicionalnih morfometrijskih analiza s geometrijskim, utvrđeno je kako mjere glavopršnjaka značajno doprinose razlikama između populacija / filogrupa. Vrijedi napomenuti kako pri mjerenju TM značajki rostruma i apeksa može doći do pogrešaka u preciznosti, s obzirom na malenu veličinu spomenutih dijelova tijela rakova, tako da dobivene statistički značajne razlike njihovom analizom mogu biti netočne / nedovoljno precizne. Rezultati pokazuju kako TM značajke koja najviše pridonose diskriminaciji ženki različitih filogrupa, u prvoj funkciji, jesu one na rostrumu (ROL). Kod mužjaka različitih filogrupa, diskriminaciji najviše doprinose TM značajke na glavopršnjaku i rostrumu (ROW, CGW, CLH i HEW). Diskriminacija na temelju ovih značajki se podudara s diskriminacijom dobivenom geomorfometrijskim analizama.

## 6. ZAKLJUČCI

Statističkom analizom tradicionalnih morfometrijskih značajki utvrđeno je da postoje značajne razlike između spolova, čime je potvrđeno postojanje spolnog dimorfizma u potočnih rakova.

Potvrđeno je kako među istraživanim populacijama mužjaka i ženki potočnih rakova postoje statistički značajne razlike u većini mjerenih tradicionalnih morfometrijskih mjera. Diskriminaciji mužjaka i ženki najviše doprinose TM značajke glavopršnjaka (rostruma / glave) i kliješta.

Rezultati kanoničkih analiza tradicionalnih morfometrijskih značajki populacija mužjaka i ženki ukazuju na njihovo grupiranje i razdvajanje podudarno s grupiranjem i razdvajanjem na temelju filogenetske pripadnosti.

Po prvi puta je provedena analiza geomorfometrijskih značajki potočnih rakova.

Rezultati standardnih geomorfometrijskih analiza 22 homologne točke, smještene na glavopršnjaku rakova, ukazuju na postojanje značajnih razlika između različitih populacija / filogrupa potočnih rakova.

Rezultati analiza tradicionalnih i geometrijsko morfometrijskih značajki su podudarni, kako međusobno, tako i s rezultatima molekularno – filogenetskih analiza.

Tehnike geometrijske morfometrije pokazale su se adekvatnima za utvrđivanje varijabilnosti oblika i veličina glavopršnjaka potočnih rakova. Sukladno tome, geometrijska morfometrija, kao novi pristup istraživanju morfoloških struktura potočnih rakova, može unaprijediti i upotpuniti populacijsko – ekološka istraživanja bliskih filogrupa ove vrste.

## 7. 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.
- Adams D. C., Rohlf F. J., Slice D. E. (2004): Geometric morphometrics: ten years of progress following the “revolution”. *Italian Journal of Zoology*, **71**: 5-16.
- Adams, D.C., Rohlf, F.J., Slice, D.E. (2013): A field comes of age: geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix, Italian Journal of Mammalogy*, **24**: 7–14.
- Albrecht, H. (1982): Das System der Europa` ischen Flusskrebse (Decapoda, Astacidae): Vorschlag und Begründung. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut* **79**: 187–210.
- Balian, E. V., Segers, H., Lèveque, C., Martens, K. (2008): The Freshwater Animal Diversity Assessment: an overview of the results. *Hydrobiologia*, **595**: 627-637.
- Begg, G. A., Friedland, K. D., Pearce, J. P. (1999): Stock identification and its role in stock assessment and fisheries management: an overview. *Fisheries Research*, **43**: 1–8.
- Bertocchi, S., Brusconi, S., Gherardi, F., Scalici, M. (2008): Morphometrical characterization of the *Austropotamobius pallipes* species complex. *Journal of Natural History*, **42**: 31-32.
- Bookstein, F.L. (1991): *Morphometric Tools for Landmark Data*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Capelli, G. M., Magnusson, J. J. (1975): Reproduction, moulting and distribution of *Orconectes propinqua* (Girard) in relation to temperature in a north mesotrophic lake. *Freshwater crayfish*, **2**: 415–427.
- Cataudella, R., Puillandre, N., Grandjean, F. (2006): Genetic analyses for conservation of *Austropotamobius italicus* populations in Marches region (Central Italy). *Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture* , **380-381**: 991-1000.
- Chambers, C.L., Payne, J.F., Kennedy, M.L. (1979): Geographic variation in the dwarf crayfish, *Cambarellus puer* Hobbs (Decapoda: Cambaridae). *Crustaceana*, **36**: 39–55.
- Cheverud, J. M. (1995): Morphological integration in saddle-back tamarin (*Saguinus fuscicollis*) cranium. *American Naturalist*, **145**: 63-89.
- Crandall K. A., Harris D. J., Fetzner J. W. (2000): The monophyletic origin of freshwater crayfish estimated from nuclear and mitochondrial DNA sequences. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, **267**: 1679-1686.
- 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.
- Cukerzis J. (1988): *Astacus astacus* in Europe. U: D.M. Holdich i R.S. Lowery: Freshwater crayfish: biology, managment and exploitation. London, Croom Helm (Chapman i Hall).
- Dakić, L., Maguire, I. (2016): Year cycle and morphometrical characteristics of *Austropotamobius torrentium* from two karstic rivers in Croatia. *Natura Croatica*, **25**: 1, 87–100.

- De Grave, S., Pentcheff, N. D., Ahyong, S. T., Chan, T.-Y., Crandall, K. A., Dworschak, P. C., Felder, D. L., Feldmann, R. M., Fransen, C. H. J. M., Goulding, L. Y. D., Lemaitre, R., Low, M. E. Y., Martin, J. W., Ng, P. K. L., Schweitzer, C. E., Tan, S. H., Tshudy, D., Wetzer, R. (2009): A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. *Raffles Bulletin of Zoology, Supplement*, **21**: 1–109.
- Dryden, I.L., Mardia, K.V. (1998): *Statistical Shape Analysis*. John Wiley and Sons, New York.
- Entz G. (1914): Über die Flusskrebse Ungarns. *Mathematische und Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn*, **30**: 67–127.
- Fratini, S., Zaccara, S., Barbaresi, S., Grandjean, F., Souty-Grosse, C., Crosa, G., Gherardi, F. (2005): Phylogeography of the threatened crayfish (genus *Austropotamobius*) in Italy: implications for its taxonomy and conservation. *Heredity*, **94**: 108–118.
- Füreder, L., Gherardi, F., Souty-Grosset, C. (2010): *Austropotamobius torrentium*. In: IUCN Red List of Threatened Species, Version 2015-4. [www.iucnredlist.org]
- Füreder, L., Machino, Y. (2002): A revised determination key of freshwater crayfish in Europe. *Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen vereins in Innsbruck*, **89**, 169-178.
- Gaston K. J., David R. (1994): Hotspots across Europe. *Biodiversity Letters*, **2**, 108–116.
- Gottstein, S., Hudina, S., Lucić, A., Maguire, I., Ternjej, I., Žganec, K. (2012): Crveni popis rakova (Crustacea) slathik i boćatih voda Hrvatske. Državni Zavod za zaštitu prirode, Zagreb, Republika Hrvatska.
- Gottstein, S., Kerovec M., Maguire, I., Bukvić, I. (1999): Ecological notes on *Austropotamobius pallipes italicus* (Faxon, 1914) (*Decapoda, Astacidae*) in a karstic spring of Neretva delta (Croatia). *Freshwater Crayfish*, **12**: 620-627.
- Grandjean, F., D. Romain, C. Avila-Zarza, M. Bramard, C. Souty-Grosset, and J.P. Mocquard. (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.
- Harlioglu, 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.
- Hobbs, H.H. Jr. (1988): Crayfish distribution, adaptive radiation and evolution. U: D.M. Holdich, R.S. Lowery *Freshwater Crayfish: Biology, Menagment and Exploitation*. Croom Helm, London.
- Holdich D. M. (2002): Present distribution of Crayfish in Europe and some adjoining countries. *Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture*, **367**: 611-65.
- Holdich D. M., Lowery R. S. (1988): *Freshwater crayfish – biology, management and exploitation*. University Press, Cambridge.
- Holdich D. M., Reynolds J. D., Souty-Grosset C., Sibley P. J. (2009): A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **11**: 394-395.
- 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.: *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation?* A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.

Holland, E. (2009): Limitations of traditional morphometrics in research on the attractiveness of faces. *Psychonomic Bulletin & Review*, **16**(3): 613-615.

<http://www.ecrr.org/RiverRestoration/Whyrestorerivers/tabid/2642/Default.aspx> (stranici pristupljeno 01.05.2018. godine)

Huber, M.G.J., Schubart, C.D. (2005): Distribution and reproductive biology of *Austropotamobius torrentium* in Bavaria and documentation of a contact zone with the alien crayfish *Pacifastacus leniusculus*. *Bulletin Francais de Pêche et Pisciculture*, **376–377**: 759–776.

Ivanović, A., Kalezić, M. (2009): Evolucionarna morfologija. Teorijske postavke i geometrijska morfometrija. Beograd: Biološki fakultet Univerziteta Beogradu.

Jelić, M., Klobučar, G. I., Grandjean, F., Pulliandre, N., Franjević, D., Futo, M., Amouret, J., Maguire, I. (2016): Insights into the molecular phylogeny and historical biogeography of the white-clawed crayfish (Decapoda, Astacidae). *Molecular Phylogenetic Evolution*, **103**: 26–40.

Karaman, M. S. (1961): Slatkovodni rakovi Jugoslavije. *Ribarstvo Jugoslavije*, **3**: 1–33.

Karaman, S. (1929): Die Potamobiiden Jugoslvien. *Glasnik zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini*, **41**: 147–150.

Kendall, D.G. (1977): The diffusion of shape. *Advances in Applied Probability*, **9**: 428–430.

Klingenberg, C. P. (2002): Morphometrics and the role of the phenotype in studies of the evolution of developmental mechanisms. *Gene*, **287**: 3-10.

Klingenberg, C. P. (2015): Analyzing Fluctuating Asymmetry with Geometric Morphometrics: Concepts, Methods, and Applications. *Symmetry*, **7**(2): 843-934.

Klingenberg, C.P., Monteiro, L.R. (2005): Distances and directions in multidimensional shape spaces: implications for morphometric applications. *Systematic Biology*, **54**: 678–688.

Klingenberg, P. C. (2013): Visualizations in geometric morphometrics: how to read and how to make graphs showing shape changes. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, **24** (1): 15–24.

Klobučar, I. V. G., Podnar, M., Jelić, M., Franjević, D., Faller M., Štambuk, A., Gottstein, S., Simić, V., Maguire, I. (2013): Role of the Dinaric Karst (western Balkans) in shaping the phylogeographic structure of the threatened crayfish *Austropotamobius torrentium*. *Freshwater Biology*, **58**: 1089–1105.

Koehl, M. A. R. (1996): What does morphology matter? *Annual Review of Ecology and Systematics*, **27**: 501-542.

Kouba, A., Petrušek, A., Kozák, P. (2014): Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps, *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **401**: 31.

Laurent PJ, Sussillon M (1962): Les e´ crevisses en France. *Hydrobiologia*, **9**: 336–395.

Lodge, D.M., Hill, A.M. (1994): Factors governing species composition, population size and productivity of cool water crayfishes. *Nordic Journal of Freshwater Research*, **69**, 111–136.

Longshaw, M., Stebbing, P. (2016): *Biology and Ecology of crayfish*, CRC Press

Machino, Y., Füreder, L. (2005): How to find a stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803): a biogeography study in Europe. *Bulletin Francais de Pêche et Pisciculture*, **376–377**: 507–517.

Machino, Y., Holdich, D. M. (2006): Distribution of crayfish in Europe and adjacent countries: updates and comments. *Freshwater Crayfish*, **15**: 292– 323.



Maguire, I. (2002): Porodica Astacidae u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Maguire, I. (2010): Slatkovodni rakovi, Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

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., Gottstein-Matočec, S. (2004): The distribution pattern of freshwater crayfish in Croatia. *Crustaceana*, **77** (1): 25-49.

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.

Maguire, I., Klobučar, G. (2011): Size structure, maturity size, growth and condition index of stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in North-West Croatia. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **401**: 12.

Maguire, I., Klobučar, G., Žganec, K., Jelić, M., Lucić, A., Hudina, S. (2017): Recent changes in distribution pattern of freshwater crayfish in Croatia - threats and perspectives. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **419**: 2.

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.

Martin, J. W., Davis, G. E. (2001): An updated classification of the recent *Crustacea*. Natural History Museum of Los Angeles county, Science series 39, Los Angeles.

Mijošek, T., Jelić, M., Mijošek, V., Maguire, I. (2017): Molecular and morphometric characterisation of the invasive signal crayfish populations in Croatia. *Limnologica*, **63**: 107-118.

Miller, R. I., Olson, E. C., Magwene, P. (1999): *Morphological Integration*. University of Chicago Press, Chicago.

Narodne Novine (2013): Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama. Narodne novine 144/13

Narodne Novine (2013): Zakon o zaštiti prirode. Narodne novine 80/13.

Nyström, P. (2002). Ecology. U: Holdich, D. M. (ur.) *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science, Oxford, 192-235.

Nyström, P., Brönmark, C., Granéli, W. (1996): Patterns in benthic food webs: a role for omnivorous crayfish? *Freshwater Biology*, **36**: 631-646.

Pöckl, M. (1992): Bestimmungsschlüssel für österreichische Flußkrebse (Klasse Crustacea, Unterklasse Malacostraca, Ordnung Decapoda, Abteilung Astacura). *Lauterbornia*, **10**: 1-8.

Reynolds, J. D. (2002): Growth and reproduction. U: Holdich, D. M. (ur.), *Biology of Freshwater Crayfish*. Oxford, Blackwell Science, 152-191.

Rohlf, F. J., Slice D. E. (1990): Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic Zoology*, **39**: 40-59.

Rohlf, F.J. (1990): Morphometrics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **21**: 299-316.

Rohlf, F.J. (1999): Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces. *Journal of Classification*, **16**: 197-223.

- Rohlf, F.J. (2000): On the use of shape space to compare morphometric methods. *Hystrix, Italian Journal of Mammalogy*, **11**: 9–25.
- Scalici, M., Gibertini G. (2009): Sexual dimorphism and ontogenetic variation in the carapace of *A. pallipes* (Lereboullet, 1858). *Italian Journal of Zoology*, **76**: 179–188.
- Scalici, M., Macale, D., Gibertini, G. (2010): Allometry in the ontogenesis of *Austropotamobius pallipes* species complex (Decapoda: Astacidae): the use of geometric morphometrics. *Italian Journal of Zoology*, **77**: 296–302.
- Scalici, M., Bravi, R. (2012): Solving alpha-diversity by morphological markers contributes to arranging the systematic status of a crayfish species complex (Crustacea, Decapoda). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, **50** (2): 89–98.
- Schulz, N., Kirchlehner, W. (1984): Der Steinkrebsbestand *Astacus torrentium* (Schrank) im Spintikbach (Kärnten, Österreich). *Österreichs Fischerei*, **37**: 47–57.
- Sint, D., Dalla Via, J., Füreder, L. (2005): Morphological variations in *Astacus astacus* L. and *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) populations. U Füreder, L. and Souty Grosset, C.: European native crayfish in relation to land-use and habitat deterioration with a special focus on *Austropotamobius torrentium*. *Bulletin Francais de Pêche et Pisciculture*, **4**: 376–377, 637–652.
- Sint, D., Dalla Via, J., Füreder, L. (2006): The genus *Austropotamobius* in the Ausserfern region (Tyrol, Austria) with an overlap in the distribution of *A. torrentium* and *A. pallipes* populations. *Bulletin Francais de Pêche et Pisciculture*, **380–381**: 1029–1040.
- Sint, D., Dalla Via, J., Füreder, L. (2007): Phenotypical characterization of indigenous freshwater crayfish populations. *Journal of Zoology*, **273**: 210–219.
- Skurdal, J., Taugbøl, T. (2002): *Astacus*. U: Holdich, D.M.: *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science, Oxford, 467–510.
- Streissl, F., Hödl, W. (2002): Growth, morphometrics, size at maturity, sexual dimorphism and condition index of *Austropotamobius torrentium* Schrank. *Hydrobiologia*, **477**: 201–208.
- Streissl, F., Hödl, W. (2002)a: Habitat and shelter requirements of the stone crayfish, *Austropotamobius torrentium* Schrank. *Hydrobiologia*, **477**: 195–199.
- Swain, D.P., Foote, C.J. (1999): Stock and chameleons: the use of phenotypic variation in stock identification. *Fisheries Research*, **43**: 113–128.
- 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.: *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science, Oxford, 236–257.
- Trontelj, P., Machino Y., Sket B. (2005): Phylogenetic and phylogeographic relationships in the crayfish genus *Austropotamobius* inferred from mitochondrial COI gene sequences. *Molecular Phylogenetic and Evolution*, **34**: 212–226.
- Van Valen L. (1973): A new evolutionary law. *Evolutionary Theory*, **1**: 1–30.
- Verovnik, R., Sket, B., Trontelj, P. (2004): Phylogeography of subterranean and surface populations of water lice *Asellus aquaticus* (Crustacea: Isopoda). *Molecular Ecology*, **13**: 1519–1532.
- Vlach, P., Valdmanová, L. (2015): Morphometry of the stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in the Czech Republic: allometry and sexual dimorphism. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **416**: 16.

Zaccara, S., Stefani, F., Gali, P., Nardi, P. A., Crosa, G. (2004): Taxonomic implications in conservation management of white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes*) (Decapoda, Astacidae) in Northern Italy. *Biological Conservation*, **120**: 1-10.

Zelditch, M.L., Swiderski, D. L., Sheets, H. D., Fink, W. L. (2004): *Geometric Morphometrics for Biologists: A primer*. Academic Press.

## 8. PRILOZI

1. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Bliznec, Medvednica
2. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Bresni potok
3. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Brućina
4. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Delnički potok
5. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet potok Dolje
6. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Jarak
7. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Jarak, pritok Bregane, Stojdraga
8. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Krasulja
9. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet potok Maja
10. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Okičnica
11. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Orašnica
12. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Sartuk
13. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Slapnica
14. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Sopotski slap

- 15.** Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Vele vode
- 16.** Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki, za sve lokalitete zajedno - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju
- 17.** Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Bliznec - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju
- 18.** Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Brućina - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju
- 19.** Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Delnički potok - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju
- 20.** Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Dolje - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju
- 21.** Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Jarak (Stojdraga) - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju
- 22.** Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Krasulja - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju
- 23.** Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Maja - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju
- 24.** Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Okičnica - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju
- 25.** Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Orašnica - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju
- 26.** Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Slapnica - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju
- 27.** Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Sopotski slap - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju
- 28.** Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Vele vode - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju

**29.** Analiza varijance za mužjake; mjerene morfometrijske značajke koje se značajno razlikuju označene su crvenom bojom ( $p < 0,05$ )

**30.** Analiza varijance za ženke; mjerene morfometrijske značajke koje se značajno razlikuju označene su crvenom bojom ( $p < 0,05$ )

**31.** Rezultati diskriminantne analize za mužjake

**32.** Rezultati diskriminantne analize za ženke

1. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfolometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Bliznec, Medvednica

Morfol.mjera	Spol=M, Populacije=potok Bliznec, Medvednica					Spol=F, Populacije=potok Bliznec, Medvednica				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.
TL	7	63,59	50,65	78,31	9,00	7	60,21	48,08	74,55	8,86
ROL	7	5,64	4,02	7,07	1,01	7	5,16	4,13	6,44	0,86
HEL	7	14,71	12,07	16,17	1,40	7	14,02	11,75	16,33	1,88
ARL	7	10,64	9,40	13,67	1,46	7	9,78	7,70	11,51	1,42
ABL	7	23,89	19,06	28,82	3,50	7	21,64	17,32	27,35	3,77
TEL	7	9,00	6,51	11,18	1,53	7	8,36	7,28	10,09	0,92
CLL-d	7	22,79	17,83	27,49	3,63	7	19,84	15,23	23,90	3,36
CFL-d	7	13,16	9,16	15,80	2,26	7	11,50	8,35	14,47	2,26
CPL-d	7	9,25	7,50	11,25	1,37	7	8,22	6,32	10,07	1,43
CLH-d	7	6,17	5,06	8,01	1,08	7	5,65	4,47	6,88	0,94
CLW-d	7	9,86	7,66	12,30	1,61	7	9,01	7,42	11,16	1,57
CPH	7	15,86	12,35	19,17	2,59	7	14,99	12,19	18,72	2,23
ABH	7	9,78	7,91	11,99	1,48	7	9,21	7,74	10,64	1,24
HEW	7	10,38	8,98	11,77	1,10	7	9,75	8,26	11,10	1,13
ROW	7	4,56	3,90	5,47	0,55	7	4,21	3,64	5,14	0,56
CGW	7	14,19	11,48	16,26	1,70	7	13,65	10,93	16,41	2,25
CPW	7	16,02	13,06	18,35	2,01	7	15,36	12,44	18,52	2,46
ARW	7	4,22	3,19	5,05	0,65	7	4,24	2,44	5,52	1,01
CEW	7	14,27	10,85	16,86	2,19	7	13,34	10,31	16,24	2,44
ABW	7	15,48	11,92	19,27	2,65	7	14,00	11,32	18,26	2,51
TEW	7	8,14	6,58	9,70	1,09	7	7,48	6,17	8,82	1,06
CEF-d	7	28,58	22,89	33,45	3,52	7	26,17	21,44	32,09	3,91
APL	7	2,01	1,26	2,99	0,63	7	1,79	1,26	2,43	0,38
APW	7	1,31	0,95	1,52	0,22	7	1,13	0,20	1,75	0,48
Kut $\alpha$	7	2,87	2,84	2,90	0,02	7	2,84	2,80	2,90	0,04

2. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfolometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Bresni potok

Morfol.mjera	Spol=M, Populacije=Bresni potok				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.
TL	1	62,48	62,48	62,48	
ROL	1	6,97	6,97	6,97	
HEL	1	13,65	13,65	13,65	
ARL	1	10,75	10,75	10,75	
ABL	1	22,29	22,29	22,29	
TEL	1	9,01	9,01	9,01	
CLL-d	1	26,18	26,18	26,18	
CFL-d	1	15,43	15,43	15,43	
CPL-d	1	9,48	9,48	9,48	
CLH-d	1	6,80	6,80	6,80	
CLW-d	1	11,20	11,20	11,20	
CPH	1	14,50	14,50	14,50	
ABH	1	9,20	9,20	9,20	
HEW	1	8,99	8,99	8,99	
ROW	1	5,88	5,88	5,88	
CGW	1	14,52	14,52	14,52	
CPW	1	16,75	16,75	16,75	
ARW	1	5,24	5,24	5,24	
CEW	1	14,44	14,44	14,44	
ABW	1	14,47	14,47	14,47	
TEW	1	7,75	7,75	7,75	
CEF-d	1	27,71	27,71	27,71	
APL	1	2,13	2,13	2,13	
APW	1	1,54	1,54	1,54	
Kut $\alpha$	1	2,76	2,76	2,76	

3. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Bručina

Morf.mjera	Spol=M, Populacije=Bručina					Spol=F, Populacije=Bručina				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.
TL	10	61,74	53,95	76,51	8,55	10	63,85	51,21	83,77	9,77
ROL	10	5,88	5,29	7,00	0,59	10	5,99	4,71	8,08	1,03
HEL	10	14,59	12,22	17,87	2,05	10	14,84	11,62	20,90	2,57
ARL	10	10,19	8,67	12,09	1,32	10	10,56	7,97	14,74	2,13
ABL	10	22,27	19,61	28,08	2,97	10	23,44	19,55	28,69	3,19
TEL	10	8,75	6,85	12,17	1,63	10	8,85	6,69	11,96	1,59
CLL-d	10	20,64	16,99	24,31	2,61	10	21,97	15,51	37,98	6,61
CFL-d	10	11,36	8,09	14,69	2,20	10	12,37	8,50	21,86	3,83
CPL-d	10	8,54	7,10	10,21	1,04	10	8,79	6,13	14,49	2,61
CLH-d	10	6,05	4,53	7,26	0,86	10	6,42	4,63	10,78	1,78
CLW-d	10	9,76	7,60	12,18	1,38	10	10,20	6,89	16,98	2,86
CPH	10	15,40	12,57	18,23	2,05	10	15,94	12,81	22,54	2,87
ABH	10	10,29	8,71	13,18	1,22	10	10,58	8,95	15,37	1,91
HEW	10	9,80	7,36	11,94	1,41	10	10,34	8,34	13,08	1,60
ROW	10	4,63	3,73	5,63	0,68	10	4,81	4,08	6,70	0,77
CGW	10	13,92	11,81	16,94	1,88	10	14,31	11,02	19,45	2,32
CPW	10	16,02	13,35	20,38	2,67	10	16,65	12,77	23,87	3,15
ARW	10	4,56	3,70	5,44	0,58	10	4,91	3,72	5,66	0,61
CEW	10	14,09	12,27	17,96	1,95	10	14,15	11,61	19,46	2,52
ABW	10	15,23	12,50	22,65	3,40	10	15,66	11,35	20,17	3,16
TEW	10	7,79	6,37	9,88	1,21	10	7,94	6,15	10,02	1,16
CEF-d	10	27,29	23,72	33,38	3,70	10	28,36	21,72	40,80	5,35
APL	10	2,13	1,78	2,78	0,35	10	2,29	1,67	3,14	0,47
APW	10	1,65	1,26	1,89	0,19	10	1,61	1,28	2,35	0,31
Kut $\alpha$	10	2,84	2,70	2,91	0,06	10	2,82	2,74	2,89	0,05

4. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Delnički potok

Morf.mjera	Spol=M, Populacije=Delnički potok					Spol=F, Populacije=Delnički potok				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.
TL	10	80,59	61,25	91,75	10,28	6	81,31	63,62	92,19	11,44
ROL	10	7,19	5,52	8,29	0,86	6	7,39	5,77	9,05	1,31
HEL	10	19,21	13,59	22,71	3,05	6	19,30	14,69	22,49	3,15
ARL	10	14,27	10,24	16,99	2,27	6	14,29	11,37	16,65	2,38
ABL	10	28,19	23,26	32,43	2,92	6	28,83	23,65	33,20	3,93
TEL	10	11,69	8,81	13,21	1,40	6	11,76	9,16	13,29	1,69
CLL-d	9	34,36	19,22	48,24	9,76	6	34,94	19,02	48,57	12,07
CFL-d	9	19,65	11,60	28,08	5,37	5	21,21	11,25	27,24	6,58
CPL-d	9	13,80	7,36	19,69	4,36	6	13,40	7,14	19,07	4,51
CLH-d	9	9,07	4,98	11,91	2,59	6	9,00	5,02	12,15	2,92
CLW-d	9	15,12	8,39	20,17	4,28	6	15,90	8,69	19,85	4,08
CPH	10	20,30	14,68	23,50	2,96	6	19,98	14,75	24,56	3,68
ABH	10	13,05	8,84	15,55	2,17	6	13,45	10,73	16,03	2,09
HEW	10	13,02	8,86	15,11	1,93	6	12,82	9,14	14,49	2,09
ROW	10	5,66	4,30	6,70	0,77	6	5,70	4,23	6,72	0,92
CGW	10	18,55	13,62	21,62	2,74	6	18,70	15,07	21,63	2,73
CPW	10	22,01	15,51	26,08	3,53	6	22,12	16,53	25,97	3,78
ARW	10	6,66	5,40	7,53	0,83	6	6,44	5,72	7,37	0,77
CEW	10	18,61	13,37	22,51	2,78	6	18,71	14,13	21,63	3,05
ABW	10	19,42	16,14	23,21	1,86	6	20,52	17,23	25,88	2,96
TEW	10	10,43	7,47	11,68	1,22	6	10,43	8,41	11,91	1,27
CEF-d	10	37,41	26,05	44,10	5,88	6	37,76	28,56	43,44	6,32
APL	10	2,46	1,68	3,15	0,53	6	2,09	1,59	2,34	0,27
APW	10	1,59	1,12	2,01	0,31	6	1,57	1,18	1,77	0,23
Kut $\alpha$	10	2,80	2,68	2,84	0,05	6	2,79	2,72	2,83	0,04



5. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet potok Dolje

Morf.mjera	Spol=M, Populacije=potok Dolje, Medvednica					Spol=F, Populacije=potok Dolje, Medvednica				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.
TL	10	74,56	47,06	92,71	18,98	10	82,61	74,39	91,77	5,11
ROL	10	6,17	4,22	8,27	1,49	10	7,63	6,94	9,27	0,74
HEL	10	18,29	10,38	23,30	5,51	10	19,08	16,89	21,19	1,43
ARL	10	13,00	6,95	16,65	3,90	10	14,16	12,38	15,78	1,32
ABL	10	26,25	16,33	33,05	6,58	10	30,89	27,82	34,20	2,18
TEL	10	10,04	6,42	12,48	2,51	10	11,36	9,06	13,26	1,13
CLL-d	10	33,49	14,57	44,69	12,95	10	32,82	26,82	43,37	5,80
CFL-d	10	19,32	7,46	28,87	7,96	10	18,29	10,06	23,76	4,03
CPL-d	10	13,94	5,93	19,13	5,42	10	13,82	10,31	18,53	3,03
CLH-d	10	9,87	4,45	14,06	3,84	10	10,19	7,36	12,82	1,95
CLW-d	10	15,66	6,72	22,26	6,43	10	13,80	7,89	19,27	3,59
CPH	10	18,95	10,93	25,43	5,55	10	21,27	18,61	27,23	2,33
ABH	10	12,09	7,33	17,44	3,44	10	13,97	10,64	19,95	2,67
HEW	10	12,34	7,56	16,21	3,43	10	13,08	11,87	15,14	1,14
ROW	10	5,11	3,20	6,24	1,09	10	5,60	4,91	7,66	0,77
CGW	10	17,41	10,05	22,73	5,10	10	18,18	13,39	21,06	2,18
CPW	10	20,29	10,86	26,51	6,48	10	21,55	19,08	24,19	1,66
ARW	10	5,30	3,14	6,90	1,29	10	6,03	4,95	7,18	0,81
CEW	10	15,23	2,37	22,33	6,66	10	19,17	16,64	21,19	1,45
ABW	10	16,92	10,57	21,20	4,34	10	21,63	18,72	26,27	2,38
TEW	10	9,12	5,99	10,99	1,99	10	9,91	8,66	11,02	0,77
CEF-d	10	35,22	19,37	45,18	10,60	10	36,66	25,43	42,23	4,85
APL	10	1,96	1,47	2,62	0,41	10	2,53	1,82	3,12	0,40
APW	10	1,43	0,92	2,35	0,46	10	1,59	1,02	1,93	0,28
Kut $\alpha$	10	2,77	2,27	2,97	0,19	10	2,84	2,74	2,93	0,06

6. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Jarak

Morf.mjera	Spol=M, Populacije=Jarak				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.
TL	10	76,24	57,19	90,39	9,96
ROL	10	8,42	6,25	9,86	1,14
HEL	10	17,41	11,26	20,87	3,03
ARL	10	12,85	8,95	15,53	2,00
ABL	10	26,83	19,89	31,60	3,20
TEL	10	10,84	8,27	12,77	1,26
CLL-d	10	36,66	21,49	51,87	9,63
CFL-d	10	22,75	13,57	34,62	6,56
CPL-d	10	12,56	7,29	17,92	3,26
CLH-d	10	8,77	5,31	11,05	1,99
CLW-d	10	15,34	9,12	19,40	3,43
CPH	10	18,21	13,05	22,22	2,87
ABH	10	10,94	8,36	13,12	1,47
HEW	10	11,32	8,24	13,87	1,62
ROW	10	7,35	5,45	8,75	1,08
CGW	10	18,66	13,25	22,44	3,05
CPW	10	20,69	14,93	25,61	3,27
ARW	10	5,50	4,15	7,01	0,90
CEW	10	17,51	13,32	20,46	2,17
ABW	10	17,81	12,86	20,92	2,41
TEW	10	9,06	6,87	10,52	1,02
CEF-d	10	34,86	24,25	42,38	5,42
APL	10	1,97	1,58	2,31	0,30
APW	10	1,09	0,87	1,42	0,19
Kut $\alpha$	10	2,76	2,70	2,79	0,03

7. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Jarak, pritok Bregane, Stojdraga

Morf.mjera	Spol=M, Populacije=Jarak, pritoka Bregane, Stojdraga					Spol=F, Populacije=Jarak, pritoka Bregane, Stojdraga				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.
TL	11	51,52	42,26	65,00	7,30	2	55,75	52,60	58,89	4,45
ROL	11	5,27	4,29	6,59	0,80	2	5,83	5,38	6,28	0,64
HEL	11	11,92	10,16	14,97	1,68	2	13,14	12,30	13,97	1,18
ARL	11	9,00	7,91	11,27	1,16	2	9,79	9,33	10,25	0,65
ABL	11	18,82	15,75	24,99	2,86	2	19,73	19,07	20,38	0,93
TEL	11	7,35	5,96	9,92	1,11	2	8,91	8,36	9,45	0,77
CLL-d	11	17,69	13,79	22,54	3,14	1	23,47	23,47	23,47	
CFL-d	11	9,76	7,41	12,58	1,79	1	13,00	13,00	13,00	
CPL-d	11	7,28	5,65	9,66	1,38	1	9,67	9,67	9,67	
CLH-d	11	5,18	3,76	6,53	1,00	1	7,00	7,00	7,00	
CLW-d	11	7,96	6,32	9,91	1,49	1	10,45	10,45	10,45	
CPH	11	12,77	10,10	16,56	1,86	2	13,79	12,41	15,16	1,94
ABH	11	9,02	7,11	12,93	1,71	2	9,04	7,91	10,16	1,59
HEW	11	8,44	6,71	11,37	1,34	2	8,97	7,82	10,11	1,62
ROW	11	3,93	3,14	4,99	0,63	2	4,06	3,65	4,47	0,58
CGW	11	11,55	9,92	14,88	1,70	2	12,97	12,30	13,63	0,94
CPW	11	13,14	10,66	17,31	2,10	2	15,20	14,04	16,36	1,64
ARW	11	4,15	3,46	5,28	0,57	2	4,43	4,40	4,45	0,04
CEW	11	11,88	10,11	14,59	1,65	2	13,10	12,08	14,11	1,44
ABW	11	12,09	9,89	17,15	2,17	2	13,10	12,00	14,20	1,56
TEW	11	6,46	5,59	8,55	0,86	2	7,15	7,13	7,16	0,02
CEF-d	11	22,98	19,51	29,08	3,26	2	25,77	24,05	27,49	2,43
APL	11	1,88	1,30	2,55	0,35	2	2,48	2,13	2,82	0,49
APW	11	1,22	0,88	1,75	0,26	2	1,15	1,11	1,18	0,05
Kut α	11	2,88	2,83	3,00	0,05	2	2,80	2,79	2,81	0,02

8. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Krasulja

Morf.mjera	Spol=M, Populacije=Krasulja					Spol=F, Populacije=Krasulja				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.
TL	26	69,33	47,91	100,00	15,87	7	65,39	48,72	79,11	9,58
ROL	26	7,85	5,41	11,35	1,62	7	7,16	5,55	8,76	1,01
HEL	26	15,47	10,16	24,14	3,92	7	13,85	10,46	15,95	1,87
ARL	26	12,18	7,69	18,76	3,46	7	10,56	7,66	12,58	1,65
ABL	26	24,84	17,39	34,93	5,38	7	24,78	18,17	31,15	4,19
TEL	26	9,66	6,49	13,37	2,16	7	9,35	6,93	11,12	1,46
CLL-d	23	28,37	15,61	50,89	11,46	7	21,48	15,71	27,46	3,88
CFL-d	23	16,82	9,31	30,14	6,67	7	12,69	9,30	15,75	2,27
CPL-d	23	10,38	5,55	19,07	4,13	7	7,83	5,97	9,91	1,30
CLH-d	23	8,32	4,48	14,10	3,06	7	6,36	4,68	7,74	1,06
CLW-d	23	14,20	7,15	24,15	5,48	7	10,52	7,88	13,44	1,80
CPH	26	16,25	10,23	24,98	4,41	7	15,16	11,35	18,81	2,48
ABH	26	10,33	6,48	15,58	2,61	7	9,18	7,29	10,61	1,09
HEW	26	10,20	6,95	17,13	2,69	7	9,11	7,07	11,16	1,26
ROW	26	6,85	4,95	11,05	1,76	7	6,16	4,62	7,85	1,01
CGW	26	16,49	11,21	26,82	4,60	7	14,76	11,16	17,96	2,17
CPW	26	19,07	12,40	32,41	5,65	7	16,99	12,87	21,07	2,61
ARW	26	4,85	3,09	7,38	1,21	7	4,40	3,55	5,16	0,63
CEW	26	16,07	10,75	25,83	4,43	7	14,69	10,82	17,98	2,20
ABW	26	16,21	11,30	24,02	3,89	7	16,56	10,99	21,70	3,39
TEW	26	8,59	5,96	12,30	1,80	7	8,18	6,05	9,85	1,25
CEF-d	26	31,28	20,44	49,80	8,69	7	27,77	21,12	34,44	4,24
APL	26	2,29	1,73	3,76	0,52	7	2,03	1,81	2,26	0,16
APW	26	1,35	0,90	2,47	0,36	7	0,99	0,47	1,53	0,31
Kut α	26	2,75	2,66	2,82	0,04	7	2,76	2,72	2,81	0,03

9. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfoloških mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet potok Maja

Morfološka mjera	Spol=M, Populacije=Maja					Spol=F, Populacije=Maja				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.
TL	6	70,83	60,34	90,40	10,92	15	63,00	46,74	77,63	8,03
ROL	6	7,01	6,37	8,60	0,81	16	5,97	4,60	6,79	0,64
HEL	6	16,97	14,43	22,81	3,26	16	14,77	10,57	18,86	2,16
ARL	6	12,44	9,56	17,85	2,96	16	10,83	8,22	14,66	1,63
ABL	6	25,32	21,59	33,46	4,37	16	23,06	16,93	29,85	3,46
TEL	6	9,94	8,31	13,39	1,82	15	8,65	6,36	10,99	1,22
CLL-d	6	28,21	17,43	49,07	11,61	15	21,05	15,20	35,65	5,06
CFL-d	6	15,49	10,45	28,99	6,98	16	12,13	8,00	20,26	3,24
CPL-d	6	11,37	7,36	19,20	4,53	16	8,45	5,66	13,89	2,17
CLH-d	6	7,65	4,98	11,52	2,44	16	6,23	4,42	9,83	1,51
CLW-d	6	12,69	8,22	20,40	4,51	16	10,18	7,27	15,58	2,54
CPH	6	17,94	14,03	24,91	3,93	16	15,36	9,21	20,48	2,89
ABH	6	11,33	9,44	14,70	2,02	16	10,07	6,87	13,19	1,49
HEW	6	11,35	9,07	15,28	2,32	16	9,91	4,26	13,60	2,11
ROW	6	5,41	4,45	6,64	0,76	16	5,26	3,48	13,49	2,26
CGW	6	16,47	13,18	22,11	3,28	16	14,70	10,77	18,37	2,01
CPW	6	18,96	15,07	26,32	4,13	16	16,64	11,45	21,43	2,60
ARW	6	5,69	3,85	8,83	1,76	16	4,82	3,96	6,45	0,78
CEW	6	16,02	12,51	23,54	3,96	16	14,43	9,67	18,66	2,19
ABW	6	17,39	15,56	21,42	2,21	16	16,07	10,42	21,62	2,94
TEW	6	9,28	8,08	12,21	1,53	16	8,19	5,71	10,21	1,03
CEF-d	6	32,45	25,73	45,40	7,15	16	28,45	20,30	36,52	4,19
APL	6	2,48	1,90	2,99	0,44	16	2,10	1,50	2,64	0,31
APW	6	1,76	1,48	2,02	0,20	16	1,54	0,97	1,94	0,26
Kut $\alpha$	6	2,80	2,77	2,83	0,02	16	2,82	2,66	2,88	0,06

10. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfoloških mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Okičnica

Morfološka mjera	Spol=M, Populacije=Okičnica					Spol=F, Populacije=Okičnica				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.
TL	16	55,37	46,95	78,97	9,83	16	57,38	46,08	85,44	11,29
ROL	16	5,28	4,20	7,93	1,13	16	5,33	4,41	7,20	0,90
HEL	16	12,56	10,81	19,07	2,04	16	13,28	10,82	19,95	2,82
ARL	16	9,31	7,10	14,45	2,04	16	9,89	8,08	15,83	2,25
ABL	16	20,28	16,57	29,58	3,80	16	20,77	16,88	29,52	3,76
TEL	16	7,85	5,88	12,20	1,58	16	8,01	6,75	11,42	1,44
CLL-d	15	18,43	13,68	30,68	5,05	16	20,63	15,22	37,89	7,06
CFL-d	15	9,76	1,54	17,45	3,86	15	11,26	7,70	21,26	4,28
CPL-d	15	7,51	5,72	12,65	2,17	16	8,63	6,35	16,89	2,99
CLH-d	15	5,64	4,37	9,11	1,39	16	5,87	3,59	11,42	2,12
CLW-d	15	8,55	6,56	13,59	2,19	16	9,23	6,47	17,95	3,29
CPH	16	13,31	9,66	20,11	2,77	16	14,33	10,96	22,96	3,32
ABH	16	8,74	7,20	12,84	1,58	16	9,48	7,47	13,50	2,13
HEW	16	9,14	6,92	14,95	2,18	16	9,15	7,44	12,66	1,56
ROW	16	4,00	3,45	5,51	0,55	16	4,19	3,18	6,46	0,87
CGW	16	12,56	10,33	18,55	2,51	16	13,06	10,31	20,47	2,89
CPW	16	14,08	11,01	21,37	2,96	16	13,80	1,57	24,58	4,75
ARW	16	4,47	3,11	6,57	1,02	16	4,45	3,40	6,01	0,80
CEW	16	12,59	10,62	18,80	2,36	16	13,06	11,01	20,79	2,80
ABW	16	13,24	10,28	21,60	3,30	16	13,54	10,95	20,54	3,06
TEW	16	7,17	5,80	10,49	1,30	16	7,01	5,68	10,53	1,46
CEF-d	16	24,61	20,68	36,49	4,87	16	25,93	20,37	40,72	5,94
APL	16	1,91	1,50	2,30	0,27	16	1,78	1,36	2,29	0,24
APW	16	1,35	0,78	1,90	0,29	16	1,31	0,97	1,71	0,23
Kut $\alpha$	16	2,87	2,74	2,97	0,05	16	2,53	-2,31	2,92	1,29

11. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Orašnica

Morf.mjera	Spol=M, Populacije=Orašnica					Spol=F, Populacije=Orašnica				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.
TL	19	67,30	50,86	88,34	11,54	9	54,74	48,36	63,86	6,08
ROL	19	7,36	4,79	8,69	0,83	9	6,73	5,95	7,78	0,70
HEL	19	15,05	10,82	19,39	3,02	9	11,40	10,03	13,70	1,38
ARL	19	11,40	7,92	16,32	2,62	9	8,74	7,42	11,74	1,43
ABL	19	23,72	18,10	30,55	3,81	9	19,98	17,45	22,34	1,69
TEL	19	9,78	7,62	12,71	1,62	9	8,15	6,88	10,17	1,08
CLL-d	19	27,16	17,23	37,55	7,61	9	17,64	15,26	21,31	2,41
CFL-d	19	15,82	9,35	22,02	4,19	9	10,80	8,32	13,10	1,68
CPL-d	19	10,17	6,15	15,08	3,06	9	6,31	5,36	7,53	0,75
CLH-d	19	8,04	4,95	11,58	2,31	9	5,09	4,31	6,43	0,70
CLW-d	19	13,01	7,85	18,83	3,77	9	8,28	6,82	10,28	1,08
CPH	19	15,79	11,43	21,39	3,06	9	12,65	10,52	16,18	1,96
ABH	19	9,37	6,73	12,54	1,71	9	7,42	6,09	9,28	1,01
HEW	19	10,23	7,63	13,21	1,92	9	8,00	7,15	9,80	0,92
ROW	19	5,84	4,87	7,28	0,61	9	5,11	4,30	6,24	0,72
CGW	19	15,82	11,45	21,21	3,07	9	12,49	10,86	15,26	1,61
CPW	19	17,49	12,62	24,09	3,63	9	13,43	11,31	16,00	1,83
ARW	19	5,15	4,12	6,32	0,83	9	4,07	3,08	5,08	0,61
CEW	19	15,47	11,22	20,36	3,09	9	12,08	10,38	15,09	1,63
ABW	19	15,40	11,33	20,62	2,72	9	13,13	11,45	16,48	2,03
TEW	19	8,47	6,42	10,77	1,35	9	7,06	5,96	8,50	0,89
CEF-d	19	29,66	20,68	40,59	6,57	9	22,73	19,86	28,35	3,27
APL	18	2,52	1,81	3,91	0,49	9	2,20	1,79	2,56	0,23
APW	18	1,44	1,03	1,93	0,27	9	1,16	0,97	1,36	0,12
Kut $\alpha$	19	2,82	2,75	2,87	0,03	9	2,83	2,77	2,90	0,05

12. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Sartuk

Morf.mjera	Spol=M, Populacije=Sartuk				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.
TL	9	80,63	69,09	91,83	8,30
ROL	9	9,70	8,61	11,27	0,89
HEL	9	17,84	15,07	20,21	1,90
ARL	9	13,65	11,15	15,76	1,67
ABL	9	28,61	24,58	32,00	2,62
TEL	9	11,26	9,32	13,20	1,39
CLL-d	9	33,28	26,38	40,89	5,30
CFL-d	9	20,58	15,28	27,03	3,93
CPL-d	9	11,19	8,91	14,14	1,79
CLH-d	9	8,65	7,37	10,18	1,08
CLW-d	9	15,03	12,03	17,72	2,33
CPH	9	18,59	16,10	22,16	2,27
ABH	9	11,61	9,87	13,68	1,27
HEW	9	11,77	9,70	13,60	1,35
ROW	9	8,20	7,22	9,09	0,74
CGW	9	19,49	16,46	22,26	2,02
CPW	9	21,68	18,17	24,41	2,20
ARW	9	5,67	4,60	6,77	0,67
CEW	9	18,73	16,44	20,97	1,70
ABW	9	18,56	16,35	21,06	1,62
TEW	9	9,79	8,64	10,76	0,87
CEF-d	9	36,60	31,02	42,29	4,16
APL	9	2,71	2,26	3,73	0,50
APW	9	1,36	1,14	1,80	0,20
Kut $\alpha$	9	2,76	2,69	2,80	0,03

**13. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Slapnica**

Morf.mjere	Spol=M, Populacije=Slapnica					Spol=F, Populacije=Slapnica				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.
TL	4	74,29	61,59	82,29	9,68	1	72,93	72,93	72,93	
ROL	4	8,48	7,40	9,35	0,93	1	8,49	8,49	8,49	
HEL	4	16,17	13,67	17,86	1,88	1	17,70	17,70	17,70	
ARL	4	12,77	9,98	14,64	2,15	1	11,81	11,81	11,81	
ABL	4	26,82	21,45	29,75	3,74	1	26,69	26,69	26,69	
TEL	4	10,30	8,53	11,22	1,22	0				
CLL-d	4	33,00	24,05	41,58	7,88	1	27,19	27,19	27,19	
CFL-d	4	19,30	14,33	25,24	4,63	1	17,15	17,15	17,15	
CPL-d	4	11,71	8,82	14,69	2,72	1	8,07	8,07	8,07	
CLH-d	4	8,57	6,63	10,68	1,74	1	5,52	5,52	5,52	
CLW-d	4	14,64	10,65	18,58	3,48	1	10,63	10,63	10,63	
CPH	4	17,85	13,99	20,60	2,89	1	15,72	15,72	15,72	
ABH	4	10,30	7,89	12,46	1,89	1	11,51	11,51	11,51	
HEW	4	10,78	8,88	11,89	1,40	1	10,66	10,66	10,66	
ROW	4	7,17	5,82	7,86	0,96	1	7,02	7,02	7,02	
CGW	4	17,78	14,33	20,07	2,64	1	17,90	17,90	17,90	
CPW	4	19,36	14,98	22,18	3,29	1	19,64	19,64	19,64	
ARW	4	5,45	4,34	6,22	0,80	1	4,97	4,97	4,97	
CEW	4	16,98	13,83	18,69	2,22	1	16,87	16,87	16,87	
ABW	4	17,50	14,01	19,98	2,63	1	21,31	21,31	21,31	
TEW	4	8,57	7,35	9,33	0,95	0				
CEF-d	4	33,27	26,49	37,26	5,12	1	35,09	35,09	35,09	
APL	4	2,17	1,96	2,41	0,20	1	1,90	1,90	1,90	
APW	4	1,28	1,01	1,51	0,22	1	0,66	0,66	0,66	
Kut α	4	2,80	2,72	2,86	0,06	1	2,78	2,78	2,78	

**14. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Sopotski slap**

Morf.mjere	Spol=M, Populacije=Sopotski slap					Spol=F, Populacije=Sopotski slap				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
TL	8	81,12	61,58	94,49	12,14	1	60,88	60,88	60,88	
ROL	8	9,26	7,10	10,74	1,37	1	6,59	6,59	6,59	
HEL	8	18,35	13,52	21,51	3,04	1	13,84	13,84	13,84	
ARL	8	14,21	10,18	17,11	2,55	1	8,69	8,69	8,69	
ABL	8	28,34	22,48	32,68	3,68	1	21,61	21,61	21,61	
TEL	8	11,47	8,91	13,37	1,65	1	8,71	8,71	8,71	
CLL-d	8	39,08	23,31	51,41	10,90	1	19,88	19,88	19,88	
CFL-d	8	23,95	12,71	32,23	7,18	1	11,73	11,73	11,73	
CPL-d	8	13,57	7,99	18,09	3,57	1	6,47	6,47	6,47	
CLH-d	8	10,22	6,45	13,16	2,34	1	5,30	5,30	5,30	
CLW-d	8	17,38	10,60	22,67	4,19	1	9,03	9,03	9,03	
CPH	8	19,28	14,67	24,41	3,24	1	14,15	14,15	14,15	
ABH	8	11,18	8,36	13,07	1,71	1	8,31	8,31	8,31	
HEW	8	11,85	9,00	14,09	1,87	1	8,81	8,81	8,81	
ROW	8	7,74	5,25	9,72	1,57	1	5,77	5,77	5,77	
CGW	8	19,75	14,81	23,27	3,30	1	13,88	13,88	13,88	
CPW	8	22,44	15,97	26,72	3,94	1	15,42	15,42	15,42	
ARW	8	5,67	4,65	6,73	0,80	1	4,12	4,12	4,12	
CEW	8	18,82	13,45	22,13	3,11	1	13,76	13,76	13,76	
ABW	8	25,73	14,54	71,31	18,63	1	14,72	14,72	14,72	
TEW	8	9,55	7,58	10,92	1,29	1	7,60	7,60	7,60	
CEF-d	8	37,75	27,04	44,91	6,70	1	25,56	25,56	25,56	
APL	8	2,22	1,50	2,85	0,52	1	2,00	2,00	2,00	
APW	8	1,15	0,81	1,69	0,32	1	1,06	1,06	1,06	
Kut α	8	2,74	2,69	2,77	0,03	1	2,81	2,81	2,81	

15. Srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma i standardnih devijacija morfometrijskih mjera vrste *Austropotamobius torrentium* za lokalitet Vele vode

Morf.mjera	Spol=M, Populacije=Vele vode					Spol=F, Populacije=Vele vode				
	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.	Uk.	Sr.Vr.	Min.	Max.	Std.Dev.
TL	6	78,88	72,24	83,13	3,79	4	76,03	69,78	80,05	4,47
ROL	6	6,75	6,17	7,57	0,59	4	6,57	6,26	7,18	0,42
HEL	6	18,91	17,57	20,51	1,16	4	18,07	17,43	18,43	0,44
ARL	6	14,54	13,25	15,10	0,66	4	14,84	14,00	16,10	0,89
ABL	6	27,82	26,74	29,70	1,02	4	26,41	23,66	28,96	2,40
TEL	6	11,67	10,84	12,61	0,78	4	10,88	10,01	11,36	0,63
CLL-d	6	34,98	24,69	43,49	7,57	4	36,80	30,28	41,60	4,77
CFL-d	6	19,36	14,53	24,05	3,74	4	20,49	18,15	22,21	1,79
CPL-d	6	14,29	9,92	17,55	3,21	4	15,08	12,95	16,35	1,59
CLH-d	6	9,04	6,39	11,61	2,04	4	9,31	9,16	9,53	0,16
CLW-d	6	14,77	10,99	17,89	2,93	4	15,10	13,59	16,10	1,08
CPH	6	19,92	17,87	21,63	1,45	4	19,12	18,13	19,73	0,70
ABH	6	12,38	11,75	13,23	0,55	4	11,02	10,39	11,32	0,42
HEW	6	12,63	10,70	14,08	1,18	4	12,38	12,01	12,74	0,33
ROW	6	5,18	4,65	5,60	0,42	4	4,93	4,70	5,20	0,21
CGW	6	18,38	16,74	20,47	1,48	4	17,63	16,51	18,77	0,93
CPW	6	20,83	17,18	23,05	2,27	4	20,61	19,03	21,71	1,17
ARW	6	6,32	5,12	6,98	0,70	4	6,14	4,99	6,87	0,82
CEW	6	17,37	15,79	18,91	1,25	4	17,17	16,14	17,95	0,76
ABW	6	19,44	18,14	21,08	1,09	4	17,62	15,99	18,33	1,09
TEW	6	10,02	9,57	10,51	0,39	4	9,55	8,49	10,04	0,73
CEF-d	6	37,09	34,10	39,51	2,10	4	35,93	33,74	38,15	1,82
APL	6	1,85	1,17	2,30	0,45	4	1,96	1,40	2,48	0,45
APW	6	1,42	1,00	1,74	0,25	4	1,34	1,00	1,81	0,34
Kut α	6	2,81	2,74	2,91	0,07	4	2,80	2,75	2,87	0,05

16. Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki, za sve lokalitete zajedno - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju

Morfo.mjera	Sve populacije										
	Grupa 1: M Grupa 2: F										p var.
	Sr.Vr. M	Sr.Vr. F	t-vrijednost	SS	p	Uk. M	Uk. F	Std.Dev. M	Std.Dev. F	F-odnos var.	
TL	2,4799	2,5431	-2,34886	243	0,019633	156	89	0,119419	0,29657	6,16736	0,000000
ROL	0,2561	0,2533	0,47767	243	0,633313	156	89	0,046795	0,03842	1,48327	0,042971
HEL	0,5706	0,5774	-2,98998	243	0,003077	156	89	0,015790	0,01933	1,49849	0,028610
ARL	0,4294	0,4226	2,98998	243	0,003077	156	89	0,015790	0,01933	1,49849	0,028610
ABL	0,8832	0,9463	-7,81244	243	0,000000	156	89	0,061772	0,05885	1,10196	0,621646
TEL	0,3489	0,3589	-1,81509	243	0,070744	156	89	0,024233	0,06075	6,28548	0,000000
CLL-d	0,9889	0,8170	6,34406	243	0,000000	156	89	0,232093	0,14142	2,69340	0,000001
CFL-d	0,5644	0,4712	5,06990	243	0,000001	156	89	0,158804	0,09216	2,96901	0,000000
CPL-d	0,3794	0,3254	5,26702	243	0,000000	156	89	0,088207	0,05250	2,82305	0,000000
CLH-d	0,2760	0,2406	4,79208	243	0,000003	156	89	0,061104	0,04430	1,90225	0,001111
CLW-d	0,4517	0,3826	5,43127	243	0,000000	156	89	0,108728	0,06718	2,61930	0,000002
CPH	0,6017	0,6174	-3,16308	243	0,001760	156	89	0,033727	0,04306	1,63025	0,008107
ABH	0,3769	0,4049	-5,52510	243	0,000000	156	89	0,033884	0,04482	1,74930	0,002427
HEW	0,3870	0,3950	-1,98827	243	0,047904	156	89	0,026849	0,03551	1,74962	0,002419
ROW	0,2089	0,2009	1,37705	243	0,169765	156	89	0,040190	0,04951	1,51753	0,023980
CGW	0,5808	0,5756	1,21463	243	0,225686	156	89	0,030883	0,03538	1,31222	0,141608
CPW	0,6614	0,6434	2,71307	243	0,007143	156	89	0,031613	0,07199	5,18638	0,000000
ARW	0,1865	0,1916	-1,76902	243	0,078145	156	89	0,018831	0,02678	2,02244	0,000130
CEW	0,5678	0,5714	-0,61721	243	0,537675	156	89	0,050078	0,03107	2,59842	0,000002
ABW	0,5848	0,6486	-3,75439	243	0,000217	156	89	0,155441	0,05133	9,16952	0,000000
TEW	0,3062	0,3260	-5,04919	243	0,000001	156	89	0,021147	0,04015	3,60395	0,000000
CEF-d	1,1260	1,1153	2,05066	243	0,041372	156	89	0,033186	0,04760	2,05720	0,000089
APL	0,0792	0,0871	-3,12407	243	0,002000	156	89	0,019217	0,01841	1,08937	0,664786
APW	0,0500	0,0557	-3,40739	243	0,000767	156	89	0,011781	0,01383	1,37903	0,082169
alfa(stupnjevi)	160,2883	158,9344	0,53100	243	0,595904	156	89	4,340094	31,37017	52,24389	0,000000

17. Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Bliznec - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju

populacija=potok Bliznec, Medvednica											
Grupa 1: M Grupa 2: F											
Morfo.mjera	Sr.Vr. M	Sr.Vr. F	t-vrijednost	SS	p	Uk. M	Uk. F	Std.Dev. M	Std.Dev. F	F-odnos var.	p var.
TL	2,4731	2,6198	-2,12473	12	0,055070	7	7	0,128005	0,130332	1,036697	0,966224
ROL	0,2308	0,2159	0,72067	12	0,484915	7	7	0,050992	0,019107	7,122408	0,030770
HEL	0,5889	0,5802	0,76662	12	0,458123	7	7	0,019792	0,022566	1,300017	0,758183
ARL	0,4111	0,4198	-0,76662	12	0,458123	7	7	0,019792	0,022566	1,300017	0,758183
ABL	0,9144	0,9477	-1,21838	12	0,246493	7	7	0,049066	0,053234	1,177101	0,848145
TEL	0,3442	0,3716	-2,31350	12	0,039227	7	7	0,023646	0,020587	1,319241	0,745150
CLL-d	0,9179	0,8332	2,07410	12	0,060249	7	7	0,092680	0,055725	2,766154	0,241120
CFL-d	0,5142	0,4812	1,01675	12	0,329332	7	7	0,064465	0,056426	1,305243	0,754613
CPL-d	0,3877	0,3427	2,72273	12	0,018514	7	7	0,036876	0,023670	2,427082	0,304788
CLH-d	0,2593	0,2353	1,44134	12	0,175072	7	7	0,029848	0,032260	1,168147	0,855170
CLW-d	0,3990	0,3807	0,91157	12	0,379944	7	7	0,044861	0,028279	2,516486	0,286065
CPH	0,6130	0,6354	-0,96058	12	0,355719	7	7	0,045267	0,042110	1,155549	0,865165
ABH	0,3891	0,3788	0,48028	12	0,639664	7	7	0,034533	0,044658	1,672379	0,547775
HEW	0,4248	0,4026	1,96018	12	0,073610	7	7	0,011356	0,027692	5,946616	0,047522
ROW	0,1741	0,1879	-1,77075	12	0,101976	7	7	0,015479	0,013619	1,291771	0,763856
CGW	0,5647	0,5602	0,34617	12	0,735212	7	7	0,027550	0,019641	1,967391	0,430666
CPW	0,6287	0,6257	0,16602	12	0,870904	7	7	0,028640	0,038009	1,761301	0,508654
ARW	0,1815	0,1673	0,82951	12	0,423012	7	7	0,023295	0,038883	2,786099	0,237939
CEW	0,5443	0,5628	-1,00785	12	0,333416	7	7	0,034349	0,034209	1,008161	0,992380
ABW	0,5695	0,6240	-2,73263	12	0,018178	7	7	0,025338	0,046208	3,325839	0,169319
TEW	0,3124	0,3359	-1,81401	12	0,094742	7	7	0,027271	0,020780	1,722282	0,525375
CEF-d	1,1140	1,1129	0,04440	12	0,965320	7	7	0,051919	0,037264	1,941232	0,439682
APL	0,0749	0,0859	-1,08307	12	0,300061	7	7	0,013840	0,023168	2,802406	0,235378
APW	0,0488	0,0466	0,33431	12	0,743915	7	7	0,006611	0,016625	6,322872	0,041069
alfa(stupnjevi)	164,3351	164,7782	-0,31734	12	0,756442	7	7	1,182676	3,499422	8,755108	0,018367

18. Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Bručina - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju

populacija=Bručina											
Grupa 1: M Grupa 2: F											
Morfo.mjera	Sr.Vr. M	Sr.Vr. F	t-vrijednost	SS	p	Uk. M	Uk. F	Std.Dev. M	Std.Dev. F	F-odnos var.	p var.
TL	2,4707	2,5234	-1,20388	18	0,244231	10	10	0,088342	0,106317	1,448353	0,589914
ROL	0,2341	0,2396	-0,92004	18	0,369716	10	10	0,016082	0,009526	2,850048	0,134631
HEL	0,5869	0,5896	-0,48796	18	0,631471	10	10	0,006298	0,016467	6,835809	0,008549
ARL	0,4131	0,4104	0,48796	18	0,631471	10	10	0,006298	0,016467	6,835809	0,008549
ABL	0,8866	0,9261	-1,44525	18	0,165573	10	10	0,059397	0,062790	1,117504	0,871267
TEL	0,3416	0,3489	-0,64735	18	0,525575	10	10	0,023023	0,027378	1,414131	0,614021
CLL-d	0,8893	0,7797	4,05127	18	0,000749	10	10	0,073956	0,042996	2,958588	0,121811
CFL-d	0,4823	0,4488	1,50682	18	0,149206	10	10	0,054233	0,044629	1,476689	0,570725
CPL-d	0,3677	0,3063	4,78821	18	0,000147	10	10	0,026761	0,030443	1,294126	0,707158
CLH-d	0,2662	0,2235	4,45690	18	0,000305	10	10	0,019295	0,023332	1,462214	0,580441
CLW-d	0,4218	0,3585	4,12189	18	0,000640	10	10	0,025458	0,041354	2,638597	0,164540
CPH	0,6208	0,6322	-0,84649	18	0,408393	10	10	0,036139	0,022300	2,626254	0,166518
ABH	0,4128	0,4271	-0,90794	18	0,375908	10	10	0,041521	0,027602	2,262815	0,239623
HEW	0,4066	0,4001	0,49423	18	0,627124	10	10	0,030365	0,028100	1,167659	0,821174
ROW	0,1913	0,1859	1,11143	18	0,281010	10	10	0,009418	0,011923	1,602641	0,493295
CGW	0,5594	0,5732	-1,98990	18	0,062013	10	10	0,011513	0,018556	2,597787	0,171188
CPW	0,6557	0,6414	1,52744	18	0,144032	10	10	0,020597	0,021189	1,058286	0,934132
ARW	0,1957	0,1871	0,92487	18	0,367266	10	10	0,024443	0,016152	2,290085	0,232974
CEW	0,5689	0,5551	1,16946	18	0,257471	10	10	0,023625	0,029137	1,521046	0,542033
ABW	0,5698	0,6186	-3,37615	18	0,003365	10	10	0,016728	0,042479	6,448834	0,010515
TEW	0,3034	0,3223	-2,94422	18	0,008675	10	10	0,016262	0,012082	1,811577	0,389317
CEF-d	1,1164	1,1021	1,37185	18	0,186968	10	10	0,015634	0,028986	3,437338	0,080090
APL	0,0865	0,0877	-0,18154	18	0,857976	10	10	0,011035	0,017717	2,577751	0,174568
APW	0,0658	0,0656	0,04935	18	0,961184	10	10	0,005410	0,010090	3,478060	0,077406
alfa(stupnjevi)	162,0386	162,4297	-0,29335	18	0,772610	10	10	3,841920	1,738630	4,882952	0,027100

19. Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Delnički potok - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju

Morfo.mjera	populacija=Delnički potok										
	Grupa 1: M Grupa 2: F										
	Sr.Vr. M	Sr.Vr. F	t-vrijednost	SS	p	Uk. M	Uk. F	Std.Dev. M	Std.Dev. F	F-odnos var.	p var.
TL	2,3450	2,0928	0,7918	14	0,441701	10	6	0,055181	1,029276	347,9273	0,000000
ROL	0,2072	0,2318	-3,8018	14	0,001944	10	6	0,008519	0,017584	4,2601	0,057892
HEL	0,5752	0,5748	0,0765	14	0,940132	10	6	0,006556	0,012168	3,4442	0,102833
ARL	0,4248	0,4252	-0,0765	14	0,940132	10	6	0,006556	0,012168	3,4442	0,102833
ABL	0,8045	0,9192	-6,2644	14	0,000021	10	6	0,034725	0,036739	1,1194	0,829814
TEL	0,3343	0,3153	0,3965	14	0,697726	10	6	0,007546	0,155465	424,4564	0,000000
CLL-d	1,1427	0,7490	3,2749	14	0,005532	10	6	0,093390	0,368865	15,6002	0,000668
CFL-d	0,6462	0,4446	2,7958	14	0,014298	10	6	0,060471	0,219128	13,1313	0,001299
CPL-d	0,4577	0,3443	6,7032	14	0,000010	10	6	0,035823	0,026379	1,8441	0,518249
CLH-d	0,2981	0,2344	6,5071	14	0,000014	10	6	0,022414	0,010021	5,0031	0,090984
CLW-d	0,4943	0,4270	2,2268	14	0,042889	10	6	0,028541	0,090154	9,9777	0,003613
CPH	0,6074	0,6055	0,1488	14	0,883815	10	6	0,026631	0,019905	1,7900	0,540397
ABH	0,3825	0,4199	-2,2476	14	0,041241	10	6	0,028540	0,037804	1,7545	0,436796
HEW	0,3845	0,3995	-1,6421	14	0,122824	10	6	0,019865	0,012704	2,4450	0,337519
ROW	0,1649	0,1787	-3,3614	14	0,004657	10	6	0,008305	0,007187	1,3354	0,785817
CGW	0,5519	0,5515	0,0534	14	0,958161	10	6	0,014232	0,012669	1,2620	0,837928
CPW	0,6625	0,6496	1,7235	14	0,106808	10	6	0,015497	0,012514	1,5335	0,664180
ARW	0,1934	0,1910	0,3432	14	0,736548	10	6	0,012524	0,015257	1,4840	0,571140
CEW	0,5558	0,5641	-0,9182	14	0,374076	10	6	0,017173	0,018248	1,1291	0,821515
ABW	0,5348	0,6807	-12,6218	14	0,000000	10	6	0,023878	0,019443	1,5083	0,678285
TEW	0,2966	0,3351	-3,2131	14	0,006255	10	6	0,017904	0,030525	2,9068	0,156311
CEF-d	1,1215	1,1204	0,1559	14	0,878372	10	6	0,015111	0,011983	1,5903	0,633838
APL	0,0664	0,0780	-1,6955	14	0,112098	10	6	0,010250	0,017386	2,8771	0,160146
APW	0,0472	0,0495	-0,5723	14	0,576205	10	6	0,006949	0,009273	1,7808	0,425783
alfa(stupnjevi)	159,2630	161,9787	-2,2768	14	0,039025	10	6	2,850081	0,562411	25,6807	0,002305

20. Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Dolje - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju

Morfo.mjera	populacija=potok Dolje, Medvednica										
	Grupa 1: M Grupa 2: F										
	Sr.Vr. M	Sr.Vr. F	t-vrijednost	SS	p	Uk. M	Uk. F	Std.Dev. M	Std.Dev. F	F-odnos var.	p var.
TL	2,3532	2,5476	-3,7117	18	0,001596	10	10	0,08028	0,14484	3,2552	0,093559
ROL	0,1951	0,2379	-3,8948	18	0,001062	10	10	0,02506	0,02410	1,0811	0,909388
HEL	0,5798	0,5699	0,9237	18	0,367842	10	10	0,01498	0,03032	4,0954	0,047437
ARL	0,4202	0,4301	-0,9237	18	0,367842	10	10	0,01498	0,03032	4,0954	0,047437
ABL	0,8267	0,9708	-6,1329	18	0,000009	10	10	0,04827	0,05647	1,3684	0,647905
TEL	0,3154	0,3552	-4,5923	18	0,000226	10	10	0,01310	0,02405	3,3686	0,084884
CLL-d	1,1300	0,9264	8,8348	18	0,000000	10	10	0,05061	0,05244	1,0735	0,917601
CFL-d	0,6462	0,5240	3,8166	18	0,001264	10	10	0,05271	0,08644	2,6887	0,156792
CPL-d	0,4689	0,3866	3,8436	18	0,001190	10	10	0,03047	0,06045	3,9370	0,053538
CLH-d	0,3284	0,2904	1,8412	18	0,082136	10	10	0,02662	0,05968	5,0271	0,024628
CLW-d	0,5194	0,3903	4,7367	18	0,000165	10	10	0,04591	0,07297	2,5255	0,183753
CPH	0,6219	0,6357	-0,5063	18	0,618801	10	10	0,06489	0,05683	1,3038	0,699145
ABH	0,3825	0,4334	-1,5252	18	0,144589	10	10	0,05014	0,09264	3,4137	0,081703
HEW	0,3877	0,4091	-1,6594	18	0,114367	10	10	0,01899	0,03622	3,6390	0,067799
ROW	0,1568	0,1732	-1,5705	18	0,133704	10	10	0,01133	0,03098	7,4688	0,006211
CGW	0,5580	0,5589	-0,0370	18	0,970861	10	10	0,01812	0,07166	15,6484	0,000354
CPW	0,6558	0,5989	0,9133	18	0,373177	10	10	0,01951	0,19622	101,1839	0,000000
ARW	0,1707	0,1809	-0,7991	18	0,434638	10	10	0,02011	0,03490	3,0110	0,116145
CEW	0,5066	0,5800	-1,4116	18	0,175119	10	10	0,15910	0,04114	14,9573	0,000426
ABW	0,5346	0,7023	-10,7338	18	0,000000	10	10	0,02071	0,04484	4,6908	0,030882
TEW	0,2780	0,3193	-4,6218	18	0,000212	10	10	0,01101	0,02603	5,5848	0,017308
CEF-d	1,1310	1,1157	0,4092	18	0,687233	10	10	0,02919	0,11499	15,5143	0,000367
APL	0,0584	0,0771	-3,1271	18	0,005823	10	10	0,01303	0,01367	1,1005	0,888876
APW	0,0437	0,0490	-1,1633	18	0,259881	10	10	0,00837	0,01159	1,9162	0,346747
alfa(stupnjevi)	157,4150	133,1182	0,8188	18	0,423594	10	10	10,02448	93,29630	86,6173	0,000000



21. Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Jarak (Stojdraga) - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju

populacija=Jarak, pritoka Bregane, Stojdarga											
Grupa 1: M Grupa 2: F											
Morfo.mjera	Sr.Vr. M	Sr.Vr. F	t-vrijednost	SS	p	Uk. M	Uk. F	Std.Dev. M	Std.Dev. F	F-odnos var.	p var.
TL	2,4766	2,5484	-1,01558	11	0,331648	11	2	0,091084	0,100763	1,224	0,589029
ROL	0,2510	0,2747	-1,36485	11	0,199565	11	2	0,021226	0,033255	2,455	0,296492
HEL	0,5716	0,5779	-0,65659	11	0,524943	11	2	0,012729	0,010525	1,463	1,000000
ARL	0,4284	0,4221	0,65659	11	0,524943	11	2	0,012729	0,010525	1,463	1,000000
ABL	0,8946	0,9374	-0,93556	11	0,369584	11	2	0,061961	0,021205	8,538	0,521474
TEL	0,3535	0,3744	-1,10154	11	0,294182	11	2	0,025908	0,005142	25,381	0,306726
CLL-d	0,8746	0,8473	0,78884	11	0,446876	11	2	0,046945	0,016530	8,065	0,535896
CFL-d	0,4830	0,4728	0,42531	11	0,678814	11	2	0,032475	0,009341	12,086	0,441019
CPL-d	0,3549	0,3437	0,57287	11	0,578255	11	2	0,024397	0,034621	2,014	0,372566
CLH-d	0,2565	0,2445	0,68999	11	0,504496	11	2	0,022448	0,023540	1,100	0,638041
CLW-d	0,3874	0,3861	0,06304	11	0,950863	11	2	0,028593	0,011917	5,757	0,628691
CPH	0,6051	0,6302	-1,17733	11	0,263909	11	2	0,029057	0,001325	480,939	0,070945
ABH	0,4124	0,4612	-2,01567	11	0,068927	11	2	0,029916	0,044603	2,223	0,333653
HEW	0,4082	0,4315	-1,09106	11	0,298570	11	2	0,029070	0,002565	128,436	0,137141
ROW	0,1918	0,1897	0,21573	11	0,833143	11	2	0,013429	0,000388	1197,329	0,044974
CGW	0,5567	0,5614	-0,38308	11	0,708959	11	2	0,016335	0,008037	4,131	0,733317
CPW	0,6291	0,6623	-1,72165	11	0,113097	11	2	0,026240	0,003649	51,713	0,215671
ARW	0,1912	0,2022	-0,72732	11	0,482223	11	2	0,020581	0,001398	216,780	0,105622
CEW	0,5756	0,5734	0,11390	11	0,911369	11	2	0,024824	0,024640	1,015	1,000000
ABW	0,5654	0,6441	-5,42273	11	0,000209	11	2	0,019350	0,013350	2,101	0,988093
TEW	0,3121	0,3282	-0,82403	11	0,427426	11	2	0,026621	0,003362	62,684	0,196013
CEF-d	1,1070	1,1203	-0,72499	11	0,483593	11	2	0,024544	0,017104	2,059	0,996461
APL	0,0972	0,0949	0,22532	11	0,825864	11	2	0,013648	0,003172	18,514	0,358182
APW	0,0597	0,0572	0,39717	11	0,698842	11	2	0,008407	0,006993	1,445	1,000000
alfa(stupnjevi)	165,4900	162,7213	1,27879	11	0,227291	11	2	2,930922	1,164995	6,329	0,601275

22. Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Krasulja - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju

populacija=Krasulja											
Grupa 1: M Grupa 2: F											
Morfo.mjera	Sr.Vr. M	Sr.Vr. F	t-vrijednost	SS	p	Uk. M	Uk. F	Std.Dev. M	Std.Dev. F	F-odnos var.	p var.
TL	2,5298	2,6785	-3,67116	31	0,000903	26	7	0,101300	0,063083	2,57866	0,240388
ROL	0,2881	0,2936	-0,65609	31	0,516610	26	7	0,021102	0,011138	3,58959	0,116578
HEL	0,5612	0,5681	-1,27736	31	0,210959	26	7	0,013479	0,008372	2,59216	0,237805
ARL	0,4388	0,4319	1,27736	31	0,210959	26	7	0,013479	0,008372	2,59216	0,237805
ABL	0,9096	1,0131	-4,44514	31	0,000105	26	7	0,055329	0,051889	1,13698	0,951914
TEL	0,3531	0,3826	-3,83026	31	0,000584	26	7	0,019411	0,011232	2,98641	0,176034
CLL-d	0,8885	0,8767	0,08641	31	0,931698	26	7	0,354670	0,043441	66,65670	0,000037
CFL-d	0,5278	0,5181	0,12163	31	0,903975	26	7	0,209330	0,024845	70,98944	0,000030
CPL-d	0,3258	0,3206	0,10475	31	0,917246	26	7	0,130359	0,022511	33,53457	0,000275
CLH-d	0,2625	0,2603	0,05484	31	0,956618	26	7	0,101707	0,017619	33,32377	0,000280
CLW-d	0,4488	0,4302	0,25353	31	0,801535	26	7	0,191295	0,024842	59,29535	0,000052
CPH	0,5874	0,6201	-3,19659	31	0,003193	26	7	0,024010	0,024107	1,00806	0,884637
ABH	0,3750	0,3775	-0,30750	31	0,760520	26	7	0,020388	0,013591	2,25034	0,316074
HEW	0,3696	0,3739	-0,69003	31	0,495306	26	7	0,013949	0,016491	1,39755	0,509142
ROW	0,2488	0,2522	-0,64523	31	0,523525	26	7	0,012480	0,011304	1,21881	0,870718
CGW	0,5955	0,6045	-1,18545	31	0,244847	26	7	0,018585	0,014615	1,61700	0,572732
CPW	0,6858	0,6959	-0,92416	31	0,362541	26	7	0,026057	0,023912	1,18746	0,900913
ARW	0,1765	0,1812	-0,81858	31	0,419276	26	7	0,011931	0,018766	2,47386	0,102466
CEW	0,5808	0,6017	-2,35331	31	0,025128	26	7	0,019964	0,024261	1,47681	0,453082
ABW	0,5898	0,6733	-6,73059	31	0,000000	26	7	0,021276	0,050002	5,52301	0,001863
TEW	0,3148	0,3347	-2,71653	31	0,010693	26	7	0,018557	0,010016	3,43222	0,129161
CEF-d	1,1290	1,1375	-0,68732	31	0,496992	26	7	0,025276	0,040348	2,54821	0,091861
APL	0,0850	0,0850	0,00884	31	0,993006	26	7	0,015289	0,017741	1,34658	0,548522
APW	0,0496	0,0407	2,31340	31	0,027501	26	7	0,007984	0,012278	2,36490	0,120349
alfa(stupnjevi)	157,4443	157,9479	-0,53853	31	0,594060	26	7	2,283611	1,786293	1,63433	0,562805

23. Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Maja - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju

Morfo.mjera	populacija=Maja										
	Sr.Vr.		t-vrijednost	SS	p	Uk. M	Uk. F	Std.Dev. M	Std.Dev. F	F-odnos var.	p var.
	M	F									
TL	2,4241	2,5500	-3,20011	20	0,004495	6	16	0,061386	0,088095	2,05946	0,436337
ROL	0,2337	0,2439	-1,24334	20	0,228122	6	16	0,014699	0,017877	1,47929	0,703652
HEL	0,5669	0,5831	-1,79321	20	0,088077	6	16	0,021963	0,017622	1,55339	0,465484
ARL	0,4331	0,4169	1,79321	20	0,088077	6	16	0,021963	0,017622	1,55339	0,465484
ABL	0,8563	0,9277	-2,85813	20	0,009720	6	16	0,037225	0,056221	2,28100	0,370199
TEL	0,3170	0,3613	-4,11132	20	0,000542	6	16	0,010836	0,025251	5,43069	0,071562
CLL-d	0,9062	0,8032	2,99269	20	0,007193	6	16	0,106277	0,055867	3,61879	0,047955
CFL-d	0,4750	0,4557	0,86518	20	0,397198	6	16	0,060289	0,041200	2,14127	0,232616
CPL-d	0,3598	0,3205	1,98519	20	0,061008	6	16	0,059639	0,033153	3,23610	0,070444
CLH-d	0,2539	0,2366	1,07191	20	0,296526	6	16	0,031430	0,034438	1,20057	0,907582
CLW-d	0,4055	0,3891	0,53119	20	0,601137	6	16	0,053161	0,067668	1,62026	0,622403
CPH	0,6030	0,6031	-0,00392	20	0,996910	6	16	0,024721	0,066119	7,15341	0,039634
ABH	0,3821	0,4038	-1,92592	20	0,068449	6	16	0,016436	0,025376	2,38369	0,344105
HEW	0,3900	0,3873	0,10397	20	0,918226	6	16	0,019621	0,059895	9,31793	0,022017
ROW	0,1840	0,2120	-0,74177	20	0,466847	6	16	0,009447	0,090757	92,29561	0,000089
CGW	0,5641	0,5767	-1,00921	20	0,324927	6	16	0,027522	0,025790	1,13878	0,765460
CPW	0,6310	0,6580	-1,95229	20	0,065045	6	16	0,022722	0,030657	1,82039	0,526746
ARW	0,1875	0,1881	-0,06090	20	0,952046	6	16	0,017006	0,019024	1,25134	0,865541
CEW	0,5409	0,5676	-1,89758	20	0,072282	6	16	0,022246	0,031497	2,00461	0,455132
ABW	0,5726	0,6654	-3,95301	20	0,000785	6	16	0,018455	0,055584	9,07156	0,023387
TEW	0,3124	0,3290	-2,39696	20	0,026417	6	16	0,012103	0,015102	1,55702	0,657274
CEF-d	1,0922	1,1141	-1,22802	20	0,233697	6	16	0,034076	0,038399	1,26983	0,850810
APL	0,0841	0,0871	-0,45283	20	0,655548	6	16	0,017936	0,011910	2,26810	0,201125
APW	0,0542	0,0647	-3,29832	20	0,003590	6	16	0,004869	0,007123	2,13953	0,410725
alfa(stupnjevi)	162,0323	160,7760	0,90748	20	0,374958	6	16	2,226615	3,081888	1,91577	0,487936

24. Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Okičnica - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju

Morfo.mjera	populacija=Okičnica										
	Sr.Vr.		t-vrijednost	SS	p	Uk. M	Uk. F	Std.Dev. M	Std.Dev. F	F-odnos var.	p var.
	M	F									
TL	2,4591	2,5348	-3,15067	30	0,003676	16	16	0,077672	0,056613	1,882367	0,232085
ROL	0,2324	0,2412	-1,19541	30	0,241291	16	16	0,017333	0,023780	1,882202	0,232149
HEL	0,5737	0,5782	-0,82379	30	0,416558	16	16	0,013927	0,016964	1,483752	0,453800
ARL	0,4263	0,4218	0,82379	30	0,416558	16	16	0,013927	0,016964	1,483752	0,453800
ABL	0,8956	0,9257	-2,25799	30	0,031380	16	16	0,042742	0,031839	1,802075	0,265355
TEL	0,3488	0,3565	-1,02313	30	0,314426	16	16	0,018602	0,024032	1,668871	0,331934
CLL-d	0,8320	0,7341	1,25456	30	0,219326	16	16	0,241198	0,197904	1,485385	0,452551
CFL-d	0,3941	0,4057	-0,20700	30	0,837411	16	16	0,195697	0,110445	3,139609	0,033630
CPL-d	0,3457	0,3051	1,22424	30	0,230391	16	16	0,101996	0,084990	1,440200	0,488403
CLH-d	0,2393	0,2245	0,61441	30	0,543577	16	16	0,074546	0,060714	1,507513	0,435947
CLW-d	0,3743	0,3407	0,92770	30	0,360967	16	16	0,111645	0,092004	1,472533	0,462477
CPH	0,6039	0,6131	-0,72328	30	0,475111	16	16	0,037282	0,034641	1,158279	0,779695
ABH	0,3943	0,4111	-1,69183	30	0,101042	16	16	0,028415	0,027619	1,058450	0,913853
HEW	0,4028	0,3984	0,33892	30	0,737032	16	16	0,041776	0,030726	1,848534	0,245536
ROW	0,1844	0,1831	0,32635	30	0,746422	16	16	0,011774	0,010857	1,175966	0,757675
CGW	0,5608	0,5666	-0,94274	30	0,353345	16	16	0,019298	0,014951	1,665983	0,333554
CPW	0,6420	0,6292	1,61889	30	0,115937	16	16	0,024949	0,019426	1,649488	0,342967
ARW	0,1944	0,2111	-1,90493	30	0,066415	16	16	0,020618	0,028282	1,881535	0,232406
CEW	0,5706	0,5645	0,93413	30	0,357696	16	16	0,020961	0,016023	1,711377	0,308994
ABW	0,5637	0,5956	-4,22045	30	0,000208	16	16	0,022410	0,020353	1,212383	0,713986
TEW	0,3016	0,3269	-4,06223	30	0,000322	16	16	0,016852	0,018355	1,86344	0,744998
CEF-d	1,1175	1,1057	1,27710	30	0,211363	16	16	0,024707	0,027770	1,263304	0,656576
APL	0,0803	0,0912	-2,00133	30	0,054474	16	16	0,014954	0,015793	1,115230	0,835498
APW	0,0600	0,0611	-0,25822	30	0,798003	16	16	0,010715	0,014043	1,717602	0,305773
alfa(stupnjevi)	163,4509	164,3405	-0,81717	30	0,420274	16	16	3,550772	2,521468	1,983073	0,196454

25. Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Orašnica - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju

populacija=Orašnica											
Grupa 1: M Grupa 2: F											
Morfo.mjera	Sr.Vr. M	Sr.Vr. F	t-vrijednost	SS	p	Uk. M	Uk. F	Std.Dev. M	Std.Dev. F	F-odnos var.	p var.
TL	2,5655	2,7261	-3,24970	26	0,003184	19	9	0,132777	0,093928	1,998294	0,319545
ROL	0,2890	0,3360	-2,19251	26	0,037489	19	9	0,061854	0,022503	7,555509	0,006572
HEL	0,5702	0,5671	0,48807	26	0,629591	19	9	0,016361	0,014004	1,364893	0,675515
ARL	0,4298	0,4329	-0,48807	26	0,629591	19	9	0,016361	0,014004	1,364893	0,675515
ABL	0,9064	0,9988	-3,67198	26	0,001093	19	9	0,058492	0,069716	1,420603	0,507999
TEL	0,3733	0,4051	-3,58908	26	0,001352	19	9	0,023767	0,016924	1,972068	0,329054
CLL-d	1,0132	0,8766	4,29544	26	0,000216	19	9	0,090344	0,041163	4,817177	0,028979
CFL-d	0,5923	0,5358	3,14105	26	0,004168	19	9	0,047629	0,036351	1,716736	0,441300
CPL-d	0,3778	0,3147	4,06704	26	0,000392	19	9	0,043553	0,022507	3,744441	0,062353
CLH-d	0,2998	0,2547	3,50131	26	0,001691	19	9	0,031771	0,032036	1,016768	0,916340
CLW-d	0,4846	0,4131	3,77475	26	0,000839	19	9	0,049951	0,038672	1,668396	0,467256
CPH	0,5995	0,6266	-2,66813	26	0,012958	19	9	0,027241	0,019326	1,986851	0,323654
ABH	0,3572	0,3686	-1,10227	26	0,280442	19	9	0,027787	0,020095	1,912056	0,352096
HEW	0,3892	0,3983	-1,09842	26	0,282091	19	9	0,023146	0,012768	3,286474	0,090686
ROW	0,2279	0,2542	-1,79272	26	0,084661	19	9	0,041815	0,018119	5,325887	0,021056
CGW	0,6003	0,6210	-2,41079	26	0,023285	19	9	0,022471	0,017842	1,586160	0,515522
CPW	0,6620	0,6671	-0,45484	26	0,653003	19	9	0,026669	0,028937	1,177236	0,728922
ARW	0,1971	0,2024	-0,83946	26	0,408865	19	9	0,014699	0,017490	1,415890	0,511612
CEW	0,5867	0,6001	-1,50673	26	0,143935	19	9	0,024666	0,014147	3,040042	0,112525
ABW	0,5869	0,6512	-4,84757	26	0,000050	19	9	0,034512	0,028495	1,466961	0,595774
TEW	0,3236	0,3510	-3,53081	26	0,001568	19	9	0,020050	0,017051	1,382737	0,660779
CEF-d	1,1191	1,1277	-0,60027	26	0,553523	19	9	0,039807	0,022724	3,068754	0,109671
APL	0,0928	0,1105	-1,73891	26	0,093880	19	9	0,028230	0,015783	3,199003	0,097786
APW	0,0528	0,0583	-1,04317	26	0,306474	19	9	0,014836	0,007006	4,483928	0,036232
alfa(stupnjevi)	161,5191	162,2420	-0,77940	26	0,442778	19	9	1,937785	2,936491	2,296394	0,136380

26. Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Slapnica - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju

populacija=Slapnica											
Grupa 1: M Grupa 2: F											
Morfo.mjera	Sr.Vr. M	Sr.Vr. F	t-vrijednost	SS	p	Uk. M	Uk. F	Std.Dev. M	Std.Dev. F	F-odnos var.	p var.
TL	2,5704	2,4714	2,9841	3	0,058403	4	1	0,029683	0,00	0,00	1,000000
ROL	0,2941	0,2877	0,4527	3	0,681521	4	1	0,012638	0,00	0,00	1,000000
HEL	0,5602	0,5998	-2,5620	3	0,083072	4	1	0,013812	0,00	0,00	1,000000
ARL	0,4398	0,4002	2,5620	3	0,083072	4	1	0,013812	0,00	0,00	1,000000
ABL	0,9269	0,9044	0,6972	3	0,535831	4	1	0,028778	0,00	0,00	1,000000
TEL	0,3569	0,0000	24,2354	3	0,000154	4	1	0,013171	0,00	0,00	1,000000
CLL-d	1,1300	0,9214	1,3760	3	0,262552	4	1	0,135637	0,00	0,00	1,000000
CFL-d	0,6624	0,5812	0,7960	3	0,484219	4	1	0,091248	0,00	0,00	1,000000
CPL-d	0,4014	0,2735	2,4449	3	0,092094	4	1	0,046788	0,00	0,00	1,000000
CLH-d	0,2947	0,1871	3,3402	3	0,044381	4	1	0,028837	0,00	0,00	1,000000
CLW-d	0,5015	0,3602	2,0689	3	0,130383	4	1	0,061072	0,00	0,00	1,000000
CPH	0,6158	0,5327	2,6766	3	0,075267	4	1	0,027752	0,00	0,00	1,000000
ABH	0,3548	0,3900	-1,0656	3	0,364763	4	1	0,029556	0,00	0,00	1,000000
HEW	0,3729	0,3612	1,4001	3	0,255993	4	1	0,007472	0,00	0,00	1,000000
ROW	0,2479	0,2379	1,5636	3	0,215863	4	1	0,005725	0,00	0,00	1,000000
CGW	0,6141	0,6066	0,4643	3	0,674026	4	1	0,014423	0,00	0,00	1,000000
CPW	0,6669	0,6655	0,0442	3	0,967559	4	1	0,028050	0,00	0,00	1,000000
ARW	0,1892	0,1684	0,8294	3	0,467686	4	1	0,022409	0,00	0,00	1,000000
CEW	0,5875	0,5717	0,9350	3	0,418768	4	1	0,015122	0,00	0,00	1,000000
ABW	0,6042	0,7221	-10,6730	3	0,001758	4	1	0,009882	0,00	0,00	1,000000
TEW	0,2971	0,0000	26,3479	3	0,000120	4	1	0,010086	0,00	0,00	1,000000
CEF-d	1,1480	1,1891	-1,5733	3	0,213704	4	1	0,023347	0,00	0,00	1,000000
APL	0,0765	0,0644	0,6364	3	0,569771	4	1	0,017051	0,00	0,00	1,000000
APW	0,0441	0,0224	7,8537	3	0,004300	4	1	0,002480	0,00	0,00	1,000000
alfa(stupnjevi)	160,1618	159,0772	0,2724	3	0,802959	4	1	3,560935	0,00	0,00	1,000000

27. Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Sopotski slap - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju

Morfo.mjera	populacija=Sopotski slap										
	Sr.Vr.		t-vrijednost	SS	p	Uk. M	Uk. F	Std.Dev. M	Std.Dev. F	F-odnos var.	p var.
	M	F									
TL	2,5001	2,7022	-2,85814	7	0,024402	8	1	0,066657	0,00	0,00	1,000000
ROL	0,2855	0,2925	-0,59576	7	0,570090	8	1	0,011153	0,00	0,00	1,000000
HEL	0,5641	0,6143	-7,02281	7	0,000207	8	1	0,006745	0,00	0,00	1,000000
ARL	0,4359	0,3857	7,02281	7	0,000207	8	1	0,006745	0,00	0,00	1,000000
ABL	0,8765	0,9592	-1,77448	7	0,119253	8	1	0,043933	0,00	0,00	1,000000
TEL	0,3539	0,3866	-2,37753	7	0,049060	8	1	0,012982	0,00	0,00	1,000000
CLL-d	1,1795	0,8824	1,93134	7	0,094736	8	1	0,145058	0,00	0,00	1,000000
CFL-d	0,7201	0,5206	1,75946	7	0,121898	8	1	0,106895	0,00	0,00	1,000000
CPL-d	0,4107	0,2872	2,57740	7	0,036611	8	1	0,045194	0,00	0,00	1,000000
CLH-d	0,3113	0,2352	2,96194	7	0,021047	8	1	0,024225	0,00	0,00	1,000000
CLW-d	0,5279	0,4008	2,64791	7	0,033042	8	1	0,045246	0,00	0,00	1,000000
CPH	0,5935	0,6281	-1,04067	7	0,332633	8	1	0,031277	0,00	0,00	1,000000
ABH	0,3446	0,3688	-1,76872	7	0,120261	8	1	0,012934	0,00	0,00	1,000000
HEW	0,3648	0,3910	-2,54346	7	0,038469	8	1	0,009709	0,00	0,00	1,000000
ROW	0,2366	0,2561	-1,42523	7	0,197118	8	1	0,012871	0,00	0,00	1,000000
CGW	0,6072	0,6161	-0,52818	7	0,613699	8	1	0,015839	0,00	0,00	1,000000
CPW	0,6887	0,6844	0,27561	7	0,790807	8	1	0,014494	0,00	0,00	1,000000
ARW	0,1757	0,1829	-0,42736	7	0,681952	8	1	0,015835	0,00	0,00	1,000000
CEW	0,5786	0,6107	-1,61498	7	0,150349	8	1	0,018743	0,00	0,00	1,000000
ABW	0,8194	0,6534	0,23368	7	0,821917	8	1	0,669911	0,00	0,00	1,000000
TEW	0,2952	0,3373	-2,95384	7	0,021290	8	1	0,013452	0,00	0,00	1,000000
CEF-d	1,1581	1,1345	1,39871	7	0,204611	8	1	0,015906	0,00	0,00	1,000000
APL	0,0677	0,0888	-2,63525	7	0,033655	8	1	0,007535	0,00	0,00	1,000000
APW	0,0351	0,0470	-2,03754	7	0,081006	8	1	0,005549	0,00	0,00	1,000000
alfa(stupnjevi)	156,7945	161,1134	-2,49376	7	0,041368	8	1	1,632825	0,00	0,00	1,000000

28. Rezultati t – testa za razlike između mužaja i ženki iz populacije Vele vode - crveno su označene značajke u kojima se značajno razlikuju

Morfo.mjera	populacija=Vele vode										
	Sr.Vr.		t-vrijednost	SS	p	Uk. M	Uk. F	Std.Dev. M	Std.Dev. F	F-odnos var.	p var.
	M	F									
TL	2,3278	2,4543	-2,15825	11	0,053868	9	4	0,099235	0,092845	1,1424	1,000000
ROL	0,1958	0,2238	-3,88029	11	0,002562	9	4	0,012403	0,011013	1,2683	0,933198
HEL	0,5574	0,5629	-0,54868	11	0,594186	9	4	0,018135	0,010750	2,8460	0,420941
ARL	0,4426	0,4371	0,54868	11	0,594186	9	4	0,018135	0,010750	2,8460	0,420941
ABL	0,8053	0,9067	-3,23694	11	0,007917	9	4	0,052944	0,049923	1,1247	1,000000
TEL	0,3341	0,3653	-2,81872	11	0,016706	9	4	0,018753	0,017517	1,1460	1,000000
CLL-d	1,0050	0,8004	1,00953	11	0,334413	9	4	0,393931	0,055041	51,2236	0,008026
CFL-d	0,5525	0,4727	0,72463	11	0,483805	9	4	0,214089	0,029876	51,3499	0,007997
CPL-d	0,4141	0,3092	1,27793	11	0,227584	9	4	0,159479	0,025272	39,8234	0,011629
CLH-d	0,2583	0,2048	1,06082	11	0,311506	9	4	0,098323	0,008206	143,5697	0,001737
CLW-d	0,4179	0,3490	0,83962	11	0,418997	9	4	0,160019	0,010506	232,0127	0,00848
CPH	0,5915	0,5829	0,55767	11	0,588241	9	4	0,026571	0,022818	1,3561	0,882685
ABH	0,3438	0,3954	-5,04290	11	0,000376	9	4	0,016466	0,018446	1,2550	0,705737
HEW	0,3820	0,3654	1,56557	11	0,145746	9	4	0,016268	0,020755	1,6276	0,516728
ROW	0,1516	0,1638	-2,00134	11	0,070642	9	4	0,009474	0,011915	1,5817	0,536439
CGW	0,5484	0,5541	-0,35825	11	0,726940	9	4	0,026608	0,025505	1,0883	1,000000
CPW	0,6368	0,6088	1,39574	11	0,190325	9	4	0,029510	0,042105	2,0359	0,374930
ARW	0,1909	0,2068	-1,21497	11	0,249812	9	4	0,019070	0,027528	2,0839	0,361556
CEW	0,5252	0,5313	-0,42741	11	0,677326	9	4	0,023326	0,024750	1,1259	0,789443
ABW	0,5423	0,6623	-8,81177	11	0,000003	9	4	0,025607	0,011593	4,8787	0,219745
TEW	0,2935	0,3117	-1,98030	11	0,073231	9	4	0,016340	0,012030	1,8447	0,666209
CEF-d	1,1047	1,0956	0,44225	11	0,666875	9	4	0,039961	0,008171	23,9201	0,024477
APL	0,0584	0,0618	-0,44094	11	0,667796	9	4	0,011001	0,017438	2,5128	0,264568
APW	0,0423	0,0450	-0,54686	11	0,595398	9	4	0,007548	0,009717	1,6574	0,504402
alfa(stupnjevi)	159,9326	162,7638	-1,76423	11	0,105407	9	4	2,423013	3,239140	1,7871	0,454705

29. Analiza varijance za mužjake; mjerene morfometrijske značajke koje se značajno razlikuju označene su crvenom bojom ( $p < 0,05$ )

Morfo.mjera	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
TL	0,918	14	0,06554	1,293	141	0,00917	7,14811	0,000000
ROL	0,208	14	0,01486	0,131	141	0,00093	15,94215	0,000000
HEL	0,011	14	0,00081	0,027	141	0,00019	4,18332	0,000004
ARL	0,011	14	0,00081	0,027	141	0,00019	4,18332	0,000004
ABL	0,209	14	0,01493	0,382	141	0,00271	5,50360	0,000000
TEL	0,037	14	0,00266	0,054	141	0,00038	6,95506	0,000000
CLL-d	2,264	14	0,16171	6,085	141	0,04316	3,74685	0,000024
CFL-d	1,464	14	0,10457	2,445	141	0,01734	6,03058	0,000000
CPL-d	0,280	14	0,02004	0,925	141	0,00656	3,05237	0,000383
CLH-d	0,095	14	0,00679	0,484	141	0,00343	1,98008	0,023297
CLW-d	0,365	14	0,02609	1,467	141	0,01041	2,50731	0,003244
CPH	0,018	14	0,00128	0,158	141	0,00112	1,14064	0,328264
ABH	0,063	14	0,00451	0,115	141	0,00081	5,54127	0,000000
HEW	0,039	14	0,00279	0,073	141	0,00052	5,40035	0,000000
ROW	0,203	14	0,01447	0,048	141	0,00034	42,72043	0,000000
CGW	0,094	14	0,00669	0,054	141	0,00038	17,43365	0,000000
CPW	0,072	14	0,00512	0,083	141	0,00059	8,68101	0,000000
ARW	0,012	14	0,00088	0,043	141	0,00030	2,92599	0,000631
CEW	0,088	14	0,00629	0,301	141	0,00213	2,95242	0,000569
ABW	0,526	14	0,03757	3,219	141	0,02283	1,64566	0,074047
TEW	0,021	14	0,00151	0,048	141	0,00034	4,43745	0,000002
CEF-d	0,050	14	0,00355	0,121	141	0,00086	4,13208	0,000005
APL	0,022	14	0,00157	0,035	141	0,00025	6,30133	0,000000
APW	0,011	14	0,00076	0,011	141	0,00008	9,97814	0,000000
alfa(stupnjevi)	1144,629	14	81,75924	1775,016	141	12,58876	6,49462	0,000000

30. Analiza varijance za ženke; mjerene morfometrijske značajke koje se značajno razlikuju označene su crvenom bojom ( $p < 0,05$ )

Morfo.mjera	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
TL	1,755	11	0,1596	5,98	77	0,078	2,05329	0,034177
ROL	0,101	11	0,0091	0,03	77	0,000	24,01490	0,000000
HEL	0,007	11	0,0006	0,03	77	0,000	1,87488	0,055820
ARL	0,007	11	0,0006	0,03	77	0,000	1,87488	0,055820
ABL	0,091	11	0,0083	0,21	77	0,003	2,99007	0,002336
TEL	0,167	11	0,0152	0,16	77	0,002	7,43032	0,000000
CLL-d	0,351	11	0,0319	1,41	77	0,018	1,74442	0,079236
CFL-d	0,178	11	0,0161	0,57	77	0,007	2,18217	0,023825
CPL-d	0,059	11	0,0054	0,18	77	0,002	2,27129	0,018519
CLH-d	0,045	11	0,0041	0,13	77	0,002	2,47443	0,010370
CLW-d	0,077	11	0,0070	0,32	77	0,004	1,67341	0,095529
CPH	0,025	11	0,0023	0,14	77	0,002	1,29101	0,245757
ABH	0,045	11	0,0041	0,13	77	0,002	2,39637	0,012969
HEW	0,014	11	0,0013	0,10	77	0,001	1,04860	0,413555
ROW	0,075	11	0,0068	0,14	77	0,002	3,75258	0,000259
CGW	0,039	11	0,0035	0,07	77	0,001	3,76633	0,000249
CPW	0,061	11	0,0055	0,40	77	0,005	1,07839	0,389638
ARW	0,015	11	0,0014	0,05	77	0,001	2,24156	0,020147
CEW	0,027	11	0,0025	0,06	77	0,001	3,27359	0,001027
ABW	0,108	11	0,0098	0,12	77	0,002	6,12440	0,000000
TEW	0,115	11	0,0105	0,03	77	0,000	30,45535	0,000000
CEF-d	0,016	11	0,0014	0,18	77	0,002	0,59739	0,825376
APL	0,010	11	0,0009	0,02	77	0,000	3,48706	0,000554
APW	0,007	11	0,0007	0,01	77	0,000	5,33006	0,000003
alfa(stupnjevi)	7800,860	11	709,1691	78798,86	77	1023,362	0,69298	0,741261

### 31. Rezultati diskriminantne analize za mužjake

Morfo.mjera	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove 13,120	p-value	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
ROW	0,001135	0,635082	5,304003	0,000000	0,480229	0,519771
APW	0,000994	0,725167	3,498387	0,000125	0,540216	0,459784
HEW	0,000892	0,808112	2,191864	0,013647	0,020295	0,979705
CFL-d	0,000837	0,861058	1,489494	0,130882	0,163666	0,836334
TEL	0,000993	0,725858	3,486282	0,000131	0,455550	0,544451
ABH	0,000852	0,845914	1,681417	0,073347	0,732112	0,267888
CPW	0,000878	0,820928	2,013541	0,025005	0,003392	0,996608
CGW	0,001048	0,687778	4,190370	0,000010	0,303609	0,696391
ARW	0,000947	0,761609	2,889326	0,001151	0,682611	0,317389
ARL	0,000896	0,804586	2,241924	0,011483	0,665071	0,334929
TEW	0,000991	0,727684	3,454373	0,000147	0,426721	0,573279
ABL	0,000918	0,785406	2,522092	0,004298	0,373272	0,626729
CLH-d	0,001205	0,598291	6,197785	0,000000	0,078938	0,921062
CLL-d	0,000961	0,749959	3,077589	0,000581	0,032210	0,967790
CPL-d	0,000950	0,758741	2,935140	0,000975	0,045000	0,955000
CEF-d	0,000859	0,839059	1,770564	0,055389	0,441373	0,558627
ABW	0,000828	0,870275	1,375955	0,180756	0,897141	0,102859
APL	0,000822	0,877255	1,291560	0,227187	0,447143	0,552857
CPH	0,000832	0,866369	1,423784	0,158088	0,654913	0,345087
alfa(stupnjevi)	0,000882	0,817621	2,059022	0,021459	0,001973	0,998027
CEW	0,000880	0,818974	2,040364	0,022851	0,003454	0,996546
ROL	0,000820	0,879506	1,264632	0,243828	0,335556	0,664444

### 32. Rezultati diskriminantne analize za ženke

Morfo.mjera	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (9,58)	p-value	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
ROL	0,004550	0,331197	13,01360	0,000000	0,531119	0,468881
ABW	0,002469	0,610374	4,11374	0,000395	0,404264	0,595736
APW	0,002811	0,536129	5,57587	0,000016	0,683498	0,316502
ABL	0,001824	0,826063	1,35695	0,228900	0,425589	0,574411
ARW	0,002310	0,652270	3,43559	0,001892	0,636993	0,363007
ABH	0,002215	0,680188	3,03007	0,004912	0,694255	0,305746
TL	0,002305	0,653889	3,41112	0,002004	0,091790	0,908210
TEW	0,001943	0,775653	1,86396	0,075907	0,576262	0,423738
CGW	0,001900	0,793177	1,68041	0,114632	0,411608	0,588392
CLH-d	0,002024	0,744447	2,21224	0,033933	0,357480	0,642520
CPH	0,002083	0,723323	2,46506	0,018717	0,299774	0,700226
ROW	0,001857	0,811278	1,49912	0,170042	0,250619	0,749382
HEL	0,001897	0,794455	1,66734	0,117993	0,695993	0,304007
CEW	0,001888	0,798240	1,62887	0,128421	0,442170	0,557830
CFL-d	0,002179	0,691677	2,87269	0,007128	0,280701	0,719299
CLL-d	0,001938	0,777671	1,84241	0,079714	0,064512	0,935488
CPW	0,002347	0,642042	3,59298	0,001311	0,063901	0,936100
alfa(stupnjevi)	0,002337	0,644745	3,55090	0,001446	0,073193	0,926807
CLW-d	0,001832	0,822478	1,39096	0,213432	0,241482	0,758518
HEW	0,001785	0,844185	1,18949	0,319090	0,430022	0,569979

## 9. ŽIVOTOPIS

### OSOBNI PODACI:

Ime i prezime: Vjera Pavić

Datum i mjesto rođenja: 19. studeni 1993., Zagreb, Republika Hrvatska

Adresa prebivališta: Siget 11, 10 020 Zagreb

Broj mobilnog telefona: 099/ 411 – 5055

E – mail adresa: [vjerapavic@yahoo.com](mailto:vjerapavic@yahoo.com)

### OBRAZOVANJE:

2015. – 2018. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno – matematički fakultet, Biološki odsjek, diplomski studij Eksperimentalne biologije, Modul Zoologija

2012. – 2015. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno – matematički fakultet, Biološki odsjek, preddiplomski sveučilišni studij Eksperimentalne biologije

2008. – 2012. Prva (Opća) gimnazija, Zagreb

2000. – 2008. Osnovna škola Većeslava Holjevca

### VJEŠTINE:

Poznavanje jezika: engleski (aktivan), francuski (aktivan, DELF A2)

Digitalna kompetencija: korištenje svim Internet preglednicima, MS Office (Word, Excel, PowerPoint), Statistica, TPS softver, MorphoJ, Solomon Coder, ClustalX, BioEdit, Mega7

Studentsko iskustvo: edukator u Javnoj ustanovi „Maksimir“ (Zagreb) – provođenje edukativnih osnovnoškolskih programa generalno u polju biologije / prirode i društva (2015. – 2018.); član Sekcije za šišmiše u sklopu Udruge studentata biologije (BIUS); odrađena laboratorijska praksa sređivanja i pregledavanja fakultetske zbirke koštanog sustava sisavaca na Zoologijskom Zavodu (2015.); uključenost na projekt i provođenje pokusa kognicije gušterica na Zavodu za animalnu fiziologiju (2016.); pohađanje radionice o primjeni IUCN kategorija i kriterija za procjenu ugroženosti vrsta (2017.); rukovanje i briga o zmijama na Zavodu za animalnu fiziologiju (2017.); sudjelovanje na znanstvenoj manifestaciji „Noć biologije“ (2013. – 2017.)

Ostale vještine: plivanje (aktivno bavljenje 12 godina)