

Morfološke značajke riba roda *Romanogobio* u dunavskom slijevu Hrvatske

Lokas, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:217:407105>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-23**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Ivana Lokas

**Morfološke značajke riba roda *Romanogobio*
u dunavskom slijevu Hrvatske**

Diplomski rad

Zagreb, 2022.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Ivana Lokas

**Morphological characters of the
Romanogobio fish genus in the Croatian
Danube River basin**

Master thesis

Zagreb, 2022.

Ovaj rad izrađen je na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom doc. dr. sc. Zorana Marčića. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra ekologije i zaštite prirode.

Zahvale

Hvala mom mentoru doc. dr. sc. Zoranu Marčiću na savjetima, strpljenju, ažurnosti, trudu, razumijevanju i na utješnim riječima kada su bile potrebne.

Hvala Svenu Horvatiću na nesebičnoj pomoći, uloženom vremenu te na korisnim i stručnim savjetima koji su olakšali obradu statističkog dijela ovog rada. Zahvalila bih se i Romanu Karloviću i Siniši Vajdiću što su mi uvijek ustupili laboratorij, nadam se da vam nisam puno smetala.

Hvala komentatoricama izv. prof. dr. sc. Ivani Buj i izv. prof. dr. sc. Anamariji Štambuk na savjetima i susretljivosti pri završnim koracima izrade ovog diplomskog rada.

Hvala mojoj prijateljici i kolegici Martini na svim danima koje smo proveli skupa i bez koje sve ove godine studiranja ne bi bile iste. Također, jedno veliko hvala Andreji, Luciji, Mirni, Anđeli i Nataliji na radosti, motivaciji, pomoći i prijateljstvu još od osnovne škole.

Andriji hvala, hvala, hvala, hvala na svemu i još jedno hvala na strpljenju tijekom izrade ovog rada.

Hvala mom bratu Jerku na velikoj podršci tijekom studiranja s pitanjima „Treba li ti novca“ i „Učiš li“. Mater i ćaća bi bili ponosni na nas, ne zato što smo uspjeli, nego zato što nismo odustali kada je bilo najteže.

Na kraju bih se najviše zahvalila svojim roditeljima na svakoj izrečenoj riči, ljubavi i što su mi uz veliko odricanje omogućili studiranje ali i bolji život. Iako niste više na ovoj planeti, vaša dobrotu, osjećajnost, požrtvovnost i mudrost će ostati vječno zapečaćeni na ovoj strani, bar kao vječna inspiracija meni.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Morfološke značajke riba roda *Romanogobio* u dunavskom slijevu Hrvatske

Ivana Lokas

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Prema sadašnjim spoznajama na području Republike Hrvatske obitavaju četiri vrste iz roda *Romanogobio*, od kojih se 3 nalaze u dunavskom slijevu Hrvatske. Jedinke iz ovog istraživanja determinirane su kao vrste *Romanogobio kesslerii* i *Romanogobio vladykovi*. Cilj je ovog istraživanja bio odrediti njihove morfološke karakteristike te provjeriti postoje li razlike unutar populacije i između populacija. Istraživanje je obuhvatilo 19 lokaliteta iz sedam rijeka. Kako bi se utvrdile raznolikosti, provedene su morfometrijske i merističke analize, a potom su dobiveni rezultati uspoređivani s literaturnim podacima vrsta istog roda u drugim područjima. Rezultati morfometrijskih analiza pokazali su da postoje varijabilnosti unutar i između populacija, a najzanimljivijim se pokazalo izdvajanje populacije vrste *R. vladykovi* iz Save. Merističke analize pokazale su se adekvatnom metodom za identifikaciju ovih vrsta. Ovom analizom, također je utvrđen isti broj ljusaka oko kaudalnog pedunkula vrsta *R. vladykovi* i *R. kesslerii*, što se ne podudara s literaturnim podacima i upućuje na pogrešku u ključu koji se koristi za određivanje vrste *R. kesslerii* te se time otvara potreba za daljnjim istraživanjem.

Ključne riječi: morfometrija, meristika, populacija, *R. kesslerii*, *R. vladykovi*

(46 stranica, 11 slika, 8 tablica, 40 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Voditelj: doc. Dr. Sc. Zoran Marčić

Ocjenitelji:

doc. Dr. Sc. Zoran Marčić

izv. prof. Dr. Sc. Anamaria Štambuk

doc. Dr. Sc. Sandra Hudina

Rad prihvaćen: 19. 09. 2022.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Master thesis

Morphological character of the *Romanogobio* fish genus in the Croatian Danube River basin

Ivana Lokas

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

According to current findings, on territory of Republic of Croatia there are 4 species from genus *Romanogobio*, 3 of which are located in Danube basin. Individuals studied in this research are determined as species *Romanogobio kesslerii* and *Romanogobio vladykovi*. Aim of this research was to describe their morphological characteristics and to conclude if there are any differences among populations of each species and between populations of different species. Research has covered 19 localities in 7 rivers. In order to determine differences, morphometric and meristic analyses were made and then compared with literature data for same species in different areas. Results of morphometric analysis confirmed that there are variability among and inbetween populations of species, with divergence of population *R. vladykovi* in Sava being the most noticeable. Meristics analysis have shown as adequate method of identification of this species. With this analysis, same number of scales around caudal peduncle in species *R. vladykovi* and *R. kesslerii* are confirmed which don't match with literature data and it points to mistake in identification key of the species *R. kesslerii* which opens a need for further research.

Keywords: morphometric, meristics, population, *R. kesslerii*, *R. vladykovi*

(46 pages, 11 figures, 8 table, 40 references, original in: Croatia)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: Asst. Prof. Zoran Marčić, PhD

Reviewers:

1. Asst. Prof. Zoran Marčić, PhD
2. Assoc. Prof. Anamaria Štambuk, PhD
3. Asst. Prof. Sandra Hudina, PhD

Thesis accepted: 19. 09. 2022.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Slatkovodne ribe Hrvatske	1
1.2. Razlozi ugroženosti slatkovodnih riba Hrvatske	2
1.3. Sistematika roda <i>Romanogobio</i> Bănărescu 1961	3
1.4. Obilježja roda <i>Romanogobio</i>	5
1.5. Literaturni podaci o morfologiji vrsta roda <i>Romanogobio</i> u dunavskom slijevu Hrvatske..	7
1.5.1. <i>Romanogobio vladykovi</i>	8
1.5.1. <i>Romanogobio uranoscopus</i>	8
1.5.3. <i>Romanogobio kesslerii</i>	9
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	10
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	11
4. MATERIJALI I METODE	15
4.1. Uzorci	15
4.2. Sakupljanje uzoraka	16
4.2.1. Elektrotربولov	16
4.3. Obrada uzoraka	17
4.3.1. Morfologija	17
4.3.1.1. Morfometrija	18
4.3.1.1.1. Standardizacija morfometrijskih mjera i statistička obrada	21
4.3.1.2. Meristika i kvalitativne morfološke značajke	23
5. REZULTATI	26
5.1. Morfometrijske značajke istraživanih populacija vrsta roda <i>Romanogobio</i>	26
5.2. Merističke i kvalitativne morfološke značajke istraživanih populacija vrsta roda <i>Romanogobio</i>	33
6. RASPRAVA	37
7. ZAKLJUČAK	42
8. LITERATURA:	43
9. ŽIVOTOPIS	47
10. PRILOZI	48

1. UVOD

1.1. Slatkovodne ribe Hrvatske

Ribe su vrstama najbrojnija skupina kralješnjaka. Sadašnje procjene pokazuju da se svjetska ihtiofauna sastoji od oko 28 000 vrsta, dok se svake godine taj broj povećava s otkrivanjem otprilike 300 novih vrsta (Nelson 2006). Oceani čine 97 % sve vode na Zemlji dok nešto manje od 0,1 % ukupnog volumena vode na Zemlji otpada na slatke vode. Ipak, oko 41 % svih riba živi u slatkoj vodi, a 58 % su morske ribe (Helfman 2007).

U svijetu je danas opisano gotovo 15 000 slatkovodnih riba, dok europska ihtiofauna broji 546 autohtonih te 33 unesene vrste (Kottelat i Freyhof 2007). Razlog je tako male raznolikosti u Europi posljedica ledenih doba koja su se smjenjivala u geološkoj povijesti Zemlje (Nelson 2006), no zanimljivo je da neke endemske vrste riba na području Hrvatske obitavaju čak i od prije glacijalnih razdoblja (Ćaleta i sur. 2015). Prema Ćaleta i sur. (2019), na temelju prikupljenih podataka iz ukupno 1360 publikacija o slatkovodnim ribama u Hrvatskoj u razdoblju od 1771. godine koje su analizirali, slatkovodna ihtiofauna Hrvatske može se svrstati u dva razreda, 16 redova, 30 porodica i 75 rodova. Najveća raznolikost nalazi se unutar reda Cypriniformes (78 vrsta), a potom slijede redovi Perciformes (13 vrsta), Gobiiformes i Salmoniformes (11 vrsta). U rijekama i slatkim vodama Hrvatske živi oko 137 vrsta, među kojima je 15 stenoendema, zbog čega smo svrstani u jednu od ihtiološki najraznolikijih zemalja Europe (Mrakovčić i sur. 2006). Bogatstvo vrsta posljedica je složene geološke povijesti Hrvatske koja je omogućila biološku evoluciju dijeljenjem velikih populacija u izolirane populacije te zemljopisnog položaja Hrvatske, koji obuhvaća dva riječna sustava: jadranski i crnomorski. Ta dva glavna slijeva i njihove rijeke i jezera imaju različite geografske, hidrološke i ekološke značajke. Rijeke koje pripadaju crnomorskom slijevu su duge s mnogo pritoka koji su međusobno povezani, dok su rijeke jadranskog slijeva mnogo kraće i izolirane, što potiče alopatrijsku specijaciju koja dovodi do velike raznolikosti vrsta i endemizma (Ćaleta i sur. 2019). Velikom broju endema u Hrvatskoj pridonose i ušća rijeka u more, odnosno estuariji s posebnim uvjetima bočate vode, ali i fenomen krša s bogatim sustavom podzemnih voda (Šafarek i Šolić 2011).

Općenito, crnomorski ili dunavski slijev ihtiološki je najbogatiji slijev u Europi, a obuhvaća 62 % površine kopnenih voda Hrvatske. Njime dominiraju velike rijeke Sava, Drava i Dunav s više manjih podsljevova (Mrakovčić i sur. 2006). Nastanjuje ga više od 81 vrste riba, među kojima je 9 endemskih. Zavičajne (autohtone) su 64 vrste, dok je preostalih 17 vrsta alohtono, unesene su u prošlom stoljeću (Ćaleta i sur. 2019).

Jadranski slijev zauzima 32 % površine Hrvatske te su duljina i gustoća vodotoka znatno manji od onih dunavskoga. U ovom slijevu obitava 90 vrsta, među kojima je 60 autohtonih, a 30 alohtonih (17 vrsta je iz dunavskog slijeva). Zbog iznimno velikog broja vrsta koje obitavaju u ovom slijevu, a posebno endemskih vrsta, kojih je 36, za jadranski se slijev može reći da je žarište ihtioraznolikosti u Hrvatskoj (Ćaleta i sur. 2019).

Od ukupnog broja vrsta, njih se 90 se nalazi u Crvenoj knjizi slatkovodnih riba Hrvatske u različitim kategorijama ugroženosti (Mrakovčić i sur. 2006).

1.2. Razlozi ugroženosti slatkovodnih riba Hrvatske

Zbog čovjekova intenzivnog djelovanja na vodena staništa, danas su slatkovodne ribe jedna od najugroženijih skupina kralješnjaka. Posljedice djelovanja čovjeka nerijetko su podcijenjene, no njegov je utjecaj velik. Kada gledamo u povijest, godišnje bi izumrle jedna do dvije vrste, a danas je ta stopa 10 do 100 puta veća. Mnoge su nekad uobičajene vrste, danas gotovo nestale ili su se njihove populacije jako smanjile. Da se u vodenom sustavu dogodila značajna i dugotrajna promjena najbolje, pokazuju promjene u sastavu populacija i raznolikosti vrsta riba, a pri tome su naročito u opasnosti rijetke, osjetljive i endemske vrste kojima je Hrvatska vrlo bogata (Ćaleta i sur. 2015).

Endemske su vrste osobito osjetljive i imaju malu sposobnost prilagodbe na promjene vanjskih čimbenika. Od ukupno 51 endemske vrste slatkovodne ihtiofaune Hrvatske, jedna se vrsta smatra regionalno izumrlom, dok je njih 14 kritično ugroženo, a 16 ugroženo (Mrakovčić i sur. 2006.). U Crvenoj knjizi slatkovodnih riba Hrvatske nalazi se 90 vrsta i podvrsta, što čini 60 % ukupnog broja vrsta. Šest je vrsta već nestalo iz hrvatskih vodotoka – četiri iz dunavskog i jedna iz jadranskog slijeva. Iz dunavskog slijeva nestale su moruna, jesetra, sim i pastruga, a iz jadranskog

slijeva atlantska jesetra. U skoroj budućnosti bi budućnosti te brojke mogle biti i znatno veće. Unos alohtonih vrsta, onečišćenje, regulacija vodotoka i degradacija staništa imaju najveći utjecaj na riblje zajednice u Hrvatskoj. Ostali čimbenici, kao što su izgradnja brana i hidroakumulacija, melioracije, goleme potrebe za tehničkom i pitkom vodom te prelov također utječu na riblje zajednice, ne samo na područje Hrvatske nego i cijele Europe (Mrakovčić i sur. 2006).

U Republici Hrvatskoj temeljni su mehanizmi zaštite slatkovodnih vrsta riba nacionalni propisi kao što su Zakon o zaštiti prirode (Narodne novine, broj 80/30, 15/18, 14/19, 127/19), Zakon o sprječavanju unošenja i širenja stranih te invazivnih vrsta i upravljanju njima (Narodne novine, broj 94/13, 14/19), Zakon o slatkovodnom ribarstvu (Narodne novine, broj 63/19), Uredba o ekološkoj mreži i nadležnostima Javnih ustanova za upravljanje područjima ekološke mreže (Narodne novine, broj 80/19) te Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama (Narodne novine, broj 144/13, 73/16).

1.3. Sistematika roda *Romanogobio* Bănărescu 1961

Carstvo: Animalia (životinje)

Koljeno: Chordata (svitkovci)

Potkoljeno: Vertebrata (kralješnjaci)

Razred: Actinopteri (zrakoperke)

Red: Cypriniformes (šaranke)

Porodica: Gobionidae

Rod: *Romanogobio*

Sistematika je sustav razvrstavanja živih organizama na temelju sličnosti u građi, embrionalnom razvoju, fiziologiji i biokemiji, genetici te evoluciji. Temelj je taksonomski orijentirane discipline kao što je ihtiologija organiziran hijerarhijski sustav imena riba i povezane evolucije s tim imenima (Helfman i sur. 2009). Budući da nove znanstvene spoznaje kontinuirano

pridonose našem znanju o međusobnim odnosima živih organizama, sistematska klasifikacija podložna je promjeni. Sve su bolja molekularna istraživanja temeljena na DNA uvelike doprinijela novim spoznajama, a te spoznaje često mijenjaju neka tradicionalna obilježja pojedinih klasifikacijskih kategorija (Sindičić i Konjević 2014).

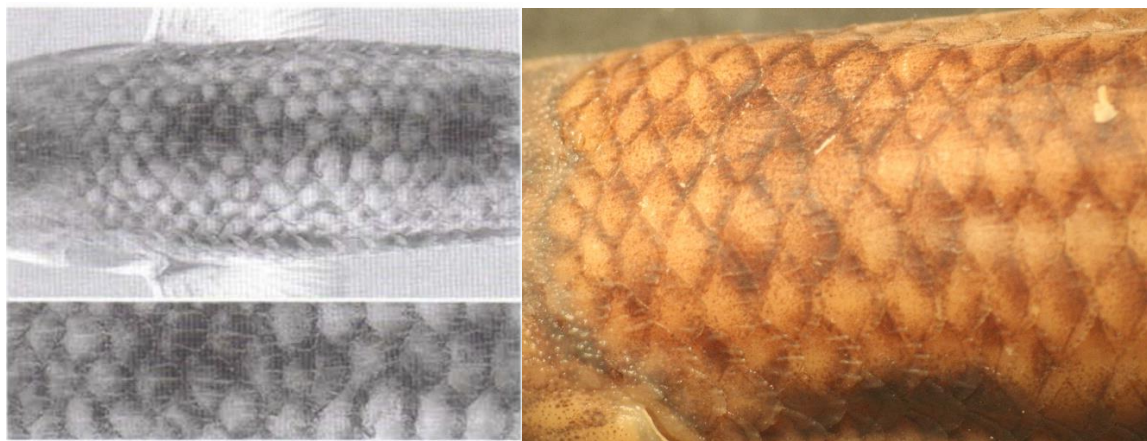
Kraj 20. i početak 21. stoljeća bili su bogati novim spoznajama u području sistematike krkuša (Gobioninae). Zbog implementacije modernih koncepata vrste, kao što su filogenetski koncept vrste i evucijski koncept vrste, dolazi do promjene u kojoj Međunarodna komisija za zoološku nomenklaturu 1999. donosi primjenu pravila o odustajanju od dotadašnjeg koncepta podvrste pa su tada mnoge podvrste izdignute na razinu vrste. Ti su procesi doveli do pomaka u modernoj sistematici riba, ali istodobno i do mnogih neriješenih pitanja, što je ostavilo taksonomski položaj krkuša i danas pred brojnim izazovima (Kottelat 1997; Nowak i sur. 2008). Tako je rod *Romanogobio* tek nedavno prepoznat kao zaseban rod, a izvorno je kao i sve europske vrste krkuša, bio svrstan u rod *Gobio* (Cuvier 1816) ili podrod *Rheogobio* (Banarescu 1961) (Nowak 2008). Krajem 20. stoljeća rod se definitivno podijelio u dva odvojena roda: *Gobio* i *Romanogobio* (Naseka 1996). Zatim su Naseka i Freyhof (2004) opisali novu vrstu iz rijeke Kuban (*R. parvus* (Naseka i Freyhof 2004)) gdje se pokazalo da se vrsta *Gobio uranoscopus* (Agassiz 1828) (tada vrsta podroda *Rheogobio*) također treba klasificirati kao pripadnik roda *Romanogobio*, te shvatili da su podrodovi *Romanogobio* i *Rheogobio* zapravo jako slični i dali prednost imenu *Romanogobio*. Također, često se događalo da se različite vrste krkuša pogrešno identificiraju, obično pod imenom *G. gobio* (Linnaeus 1758) ili *R. albiginnatus* (Lukasch 1933) (Mendel i sur. 2005.).

Ribe iz porodice Gobionidae (Teleostei: Ostariophysi: Cypriniformes), najviše su rasprostranjene u istočnoj Aziji. Porodica se sastoji od oko 30 rodova i 130 vrsta, a u Europi obitavaju tri roda: *Gobio*, *Romanogobio* i invazivni rod *Pseudorasbora* (Bleeker 1860), zastupljen sa samo jednom vrstom u Europi, *Pseudorasbora parva* (Temminck i Schlegel 1846) (Nowak i sur. 2008). Krkušice se lako razlikuju od drugih europskih ciprinida. Karakterizira ih vretenasto tijelo i ravan trbuh budući da žive kao pridnene vrste i pretežno se zadržavaju uz dno (Čaleta i sur. 2015). Imaju 7-8½ dorzalnih razgranatih šipčica, donja usta s jednim parom brkova i 6½ razgranatih analnih šipčica, a samo jedna europska vrsta *Romanogobio pentatrachus* (Naseka & Bogutskaya 1998) vrsta ima 5½. Neki se azijski rodovi izgledom jako razlikuju od pravih krkuša; imaju jače

dorzventralno spljošteno tijelo, usta mogu biti u svim položajima, od donjih pa sve do superiornih ili gornjih usta kao kod roda *Pseudorasbora*. Krkušice mogu narasti do 15 cm, ali obično dosežu 10 i 12 cm dužine s redom tamnih mrlja na sredini bočne strane i s pjegavim tijelom i perajama (Kottelat i Freyhof 2007).

1.4. Obilježja roda *Romanogobio*

Rod *Romanogobio* (Cypriniformes, Actinopterygii) pripada redu Cypriniformes (šaranke), te porodici Gobionidae. Unutar roda opisane su 22 vrste koje su rasprostranjene u Europi i Aziji. Vrste su prepoznatljive po uzdužnim grebenima koji se nalaze na ljuskama između glave i leđne peraje (Slika 1.), a iznimke su vrste *R. uranoscopus* i *R. benacensis* (Pollini 1816) koje ih nemaju (Jelić i sur. 2018). Prema postojećoj literaturi, neke su od značajki rodu: 6½ razgranatih šipčica u analnoj peraji, anus bliži podrepnoj peraji nego trbušnoj peraji ili se nalazi točno između podrepne i trbušne peraje, 7½ ili 8½ razgranatih šipčica u dorzalnoj ili leđnoj peraji, 3 ili 4 ljuske između bočne pruge i trbušne peraje, te 10 do 16 ljusaka oko kaudalnog pedunkula (Kottelat i Freyhof 2007). Naziv roda *Romanogobio* složenica je od *romanus*, što znači rimski i *gobio*, za što se vjeruje da je latinski naziv za krkušicu (Čaleta i sur. 2015).



Slika 1. Prikaz karakterističnih uzdužnih grebena kod vrsta roda *Romanogobio*

Prikaz lijevo, preuzeto iz Handbook of European Freshwater Fishes (Kottelat i Freyhof, 2007)

Prikaz desno, foto: Ivana Lokas

U Europi Kottelat i Freyhof (2007) prepoznaju 12 vrsta unutar roda *Romanogobio*, među kojima četiri nastanjuju dunavski slijev, *Romanogobio uranoscopus* (Agassiz 1828), *Romanogobio kesslerii* (Dybowski 1862), *Romanogobio vladykovi* (Fang 1943) i *Romanogobio antipai* (Bănărescu 1953). Za vrstu *R. antipai* donedavno se smatralo da je izumrla jer nije pronađen niti jedan uzorak od 1960. godine, međutim 2016. godine *R. antipai* ponovno je zabilježen u Dunavu na području Bugarske (Bogutskaya i sur. 2019). Također, 2018. godine objavljen je rad o novoj vrsti u rijeci Muri na području Austrije *Romanogobio skywalker* (Friedrich, Wiesner, Zangl, Daill, Freyhof i Koblmüller 2018). *Romanogobio skywalker* razlikuje se od drugih vrsta iz dunavskog slijeva po tome što nema uzdužne grebene na predorzalnom dijelu tijela, a od vrste *R. uranoscopus*, koja ih također nema, razlikuje se po tome što ima kraće brkove, 8½ razgranatih šipčica u leđnoj peraji (*R. uranoscopus* 7½) i po bočnim tamnosivim mrljama koje su izolirane od tamnosivih mrlja na dorzalnoj strani, za razliku od mrlja koje su obično spojene kod vrste *R. uranoscopus* (Friedrich i sur. 2018). Ključ za određivanje vrsta u dunavskom slijevu prema Friedrich i sur. (2018) prikazan je u Tablici 1.

Tablica 1. Ključ za određivanje vrsta roda *Romanogobio* u dunavskom slijevu prema Friedrich i sur. (2018).

1a	Uzdužni grebeni na predorzalnom dijelu su prisutni-----	2
1b	Uzdužni grebeni na predorzalnom dijelu su odsutni-----	3
2a	Brkovi dosežu do kraja oka ili su samo malo ispred, 8½ razgranatih šipčica u dorzalnoj peraji, prsa nemaju ljuske, bočne tamnosive pjege izolirane od tamnosivih pjega na dorzalnoj strani-----	<i>R. skywalkeri</i>
2b	Brkovi uvijek dosežu do kraja oka ili operkuluma, 7½ razgranatih šipčica u leđnoj peraji središnje tamnosive pjege obično stopljene s tamnosivim pjegama iza baze leđne peraje, prsa prekrivena ljuskama-----	<i>R. uranoscopus</i>
3a	7½ razgranatih šipčica u leđnoj peraji, kaudalni pedunkl jako sužen, prsna peraja seže do sredine između prsne i trbušne peraje-----	<i>R. vladykovi</i>
3b	8½ razgranatih šipčica u leđnoj peraji, kaudalni pedunkul blago sužen, prsna peraja seže do trbušne peraje-----	4
4a	4 ljuske između bočne pruge i trbušne peraje, promjer oka 17 – 23 % od dužine glave -----	<i>R. antipai</i>
4b	3 ljuske između bočne pruge i trbušne peraje, promjer oka 20 – 28 % od dužine glave-----	<i>R. kesslerii</i>

1.5. Literaturni podaci o morfologiji vrsta roda *Romanogobio* u dunavskom slijevu Hrvatske

Prema trenutnim spoznajama na teritoriju Republike Hrvatske u dunavskom slijevu obitavaju tri vrste iz roda *Romanogobio*: *R. kesslerii* i dvije endemske vrste *R. vladykovi* prethodno određivana kao vrsta *Romanogobio albipinnatus* (Lukasch 1933) i *R. uranoscopus* (Slika 2.) (Čaleta i sur. 2015).

Na crvenom popisu IUCN-a *R. vladykovi* (bjeloperajna krkuš) i *R. uranoscopus* (tankorepa krkuš) imaju status najmanje zabrinjavajućih vrsta, dok se *R. kesslerii* (keslerova krkuš) nalazi u

kategoriji nedovoljno poznatih vrsta (DD). Prema Crvenoj knjizi slatkovodnih riba Hrvatske tankorepa krkuša i kesleorva krkuša su gotovo ugrožena vrste (NT), dok je bjeloperajna krkuša u kategoriji nedovoljno poznatih vrsta (DD) (Mrakovčić i sur. 2006).

1.5.1. *Romanogobio vladykovi*

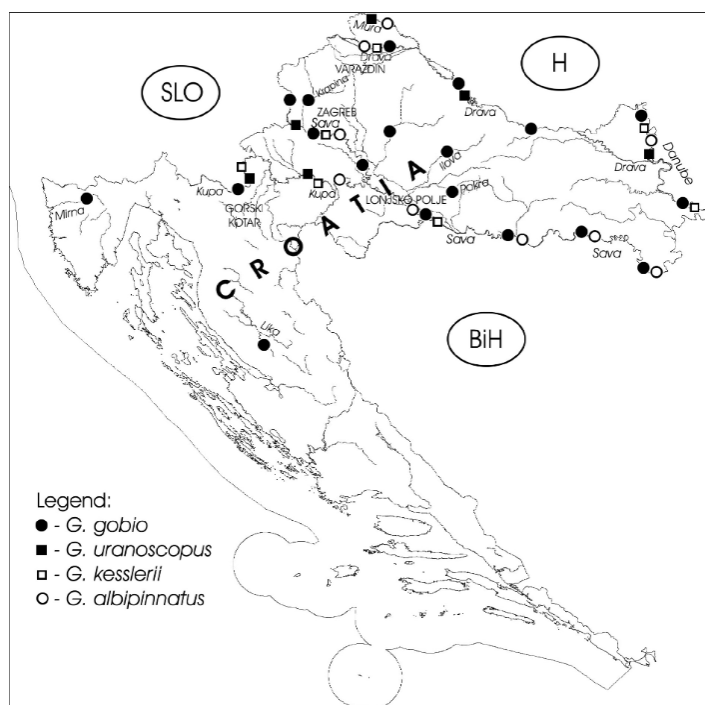
Romanogobio vladykovi ili bjeloperajna krkuša nastanjuje slijev Dunava, a u Hrvatskoj naseljava donje tokove Drave, Mure, Save i njihovih pritoka te samu rijeku Dunav. Preferira pješčana dna u većim ili manjim nizinskim tekućicama sporijeg toka, a može se naći i u jezerima (Ćaleta i sur. 2015). Aktivna je noću, a hrani se ličinkama kukaca i drugim beskralježnjacima koje sakuplja s dna. Imaju karakteristične uzdužne grebene između glave i leđne peraje, dorzalnu peraju sa $7\frac{1}{2}$ razgranatih šipčica i podrepnu peraju sa $6\frac{1}{2}$ razgranatih šipčica. Broj ljustaka bočne pruge varira između 37 i 41 ljustake na tijelu i još dvije ljustake na repnoj peraji. Oko kaudalnog pedunkula nalazi se 14 do 16 ljustaka. Dorzalna peraja smještena je iza sredine tijela, a predorzalna duljina tijela veća je od postdorzalne duljine tijela. Anus se nalazi točno između podrepne i trbušne peraje ili je malo bliži podrepnoj (www.fishbase.se).

1.5.1. *Romanogobio uranoscopus*

Romanogobio uranoscopus ili tankorepa krkuša rasprostranjena je u srednjoj i jugoistočnoj Europi u dunavskom slijevu. Nastanjuje kamenita dna malih, brzih rijeka s brzinom vode od 0,7 m/s, dok juvenilne jedinke preferiraju područja sa sporom strujom i plitkom obalom s pješčanim dnima. U Hrvatskoj živi u Savi, Dravi, Muri i Kupi. Latinski naziv *R. uranoscopus* vrsta je dobila zbog pomaknutih očiju prema gore pa izgleda kao da gleda u nebo. Ima izduženi repni držak koji se sužava prema repnoj peraji (Ćaleta i sur. 2015). Ova vrsta za razliku od većine vrsta roda *Romanogobio* nema uzdužne grebene na dorzalnim ljustakama između glave i leđne peraje. Dubina kaudalnog pedunkula stane 3,0 do 3,5 puta u njegovu dužinu, a na šipčicama leđne i repne peraje ima tamne mrlje koje tvore jedan okomiti niz (www.fishbase.se).

1.5.3. *Romanogobio kesslerii*

Romanogobio kesslerii ili keslerova krkuša rasprostranjena je u istočnoj i jugoistočnoj Europi u sljevovima Dunava, Dnjestra, Vistule i pojedinih rijeka u Grčkoj (Mrakovčić i sur. 2006). U Hrvatskoj nastanjuje rijeke dunavskog slijeva, može se naći u Dravi, Savi, Kupi i Dunavu. Keslerova je krkuša reofilna vrsta koja nastanjuje samo brze vode. U srednjem i donjem slijevu Dunava nalazi se u plitkim rijekama s pjeskovito-kamenitim dnom, obično na mjestima ne dubljim od 1 m (Mustafić i sur. 2005). Vrsta se prepoznaje po $8\frac{1}{2}$ razgranatih šipčica, 3 ljuske između bočne pruge i trbušne peraje, 12 ljusaka oko kaudalnog pedunkula, $6\frac{1}{2}$ ljusaka u podreproj peraji, prisutnosti uzdužnih grebena na predorzalnim ljuskama i dubini tijela koja čini 14 do 21 % standardne duljine tijela (www.fishbase.se).



Slika 2. Prikaz rasprostranjenosti vrsta roda *Romanogobio* u Hrvatskoj po starom modelu sistematske klasifikacije. Vrsta *Gobio albipinnatus* odnosi se na vrstu *Romanogobio vladykovi*, vrsta *G. uranoscopus* na vrstu *R. uranoscopus* i vrsta *G. kesslerii* na vrstu *R. kesslerii*.

Izvor: Mustafić i sur. 2005.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Zbog velike morfološke sličnosti vrsta unutar roda te preklapajućih raspona distribucije taksonomski položaj i točna rasprostranjenost vrsta roda *Romanogobio* još uvijek nisu u potpunosti razjašnjeni (Kottelat i Freyhof 2007; Witt i Friedrich 2022). Prema današnjim spoznajama, u dunavskom slijevu Hrvatske obitavaju tri vrste iz ovog roda: *R. uranoscopus*, *R. kesslerii* i *R. vladykovi*. Cilj je ovog rada opisati morfološke karakteristike jedinki determiniranih kao *R. kesslerii* i *R. vladykovi*. Osim toga, podatke dobivene morfometrijskim i merističkim metodama usporediti s literaturnim podacima vrsta istog roda u drugim područjima te identificirati morfološka svojstva koja predstavljaju pouzdane determinacijske značajke.

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

U ovom su radu obrađivani uzorci koje su u razdoblju od 2003. do 2020. godine prikupili zaposlenici Zoologijskog zavoda Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu. Uzorci su sakupljeni prilikom izlazaka na teren na ukupno 19 lokaliteta koji pripadaju rijekama dunavskog slijeva (Sava, Kupa, Sutla, Drava, Bednja, Mura i Dunav) (Slika 3.).

Rijeka **Sava** ima ukupnu dužinu od 946 kilometara, a u dužini od 311 km čini granicu između Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Sava izvire u Sloveniji, desni je pritok Dunava u koji se ulijeva u Srbiji kod Beograda. Slijev rijeke Save jedan je od najvažnijih podslijevova rijeke Dunava budući da je to najveći slijev jugoistočne Europe (Tockner 2009). U izvorišnom dijelu u Sloveniji Sava ima karaktersitike alpske rijeke, a nizvodno od Zagreba, ulazeći u Panonski bazen, poprima značajke nizinske rijeke, te počinje meandrirati i stvarati tipična poplavna područja. Tijekom niza godina rijeka stvara brojne mrtvaje, rukavce i kanale te tako mijenja izgled obale i daje osebujan izgled krajoliku (Mrakovičić i sur. 2006). Ihtiofauna rijeke Save broji 68 ribljih vrsta, među kojima je 55 autohtonih i 13 alohtonih (Ćaleta i sur. 2019), a zbog tako velike biološke raznolikosti Sava je uključena u ekološku mrežu Natura 2000 (NN 124/2013; NN 80/2019). Ekološka mreža jedan je od osnovnih mehanizama zaštite prirode u EU. Ekološku mrežu RH (mrežu Natura 2000) čine područja očuvanja značajna za ptice (POP) i područja očuvanja značajna za vrste i stanišne tipove (POVS). Područja Save koja pripadaju POVS-u su HR2001311 – Sava nizvodno od Hrušćice gdje se među ciljanim vrstama nalazi i *R. vladkovi* i HR2001506 – Sava uzvodno od Zagreba gdje se među ostalim ciljanim vrstama nalazi i *R. uranoscopus* (NN 80/2019). Uzorkovanja na području Save obavljena su na lokalitetima Trebež, Gušće, Zagreb i Stara Gradiška.

Rijeka **Kupa** je desni pritok Save u koju se ulijeva kod grada Siska te je ona najduža od svih rijeka koje od izvora do ušća teku unutar administrativnih granica Republike Hrvatske. Ukupne dužine 292 km te zbog reljefne cjeline i građe geološke podloge kojom se proteže njeno korito, Kupa je veoma raznolika rijeka. Gornji dio toka nalazi se u Gorskom kotaru koji je iznimno krševit, brdsko-planinski kraj te tu rijeka ima sve karakteristike prave planinske rijeke. Na tom dijelu Kupe dominiraju salmonidne vrste poput potočne pastrve (*Salmo trutta* (Linnaeus 1758)), lipljana (*Thymalus thymallus* (Linnaeus 1758)) i mladice (*Hucho hucho* (Linnaeus 1758)) (Šafarek i Šolić 2011). Potom vijuga ravničarskim dijelom do sjevernog dijela Karlovačke županije gdje prelazi u

nekrško područje, odnosno poprima obilježja nizinske rijeke. Kupa je također uključena u Ekološku mrežu Natura 2000 (HR2000642), a ciljnim vrstama za koje su izdvojena područja ekološke mreže pripadaju vrste *R. kesslerii*, *R. uranoscopus* i *R. vladykovi* (NN 80/2019). Uzorkovanja na području Kupe obavljena su na lokalitetima Blaževci, Rim i Ozalj.

Rijeka **Sutla** izvire u Sloveniji na južnim obroncima Maceljske gore na visini od 715 m, ukupno je duga 91 km, od kojih se 89 km nalazi u Hrvatskoj. U izvorišnom dijelu teče uskom, dubokom dolinom, a većina njezina toka prolazi brdskim područjem. Veće pritoke prima samo s desne, slovenske strane (Mostica, Bistrica i Bizel), a u rijeku Savu utječe kao njezin lijevi prtok (Šafarek i Šolić 2011). Područja očuvanja značajna za vrste i stanišne tipove (POVS) uključuju i rijeku Sutlu (HR2001070), a ciljnim vrstama pripadaju *R. kesslerii* i *R. uranoscopus* (NN 80/2019). Uzorkovanja su obavljena na lokalitetima Zagorska sela i Klanjec.

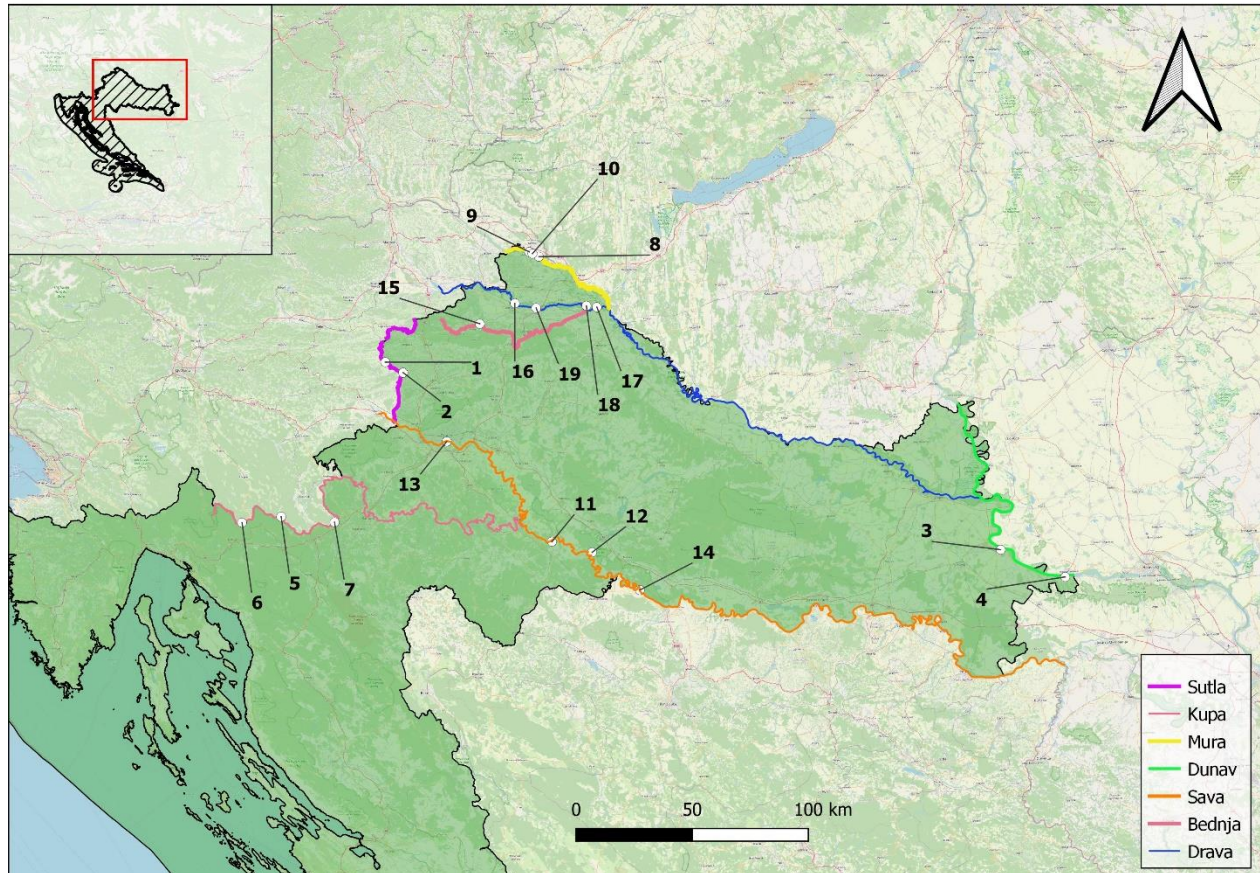
Rijeka **Drava** izvire u južnom Tirolu, u Italiji na nadmorskoj visini od 1228 m odakle svojim tokom nastavlja teći kroz pet europskih država: Italiju, Austriju, Sloveniju, Mađarsku i Hrvatsku gdje se ulijeva u Dunav kod Aljmaša na nadmorskoj visini od 197 m (Tockner 2009). Od ukupne dužine (719 km), kroz Hrvatsku prolazi 305 km, a najveći je prtok Drave Mura. Zbog otapanja snijega na Alpama, Drava ljeti ima najveći vodostaj, za razliku od drugih rijeka u Hrvatskoj koje ljeti imaju najmanje vodostaje. Upravo zbog tog što je pogodna za energetska iskorištavanja, rijeka Drava jako je pogođena izgradnjom hidroelektrana i regulacijskih brana, pa su tako prirodan oblik zadržali samo donji dijelovi njezina toka. Na njoj su izgrađene ukupno 22 hidroelektrane, a uzvodno od ušća Mure, na svom toku kroz Hrvatsku, Drava je tri puta pregrađena. Velika akumulacijska jezera (Ormoško jezero, Varaždinsko jezero i jezero Donja Dubrava) znatno su promijenila gornji dio toka rijeke Drave u Hrvatskoj, a posljedice se sve više prenose i na nizvodni dio (Grlica 2008). Po brojnosti ribljih vrsta, Drava je najbogatija rijeka u Hrvatskoj (Mrakovčić i sur. 2006). U njoj obitava 85 ribljih vrsta, među kojima je 70 autohtonih, a 15 alohtonih (Ćaleta i sur. 2019). Cijeli tok Drave prema sastavu populacije naseljavaju ribe visinskih i nizinskih voda, a prevladavaju šaranke (Mrakovčić i sur. 2006). Ekološkoj mreži Hrvatske pripadaju Drava-akumulacije (HR2001307), Gornji tok Drave (HR5000014), Srednji tok Drave (HR5000015) i Donji tok Drave (HR500001), a ciljnim vrstama u tim područjima pripada *R. vladykovi* (NN 80/2019). Uzorkovanje vrsta obavljeno je na lokalitetima u Varaždinu, Dubravi, kod hidroelektrane Čakovec i nizvodno od strojarnice hidroelektrane Dubrava.

Rijeka **Bednja** duga je 133 km i cijelom dužinom teče u Varaždinskoj županiji. Izvire ispod Brezeve gore u Maceljskom gorju odakle prolazi kroz Trakošćansko jezero i teče u smjeru istoka prema Dravi. Najvećim dijelom toka teče kroz brdovito područje, a kod Ludbrega ulazi u nizinu. Bednja je desna pritoka Drave i u nju se ulijeva kod sela Mali Bukovec (Šafarek i Šolić 2011).

Mura je rijeka u srednjoj Europi i lijevi je pritok Drave. Mura svojim najvećim dijelom teče kroz Austriju, a manjim dijelovima kroz Sloveniju, Hrvatsku i Mađarsku. Izvire u Austriji na 1898 m nadmorske visine, a izvorišno područje zaštićeno je nacionalnim parkom. Na ulazu u Hrvatsku Mura iz svojeg srednjeg toka prelazi u donji. Mura se na području Međimurja morfološki može izdvojiti u tri dionice. Prva je dionica od naselja Čestijanec do Murskog Središća gdje je Mura zbog većih prokopa bitno skraćena, a njezin riječni tok je unutar glavnog korita. Druga je dionica od Murskog Središća do Murščaka gdje je korito podložno eroziji i zasipavanju, a Mura počinje meandrirati. Treća je dionica nizvodno do Podturna gdje korito karakteriziraju brojni meandri i mali pad (Šafarek i Šolić 2011). Mura (HR2000364) pripada Ekološkoj mreži te se u njoj nalaze sve tri ciljne vrste iz roda *Romanogobio* koje se pojavljuju u dunavskom slijevu Hrvatske. Uzorkovanje vrsta iz roda *Romanogobio* obavljeno je na lokalitetima Mursko Središće, Peklenica i Kotoriba.

Rijeka **Dunav** je nakon Volge druga najduža rijeka u Europi. Počinje spajanjem dvaju vodenih tokova, Brigach i Breg u Njemačkoj, a ukupna duljina toka, koji završava deltastim ušćem u Crno more, iznosi 2826 km. Rijeka Dunav povezuje teritorije 19 država, a teče kroz deset europskih država ili čini njihovu granicu, to su: Njemačka, Austrija, Slovačka, Mađarska, Hrvatska, Srbija, Rumunjska, Bugarska, Moldavija i Ukrajina. Tok Dunava podijeljen je u tri opće cjeline: gornji Dunav – od svog izvora do ušća rijeke Morave kod Bratislave, srednji Dunav – od Bratislave do brane Đerdap I (granica između Rumunjske i Srbije) i donji Dunav koji tvori rumunjsko-bugarska nizina. Izgradnjom brana na hidroelektrana Đerdap I i Đerdap II prekinuta je veza između srednjeg i donjeg toka Dunava, što je uvelike onemogućilo migraciju jesetri i dovelo vrstu gotovo do izumiranja (Tockner 2009). Hrvatski je dio Dunava dug 188 km i pruža se od državne granice s Mađarskom do državne granice sa Srbijom. U dunavskom slijevu obitava oko 20 % europske faune slatkovodnih riba (Kottelat i Freyhof 2007), a faunu rijeke Dunav u Hrvatskoj čini ukupno 68 vrsta, među kojima je 15 alohtonih. Područje slijeva rijeke Dunava u Hrvatskoj obuhvaća 58 % ukupne površine zemlje koja se koristi za slatkovodno ribarstvo (Zrnčić 2013).

Područja Dunav-Vukovar (HR2000372) i Dunav S od Kopačkog rita (HR2001309) pripadaju Ekološkoj mreži u kategoriji POVS gdje se među ciljnim vrstama nalazi i vrsta *R. vladykovi*. Uzorkovanja su obavljena na lokalitetima Vučedol blizu Vukovara i kod Iloka.



Slika 3. Karta s lokacijama uzorkovanja vrsta iz roda *Romanogobio*. Kao oznake su korištene boje i brojevi. Lokaliteti na području rijeke Sutle označeni su ljubičastom bojom (1. Zagorska Sela, 2. Klanjec), lokaliteti Dunava zelenom bojom (3. Vučedol, 4. Ilok), lokaliteti Kupe ružičastom bojom (5. Blaževci, 6. Rim, 7. Ozalj), lokaliteti Mure označeni su žutom bojom (8. Kotoriba, 9. Mursko Središće, 10. Peklenica), lokaliteti Save narančastom bojom (11. Gušće, 12. Trebež, 13. Zagreb, 14. Stara Gradiška), lokaliteti Bednje smeđom bojom (15) i lokaliteti Drave plavom bojom (16. Varaždin, 17. Dubrava, 18. nizvodno od strojarnice hidroelektrane Dubrava, 19. kod hidroelektrane Čakovec).

4. MATERIJALI I METODE

4.1. Uzorci

U ovo je istraživanje uključeno je ukupno 187 jedinki vrsta iz roda *Romanogobio*. Uzorci su sakupljeni metodom elektroribolova te prevezeni do Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu. Jedinke su zatim konzervirane prvo u 4-postotonoj otopini formaldehida, a potom prebačene u 70-postotni etilni alkohol. Na svakoj jedinci dodala sam jedinstvenu oznaku od četiri ili šest slova i redni broj, koja označava lokalitet na kojem je jedinka uhvaćena (Tablica 2). Također, na svakoj su jedinci promatrane i zabilježene kvalitativne morfološke značajke te obavljena morfološka i meristička mjerenja.

Tablica 2. Broj jedinki ulovljenih na pojedinoj postaji i njihove oznake. Lokaliteti su prikazani na Slici 3.

Lokalitet	Oznaka	Broj uzoraka	Populacije
Zagorska Sela	Su Zo	15	Sutla
Klanjec	Su Kl	28	Sutla
Blaževci	Ku Bl	3	Kupa
Rim	Ku Ri	15	Kupa
Ozalj	Ku Oz	3	Kupa
Trebež	Sa Tr	15	Sava
Gušće	Sa Gu	15	Sava
Zagreb	Sa Zg	7	Sava
Stara Gradiška	Sa Gr	8	Sava
Varaždin	Dr Va	21	Drava
Drava nizvodno od strojarnice hidroelektrane Dubrava	Dr D	5	Drava
Dubrava	Dr Du	5	Drava
Drava kod hidroelektrane Čakovec	Dr Rs	4	Drava
Bednja	Dr Be	8	Drava

Tablica 2. Nastavak

Vučedol	Du Vu	8	Dunav
Ilok	Du D4	3	Dunav
Kotoriba	Mu Ko	15	Mura
Mursko Središće	Mu Sr	1	Mura
Peklenica	Mu Pe	8	Mura

4.2. Sakupljanje uzoraka

Postoji više metoda uzorkovanja riba, a odabir metode ovisi o vrsti koju želimo uhvatiti i staništu. Metode se dijele na pasivne i aktivne. Pasivne su one metode koje ne zahtijevaju aktivno djelovanje čovjeka, a učinkovitost uzorkovanja pasivnom opremom ovisi o aktivnosti ribe da naiđe na alat. Alati koji pripadaju pasivnim metodama su alati za zapletanje (mreže) i alati za hvatanje. Aktivne se metode, s druge strane, oslanjaju na kretanje opreme, a ne ribe, te je potrebno djelovanje čovjeka (Mehdi i sur. 2021). Tim metodama pripadaju povlačne mreže, mreže za opasavanje, udičarenje i elektroribolov. Prednosti su pasivnih metoda što su relativno jeftine i lako dostupne. Vrlo su učinkovite za hvatanje većih riba i omogućuju uzorkovanje više lokaliteta u isto vrijeme. Međutim, kod pasivnih je metoda negativno to što su prilično selektivne i mogu uzrokovati oštećenja na ribama. Za razliku od pasivnih metoda, aktivne metode omogućuju kraće vrijeme uzorkovanja, nižu stopu mortaliteta i manje su selektivne. Negativno je to što je oprema skupa, uzorkovanje se provodi na malim površinama i što je za rukovanje njima potrebna obuka i iskustvo (Pidgeon 2004). U ovom je radu za prikupljanje uzoraka korištena metoda elektroribolova, pri čemu se koristio ledni elektroagregat marke Hans Grassl, modeli IG1200 te EL65.

4.2.1. Elektroribolov

Elektroribolov je metoda s kojom se ribe love pomoću električnog polja, te se ona smatra najprihvaćenijom i najučinkovitijom metodom u prikupljanju kvantitativnih i kvalitativnih podataka o slatkovodnim ribama (Barbour 1999). Tom se metodom ribe ne usmrćuju, već se nakon kratkotrajne paralize mišića koju uzrokuje električna struja, ribe vrlo brzo oporave što omogućuje

siguran ulov kada se jedinke žele pustiti nazad, označiti ili prevesti žive do akvarija za daljnja istraživanja. Posebno je prikladan za uzimanje uzoraka ribe u plitkim, strukturno složenim područjima. Oprema za elektroribolov sastoji se uglavnom od tri dijela: izvora struje (generator ili baterija), transformatora i elektroda. Izvor struje proizvodi izmjeničnu električnu struju koja raste s povećanjem električne provodljivosti vode, a provodljivost vode ovisi o količini otopljenih soli i minerala. Transformator pretvara izmjeničnu električnu struju u istosmjernu koja je manje štetna za ribe, a i učinkovitija. Oblik elektroda određuje jačinu električnog polja i tok struje kroz vodu, a sastoje se od dva dijela, pozitivne elektrode (anode) i negativne elektrode (katode). Oko obruča anode jakost struje se koncentrično širi, a neposredno uz sam obruč jakost je najveća. Istosmjernom strujom između dvije elektrode koje se nalaze u vodi stvara se električno polje, riba najprije pokazuje reakcije straha što rezultira time da pokušava pobjeći od anode, međutim anoda je prisilno privlači i dovodi ribu u stanje narkoze. Brzina reakcije ribe ovisi o jačini izvora struje, tipu struje, veličini i vrsti ribe te o položaju ribe u odnosu na anodu (Bohlin i sur. 1989). Uzorci korišteni u ovom istraživanju sakupljeni su hodanjem po vodotoku na manjim rijekama i uzorkovanjem iz čamca na velikim rijekama.

4.3. Obrada uzoraka

4.3.1. Morfologija

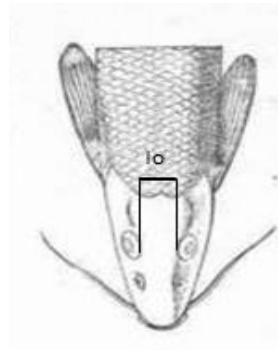
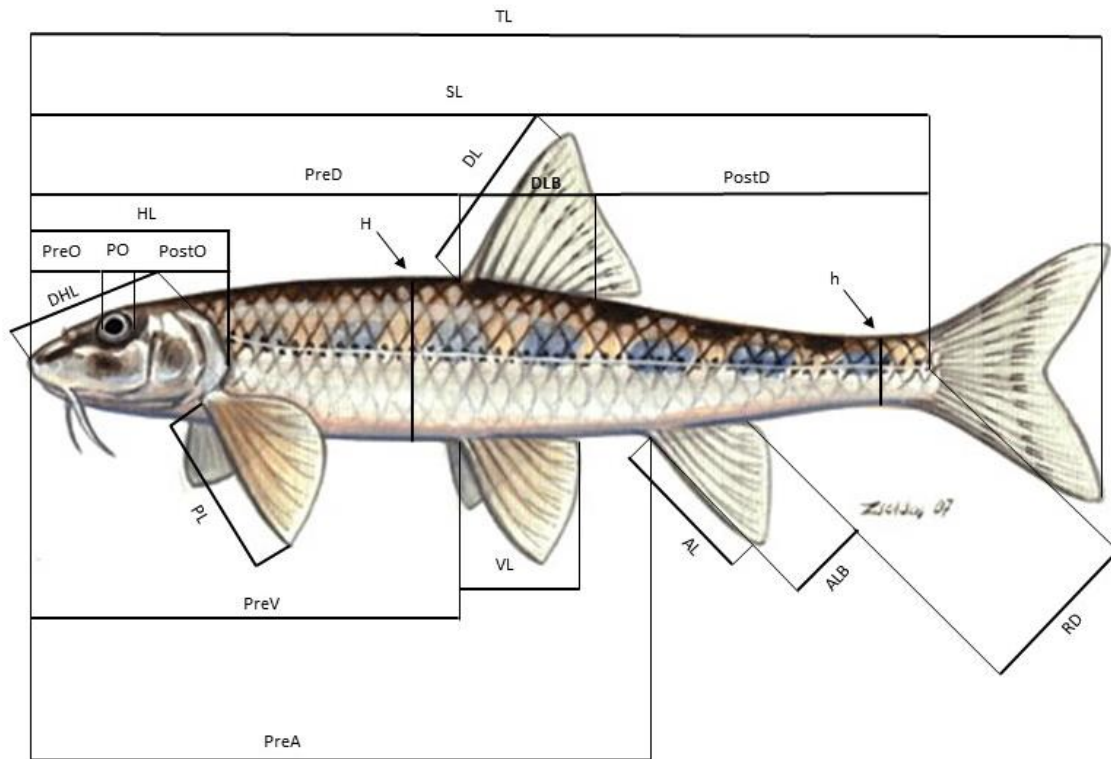
Za taksonomske i evolucijske studije, morfologija riba je tijekom povijest bila primarni izvor informacija (Strauss i Bond 1990). Unatoč, vrijednosti i dostupnosti genetskih, fizioloških i ekoloških podataka, ihtiolozi i dalje identificiraju ribe po njihovoj konzistenciji u morfološkim karakteristikama (Keat-Chuan 2016). Vrste imaju karakteristične oblike, veličine, pigmentacije, položaj peraja i druge vanjske značajke koje pomažu u prepoznavanju i identifikaciji (Strauss i Bond 1990). Morfološka istraživanja većinom uključuju morfometriju, meristiku te vanjske značajke ribe odnosno kvalitativne morfološke značajke. Morfometrijske analize odnose se na mjerenja određenih dijelova tijela, merističke analize obuhvaćaju strukture koje se mogu brojiti, a kvalitativne morfološke značajke su obično one koje se izražavaju opisnim riječima, ne brojevima, kao što su oblik tijela ribe, specifična obojenja pojedinih dijelova te prisutnost specifičnih oznaka na tijelu ribe (Kottelat i Freyhof 2007).

Proučavanjem morfologije vrsta roda *Romanogobio* obuhvatila sam sva tri tipa značajki: morfometrijske, merističke i kvalitativne morfološke značajke.

4.3.1.1. Morfometrija

Ribe pokazuju najveće razlike u morfološkim svojstvima populacije i unutar vrsta nego bilo koji drugi kralješnjaci. Morfometrijsko je proučavanje temeljni alat za poznavanje razvoja organizma, rast i strukturu populacijskih karakteristika riba te ima važnu ulogu u procjeni odnosa između raznih dijelova tijela (Turan 2004; Kaur i sur. 2019). Morfometrijske mjere uzimaju se pomoću pomičnih mjerki ili ravnala i izražavaju u milimetrima (mm). Nakon izmjerenih podataka, mjere je potrebno standardizirati te statistički obraditi kako bi se mogle usporediti i utvrditi razlike između populacija i vrsta. Negativno je kod ove vrste analize to što uzorci koji su konzervirani (najčešće u 10-postotnom formalinu, a zatim premješteni u 70-postotni etanol) mogu promijeniti oblik i veličinu tijela, ovisno o vrsti i vremenu čuvanja (Sotola 2019). Promjene koje konzerviranje uzrokuje imaju utjecaj i na jedinke koje sam obradila u radu. Naime, kako je već navedeno, većina vrsta iz roda *Romanogobio* karakteristična je po uzdužnim grebenima koji se nalaze na ljuskama na dorzalnoj strani tijela, međutim, te su strukture meke i lako se izgube pri konzervaciji u formalinu, što može uzrokovati problem pri identifikaciji vrste (Kottelat i Freyhof 2007).

U ovom radu morfometrijske značajke određivala sam tradicionalnom metodom koja se smatra standardnom metodom proučavanja morfometrije riba (Kottelat i Freyhof 2007). Na svakoj sam jedinci izmjerila 21 mjeru (Slika 4.) od točke do točke na tijelu, a njihov je opis naveden u Tablici 3. Mjerenja sam napravila pomoću metalne digitalne pomične mjerke preciznosti 0,01 mm, na lijevoj strani ribljeg tijela. Kako bi se smanjila greška u rezultatima, sva sam mjerenja napravila osobno.



Slika 4. Prikaz morfometrijskih omjera. Kratice svih oznaka prikazane su u Tablici 3. Preuzeto i modificirano s: <https://eol.org/pages/46581759/media> i <https://commons.wikimedia.org/> (Pristupljeno: 30. 7. 2022.)

Tablica 3. Morfometrijske značajke mjerene na svim jedinkama

Oznaka	Latinski naziv	Hrvatski naziv
TL	<i>Longitudo totalis</i>	Totalna dužina tijela (udaljenost od vrha gubice do kraja repne peraje)
SL	<i>Longitudo corporis</i>	Standardna dužina tijela (udaljenost od gubice do početka repne peraje)
PostD	<i>Distantia postdorsalis</i>	Udaljenost od kraja baze leđne peraje do kraja repnog drška
PreD	<i>Distantia praedorsalis</i>	Udaljenost od gubice do početka baze leđne peraje
PreA	<i>Distantia praeanalisis</i>	Udaljenost od gubice do početka baze podrepne peraje
PreV	<i>Distantia praeventralis</i>	Udaljenost od gubice do počeka baze trbušnih peraja
DL	<i>Longitudo D</i>	Dužina dorzalne peraje
PL	<i>Longitudo P</i>	Dužina prsne peraje
VL	<i>Longitudo v</i>	Dužina trbušne peraje
AL	<i>Longitudo</i>	Dužina podrepne peraje
ALB	<i>Longitudo basia A</i>	Dužina baze podrepne peraje
DLB	<i>Longitudo basia D</i>	Dužina baze leđne peraje
RD	<i>Longitudo pedunculi</i>	Dužina pedunkula (udaljenost od posteriornog ruba baze podrepne peraje do početka repne peraje)
HL	<i>Longitudo capitis</i>	Dužina glave
DHL	<i>Longitudo dorsal capitis</i>	Dorzalna dužina glave
PO	<i>Diameter oculi</i>	Promjer oka
Preo	<i>Spatium praeorbitale</i>	Preočni prostor (udaljenost od gubice do anteriornog ruba oka)
Posto	<i>Spatium postorbitale</i>	Postočni prostor (udaljenost od posteriornog ruba oka do kraja operkuluma)
Io	<i>Spatium interorbitale</i>	Širina međuočnog prostora
H	<i>Altitudo corporis min.</i>	Najmanja visina tijela, odnosno visina repnog drška
H	<i>Altitudo corporis max</i>	Najveća visina tijela

Većina riba ima oblik tijela u kojem glava, trup i rep glatko prelaze jedan u drugi. Međutim, oblici riba su iznenađujuće raznoliki. Čak se i blisko povezane vrste mogu znatno razlikovati u duljini,

dubini, širini tijela te u veličini, položaju peraja i obliku. Zbog toga se proporcije tijela kao što su npr. udaljenost od gubice do početka leđne peraje ili udaljenost od gubice do anteriornog ruba oka (navedeno u Tablici 3.), često koriste za opisivanje i razlikovanje blisko povezanih vrsta. Na morfološke razlike između populacija uvelike utječe njihova geografska udaljenost zbog koje dolazi do genetske divergencije zbog fenotipskog odgovora na okolišne čimbenike. Osim geografske, na razlike u veličini i obliku može utjecati spolni dimorfizam, ali i temperatura vode, salinitet, prehrana, stopa rast te ostali okolišni čimbenici (Strauss i Bond 1990).

4.3.1.1.1. Standardizacija morfometrijskih mjera i statistička obrada

Većina varijabilnosti u skupu uzetih morfometrijskih podataka različitih populacija događa se zbog veličine tijela, stoga je pri usporedbi morfometrijskih značajki potrebno ukloniti učinak veličine tijela, odnosno standardizirati podatke. U rastu riba događa se alometrijski rast u kojem veličina ribe utječe i na oblik ribe (Leonart 2000), a s obzirom na to da na samu veličinu tijela najveći utjecaj imaju značajke staništa, te je fenotipske odgovore na okoliš potrebno ukloniti kako bi se moglo prikazati samo očekivano genetsko nasljedstvo. Najučinkovitije su metode koje se koriste u ovu svrhu omjeri morfometrijskih značajki i alometrijska pretvorba (Tripathy 2020).

U ovom sam radu standardizaciju morfometrijskih značajki napravila pomoću morfometrijskih omjera. Morfometrijske značajke prikazuju se kao postotci ili omjeri u odnosu na standardnu duljinu tijela (SL), omjeri u odnosu na duljinu glave (HL) te omjer visine i duljine repnog drška (h/RD). Iz izmjerenih mjera za svaku jedinku sam odredila 21 morfometrijski odnos, naveden u Tablici 4.

Tablica 4. Korišteni i opisani morfometrijski odnosi

Oznaka omjera	Opis omjera
TL/SL	Omjer dužine glave i standardne dužine tijela
Pred/SL	Omjer dužine udaljenosti od gubice do početka baze leđne peraje i standardne dužine
Posd/SL	Omjer dužine udaljenosti od kraja baze leđne peraje i standardne dužine
Prea/SL	Omjer dužine udaljenosti od gubice do početka baze trbušne peraje i standardne dužine
Prev/SL	Omjer dužine udaljenosti od gubice do početka baze trbušnih peraja i standardne dužine
DL/SL	Omjer dužine dorzalne peraje i standardne dužine
PL/SL	Omjer dužine prsne peraje i standardne dužine
VL/SL	Omjer dužine trbušne peraje i standardne dužine
AL/SL	Omjer dužine podrepne peraje i standardne dužine
ALB/SL	Omjer dužine baze podrepne peraje i standardne dužine
DLB	Omjer dužine baze leđne peraje i standardne dužine
RD/SL	Omjer dužine pedunkula i standardne dužine
HL/SL	Omjer dužine glave i standardne dužine
DHL	Omjer dorzalne dužine glave i standardne dužine
H/SL	Omjer najveće visine tijela i standardne dužine
H/SI	Omjer najmanje visine tijela i standardne dužine
Poso/HL	Omjer postočnog prostora i standardne dužine
Io/HL	Omjer međuočnog prostora i standardne dužine
PO/HL	Omjer promjera oka i dužine glave
Preo/HL	Omjer predočnog prostora i dužine glave
H/Rd	Omjer visine i dužine repnog drška

Nakon mjerenja, podatke sam prebacila u Microsoft Office Excel te za analizu dobivenih morfometrijskih vrijednosti koristila deskriptivnu statistiku gdje je za svaku populaciju izračunata srednja vrijednost te minimalne i maksimalne vrijednosti nestandardiziranih podataka.

Na početku su ekstremne vrijednosti (*eng. Outlier*) analizirane preko *Box and Whiskers* grafova za svaku varijablu te izbačene po potrebi. Kasnije sam, kako bih odlučila koji ću tip inferencijalne statistike (parametarska ili neparametarska) koristiti za obradu podataka, provela Shapiro-Wilksov *W* test, temeljen na razini značajnosti (*P* vrijednost) od 5 %. Budući da su i nakon transformacije morfometrijskih omjera dobivene vrijednosti bile ispod praga značajnosti ($P < 0,05$), za statističku usporedbu koristila sam neparametarske testove. Za usporedbu istraživanih populacija, odnosno za obradu standardiziranih morfometrijskih mjera, koristila sam analizu

glavnih komponenata (PCA – eng. *Principal component analysis*), neparametarski Kruskal-Wallisov H test za usporedbu tri ili više nezavisnih skupina podataka i Mann-Whitneyjev U test za međusobnu usporedbu dviju nezavisnih skupina (McDonald 2009). Provedenim je analizama testirana nulta hipoteza (H_0) ovog rada, odnosno pretpostavka da ne postoje statističke razlike između pojedinih značajki svih populacija, dok je alternativna hipoteza (H_1) glasila kako razlike između populacija postoje (Petz 1997.). Primjenom Kruskal-Wallisova H testa uspoređeni su morfometrijski omjeri svih populacija vrste *R. vladykovi*, dok su Mann-Whitneyjevim U testom uspoređene dvije populacije vrste *R. kesslerii* iz Sutle i Kupe.

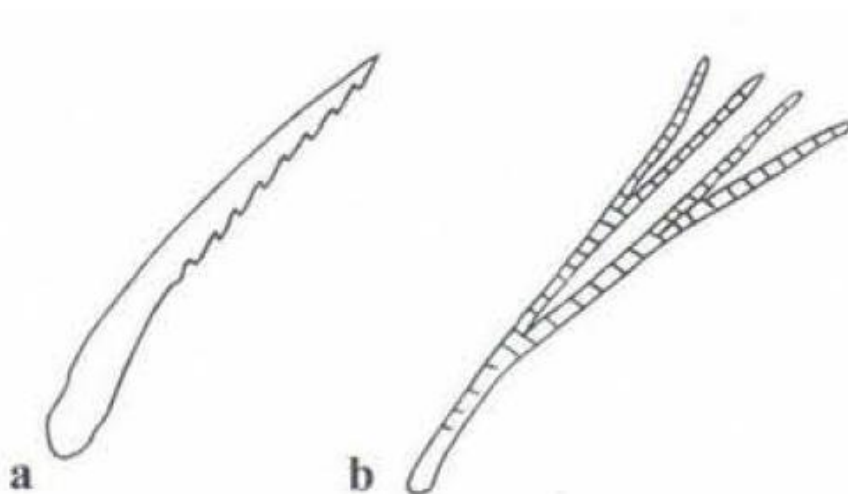
Analizom glavnih komponenata uspoređene su sve jedinice iz svih populacija. PCA metoda može pronaći i grafički prikazati sličnosti i različitosti podataka. U takvom prikazu svaka točka predstavlja jedinku, a one koje su blizu imaju slične morfometrijske značajke. PCA analiza temeljila se na metodi korelacije, što podrazumijeva da se veći broj varijabli u analizi (u mojem slučaju morfometrijski omjeri) svede na nekoliko najvažnijih faktora, tj. PCA komponenata. Time se dobiva uvid u snagu povezanosti, tj. korelaciju, svake varijable s pojedinom PCA komponentom, izraženom u rasponu od 1 do -1. Za prikaz i analizu, korištene su PCA komponente koje su ostvarile svojstvene vrijednosti (eng. *Eigenvalues*) veće od 1,0. Za analizu statističkih podataka korišten je program Statistica StatSoft 13. 3 (TIBCO®, Hamburg, Njemačka) s razinom značajnosti od 5 %.

4.3.1.2. Meristika i kvalitativne morfološke značajke

U prošlosti se meristika koristila samo za prebrojavanje pojedinih karakteristika na tijelu ribe (npr. broj ljustaka u bočnoj pruzi i broj šipčica u perajama). Međutim, meristika se danas koristi za gotovu svaku prebrojivu strukturu na tijelu ribe. Opisivanje morfoloških karakteristika brojem korisno je jer se jasno mogu definirati iste merističke osobine koje se generacijski ponavljaju te variraju unutar i između vrsta. Pravilnim će brojenjem merističkih karakteristika i drugi znanstvenici doći do istih rezultata (Helfman i sur. 2009). Postoje dva tipa šipčica koje brojimo: tvrde, nesegmentirane šipčice, često preoblikovane u bodlju i meke, segmentirane, često razgranate šipčice (Slika 5.). Tvrde, nesegmentirane šipčice označavaju se rimskim brojevima, a meke, segmentirane arapskim (Kottelat i Freyhof 2007). Također, merističke karakteristike lakše je

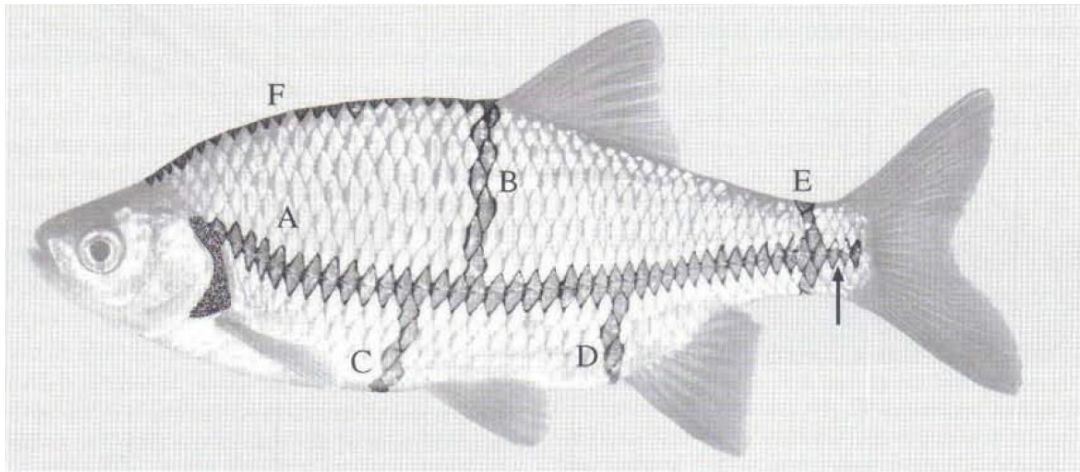
obraditi pa se usporedba populacija ili vrsta može napraviti s minimalnim računalnim naporom (Helfman i sur. 2009).

Merističke mjere određivala sam pomoću lupe te na svakoj jedinci brojila segmentirane i neselementirane šipčice u podrepnoj, leđnoj i repnoj peraji, broj ljusaka u okomitom redu ispod i iznad bočne pruge te u bočnoj pruzi, broj ljusaka oko kaudalnog pedunkula (Slika 6.) te broj ljusaka između analnog otvora i podrepne peraje. U leđnoj i podrepnoj peraji zadnje dvije segmentirane šipčice brojene su kao $1\frac{1}{2}$ prema metodi Kottelat i Freyhof (2007). Kako bih opisala vanjski izgled, kvalitativne morfološke značajke koje sam promatrala uključivale su: dužinu brkova, poziciju analnog otvora u odnosu na trbušne i prsne peraje, tj. nalazi li se anus bliže prsnim ili trbušnim perajama ili točno između, prisutnost ljusaka na prsima te prisutnost uzdužnih grebena na ljuskama između glave i leđne peraje. Brkove sam označavala na one koji dosežu do sredine oka, one koji dosežu do više od polovice oka, one koji dosežu do kraja oka i one koji dosežu iza oka. Sve su te značajke bitna taksonomska obilježja koja autori koriste pri determinaciji vrsta u rodu *Romanogobio* (Friedrich i sur. 2018; Szlachciak i Nowak 2015).



Slika 5. Prikaz tvrde, neselementirane šipčice (a) i meke, segmentirane (b) šipčice.

Preuzeto iz Kottelat i Freyhof (2007).



Slika 6. Prikaz brojenih ljusaka u bočnoj pruzi (A), iznad (B) i ispod bočne pruge (C), te oko kaudalnog pedunkula (E). Preuzeto iz Kottelat i Freyhof (2007).

5. REZULTATI

5.1. Morfometrijske značajke istraživanih populacija vrsta roda *Romanogobio*

Morfometrijska mjerenja obavljena su na ukupno 187 jedinki unutar sedam populacija. Broj jedinki po lokalitetima prikazan je u Tablici 2. Deskriptivnom statistikom utvrđene su najveće (maks), najmanje (min) i srednje vrijednosti (\bar{x}) jedinki unutar populacija prikazane u Tablici 5. Dužine su izražene u milimetrima. Jedinka s najvećom dužinom tijela vrste *R. vladykovi* bila je jedinka iz Sutle (TL = 124,63 mm, SL = 100,85 mm), a najmanju je dužinu tijela imala jedinka iz Dunava (TL = 50,31 mm, SL = 40,01 mm). Promatrajući zajedno sve jedinke unutar populacija vrste *R. vladykovi* može se zaključiti da su ukupna i standardna dužina najveće kod populacije iz Drave (\bar{x} TL = 91,91 mm, \bar{x} SL = 73,80 mm), dok je nešto manja populacija iz Sutle (\bar{x} TL = 91,38 mm, SL = 73,69 mm). Najmanju je ukupnu i standardnu dužinu imala populacija iz Save (\bar{x} TL = 64,00 mm, \bar{x} SL = 50,72 mm), dok je populacija iz Mure bila nešto veća od populacije iz Save (\bar{x} TL = 64,19 mm, \bar{x} SL = 51,47 mm), ali manja od populacije iz Dunava (\bar{x} TL = 85,54 mm, \bar{x} SL = 68,89 mm). Uspoređujući dvije populacije vrste *R. kesslerii*, vidimo da je najveća dužina tijela zabilježena kod jedinke iz Sutle (TL = 116,34 mm), dok je najveća zabilježena dužina tijela u Kupi bila TL = 82,9 mm. Ipak, kada pogledamo srednje vrijednost (TL i SL) vidimo da nema značajnih odstupanja u dužini tijela između vrsta *R. kesslerii* u Sutli i Kupi. Sutla (\bar{x} TL = 73,11 mm, \bar{x} SL = 58,92 mm), Kupa (\bar{x} TL = 72,12 mm, \bar{x} SL = 58,76 mm).

Tablica 5. Prikaz najveće (maks), najmanje (min) i i srednje vrijednosti (\bar{x}) morfometrijskih omjera unutar populacija. Slovo „k“ ispod naziva rijeka označava vrstu *R. kesslerii*, a slovo „v“ vrstu *R. vladkovi*.

Mjera	Populacije								
		Sutla	Sutla	Sava	Kupa	Drava	Bednja	Dunav	Mura
		v	k	v	k	v	v	v	v
TL	Maks	124,63	116,34	80,09	82,9	111,46	109,35	100,66	101,4
	Min	65,26	59,73	55,54	52,27	75,11	76,4	50,31	44,42
	\bar{X}	91,38	73,11	64,00	72,12	91,91	89,27	85,54	64,19
SL	Maks	100,85	96,41	65,04	68,08	90,05	91,36	80,82	80,93
	Min	52,93	47,75	43,82	41,42	60,07	61,53	40,01	35,37
	\bar{X}	73,69	58,92	50,72	58,76	73,80	72,68	68,89	51,47
PostD	Maks	41,56	35,35	27,09	29,07	38,19	39,24	39,97	34,74
	Min	21,21	18,83	18,02	17,17	25,22	26,01	16,46	13,72
	\bar{X}	30,81	24,19	20,77	24,39	30,85	30,67	29,39	21,53
PreD	Maks	47,30	47,83	31,1	31,65	42,17	44,73	37,06	36,93
	Min	24,45	22,11	20,65	19,55	27,75	19,14	18,64	16,91
	\bar{X}	35,50	27,60	23,84	27,85	34,79	34,39	31,88	24,25
PreA	Maks	71,62	71,11	45,08	47,87	63,38	66,26	57,01	57,03
	Min	38,09	33,47	30,6	28,38	42,43	43,2	27,01	23,98
	\bar{X}	52,36	41,36	35,94	40,81	52,54	52,58	48,21	36,31
PreV	Maks	50,47	50,23	31	33,03	44,74	47,2	39,14	39,1
	Min	25,06	22,54	22,17	20,29	27,84	29,74	19,21	14,16
	\bar{X}	35,93	28,44	25,05	28,56	36,28	36,79	33,31	24,13
DL	Maks	21,14	19,42	16,05	15,4	21,04	18,73	18,6	18,09
	Min	11,30	10,57	10,01	9,51	13,54	13,49	9,98	8,6
	\bar{X}	16,12	13,10	12,29	13,26	16,83	16,34	16,12	12,09
PL	Maks	17,22	17,35	13,92	16,75	17,81	17,09	16,61	16,01
	Min	8,62	9,26	7,74	9,36	12,06	12,69	8,68	8,05
	\bar{X}	13,93	12,26	10,49	13,01	14,55	15,06	13,97	10,84
VL	Maks	15,36	15,91	12,05	12,53	14,75	14,4	14,71	12,61
	Min	8,63	7,98	7,02	7,27	10,42	9,31	6,77	5,93
	\bar{X}	11,82	9,76	9,16	10,35	12,29	12,25	11,67	8,95
AL	Maks	15,09	13,90	12,92	13,16	18,83	14,89	15,07	14,17
	Min	7,84	7,84	7,49	7,63	10,16	10,73	8,09	6,69
	\bar{X}	11,93	9,69	9,76	10,48	12,79	12,84	12,45	9,31
ALB	Maks	8,36	8,18	6,33	6,12	9,04	7,65	8,62	7,69
	Min	4,79	3,71	3,78	3,57	5,46	5,3	4,63	3,18
	\bar{X}	6,84	5,32	4,90	5,28	7,09	6,49	6,66	4,78
DLB	Maks	15,07	14,26	9,55	9,31	14,27	12,59	11,91	11,2
	Min	6,65	6,65	1,17	5,85	8,25	8,3	6,18	4,74
	\bar{X}	10,86	8,33	7,16	8,07	10,74	9,97	10	7,36
RD	Maks	19,92	18,21	12,99	15,73	18,18	17,06	18,46	16,75
	Min	10,30	9,16	8,54	8,53	10,04	11,74	8,13	7,02
	\bar{X}	14,90	12,13	9,95	12,19	14,47	13,76	14,05	10,19

Tablica 5. Nastavak

HL	Maks	24,67	23,89	16,57	16,23	21,17	24,2	19,51	18,58
	Min	13,05	11,76	11	9,68	14,44	15,64	9,88	9,72
	\bar{X}	17,69	14,48	13,07	14,36	17,71	19,74	16,52	12,47
DHL	Maks	21,76	20,33	13,47	12,12	17,76	19,24	16,77	16,16
	Min	10,36	10,36	9,3	8,98	12,28	13,29	8,72	8,02
	\bar{X}	15,51	12,70	10,86	12,31	15,16	16,27	14,32	10,89
PO	Maks	10,06	5,80	4,94	4,13	5,62	5,58	5,54	4,84
	Min	3,21	2,77	3,33	3	4	4,1	3,21	2,26
	\bar{X}	4,70	3,71	3,88	3,84	4,8	4,7	4,76	3,41
PreO	Maks	10,06	9,51	5,82	6,7	8,63	9,07	7,83	7,31
	Min	4,31	4,31	3,48	3,02	5,03	5,67	3,72	3,07
	\bar{X}	7,01	5,64	4,35	5,4	6,92	7,32	6,45	4,64
Io	Maks	6,12	6,12	4,05	4,01	5,59	6,56	5,35	4,72
	Min	2,52	2,52	2,53	2,29	3,4	3,56	2,91	2,08
	\bar{X}	4,58	3,27	3,09	3,25	4,46	4,85	4,35	3,04
h	Maks	7,43	7,09	4,92	5,24	7,28	8,54	6,21	5,7
	Min	3,39	3,08	3,15	2,34	4,33	4,91	3,11	2,62
	\bar{X}	5,58	3,91	3,82	3,62	5,68	6,55	5,41	3,81
H	Maks	20,00	20,28	11,67	11,32	18,18	21,31	17,37	15,38
	Min	8,18	7,02	7,66	5,22	10,3	12,33	7,19	5,95
	\bar{X}	11	9,49	9,29	8,7	14,41	15,59	13,44	9,35

Analiza morfometrijskih omjera pomoću Kruskal-Wallisova H testa i Mann-Whitneyjeva U testa pokazala je da postoje znatne razlike u omjerima između različitih populacija iste vrste, kao i između populacija vrsta *R. kesslerii* i *R. vladkovi*. Kruskal-Wallisovim H testom napravljena je usporedba morfometrijskih omjera te se pokazalo kako se jedinke iz svih populacija statistički znatno razlikuju u 20 omjera (prilog: Tablica P1). Također, značajke koje su bile iste za sve populacije vrsta *R. kesslerii* i *R. vladkovi*, tj. omjeri po kojima se nije razlikovala niti jedna populacija su PostD/SL i PreD/SL.

Uspoređujući šest populacija vrste *R. vladkovi*, Kruskal-Wallisov H test pokazao je kako postoji znatna razlika između jedinki svih populacija u 15 omjera, dok razlike nisu pronađene u sedam omjera: PreD/SL, PreA/SL, h/SL, RD/SL, ALB/SL, DLB/SL i IO/HL (Tablica 6).

Tablica 6. P vrijednosti dobivene Kruskal-Wallisovim H testom kojim su uspoređeni morfometrijski omjeri svih populacija vrste *R. vladykovi*. Omjeri koji se statistički znatno razlikuju ($P < 0,05$) su podebljani.

Varijabla	P vrijednost
TL/SL	0,0001
PostD/SL	0,0043
PreD/SL	0,4514
HL/SL	0,0000
PreO/HL	0,0000
PO/HL	0,0000
PostO/HL	0,0015
DL/SL	0,0000
PL/SL	0,0003
VL/SL	0,0000
PreV/SL	0,0003
PreA/SL	0,1896
AL/SL	0,0000
H/SL	0,0079
RD/SL	0,1323
ALB/SL	0,2120
DLB/SL	0,6059
DHL/SL	0,0231
H/SL	0,0000
Io/HL	0,1907
h/RD	0,0188
DHL/HL	0,0000

Populacija iz Save najviše se statistički razlikovala od svih ostalih populacija, i to u 13 omjera. Izuzevši omjere po kojima se nije razlikovala niti jedna populacija, jedini omjeri po kojima se populacija iz Save nije razlikovala od drugih populacija su omjeri PostO/HL, DLB/SL i h/RD. Dok se po omjerima HL/SL, PreO/HL, PO/HL razlikovala od svih ostalih populacija. Najviše je statistički značajnih razlika pronađeno između populacija Drave i Save, koje se razlikuju u 12 omjera. Između populacije iz Dunava i Mure nije postajala niti jedna statistički značajna razlika. Dok se populacija iz Dunava razlikovala od populacije Sutle i Save u pet omjera, a populacija iz Bednje pokazivala je samo značajne razlike s populacijom iz Save u šest omjera: TL/SL, PostD/SL, DHL/HL, PO/HL, PostO/HL i DL/SL. Populacija iz Sutle statistički se značajno razlikovala od populacije iz Save u devet omjera, a od populacije iz Mure po omjerima HL/SL i DHL/HL..

Uspoređujući dvije populacije vrste *R. kesslerii*, Mann-Whitneyjev *U* test pokazao je da postoji devet značajnih statističkih razlika morfometrijskih omjera. P vrijednosti su bile manje od 0,05. Statistički su značajne razlike bile u omjerima TL/SL, PostO/HL, VL/SL, AL/SL, h/SL, DHL/SL, H/SL, h/RD, DHL/HL (Tablica 7.; prilog: Tablica 2.).

Tablica 7. Rezultati dobiveni Mann-Whitneyjevim *U* testom kojim su uspoređeni morfometrijski omjeri dviju populacija vrste *R. kesslerii*. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) su podebljane.

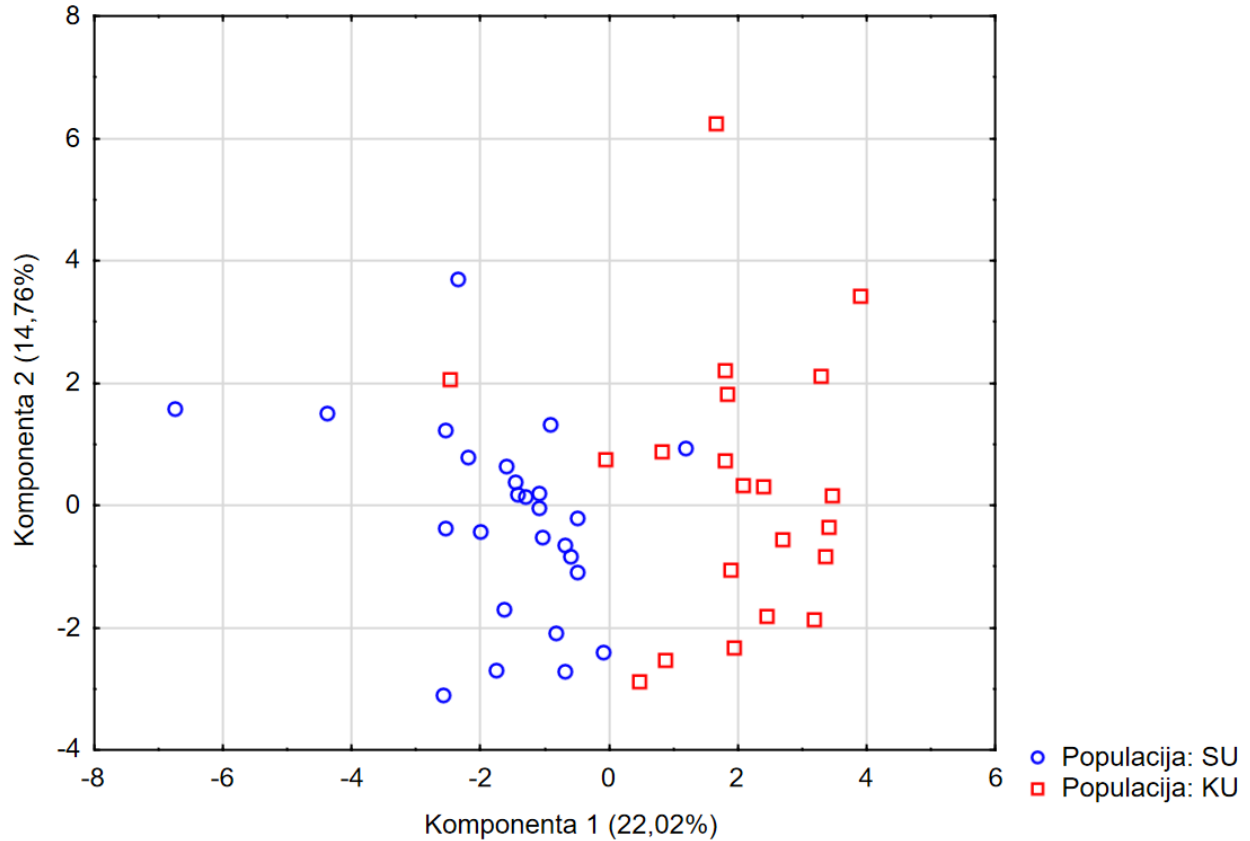
Varijabla	P vrijednost
TL/SL	0,0298
PostD/SL	0,4223
PreD/SL	0,1675
HL/SL	0,6301
PreO/HL	0,0502
PostO/HL	0,0032
PO/HL	0,1486
DL/SL	0,0502
PL/SL	0,8328
VL/SL	0,0119
PreV/SL	0,2160
PreA/SL	0,1208
AL/SL	0,0000
h/SL	0,0000
RD/SL	0,5706
ALB/SL	0,5853
DLB/SL	0,0705
DHL/SL	0,0077
H/SL	0,0034
Io/HL	0,8724
h/RD	0,0000
DHL/HL	0,0099

Uspoređujući sve populacije vrsta *R. kessleri* i *R. vladykovi*, najviše statistički značajnih razlika ima između vrste *R. kesslerii* iz Sutle i Kupe s populacijom vrste *R. vladykovi* iz Save. Prema omjeru TL/SL, populacije vrste *R. kesslerii* nisu se znatno razlikovale od nijedne populacije, osim od populacije vrste *R. vladykovi* iz Save. Prema omjeru HL/SL, populacija iz Save razlikovala se od svih ostalih populacija, dok se druge populacije po tom omjeru međusobno nisu razlikovale,

a isto se može reći i s omjerom PreO/HL. Gledajući PostO/HL, vrsta *R. kesslerii* iz Sutle razlikuje se od populacija iz Save i Bednje, a populacija vrste *R. kesslerii* iz Kupe nema znatnih razlika niti s jednom populacijom. Omjer PL/SL pokazuje znatne razlike između populacije Drave i Kupe, a populacija Kupe još se razlikuje i od populacije iz Save. Vrsta *R. kesslerii* iz Kupe se prema omjeru PreA/SL razlikuje od tri populacije, a populacija *R. kesslerii* iz Sutle se po tom omjeru razlikuje samo od jedne populacije. Jednu od većih raznolikosti među populacijama pokazuje omjer AL/SL, a vrsta *R. kesslerii* iz obiju populacija, Sutle i Kupe, razlikuje se od svih drugih populacija po omjerima h/SL, Io/HL i h/RD.

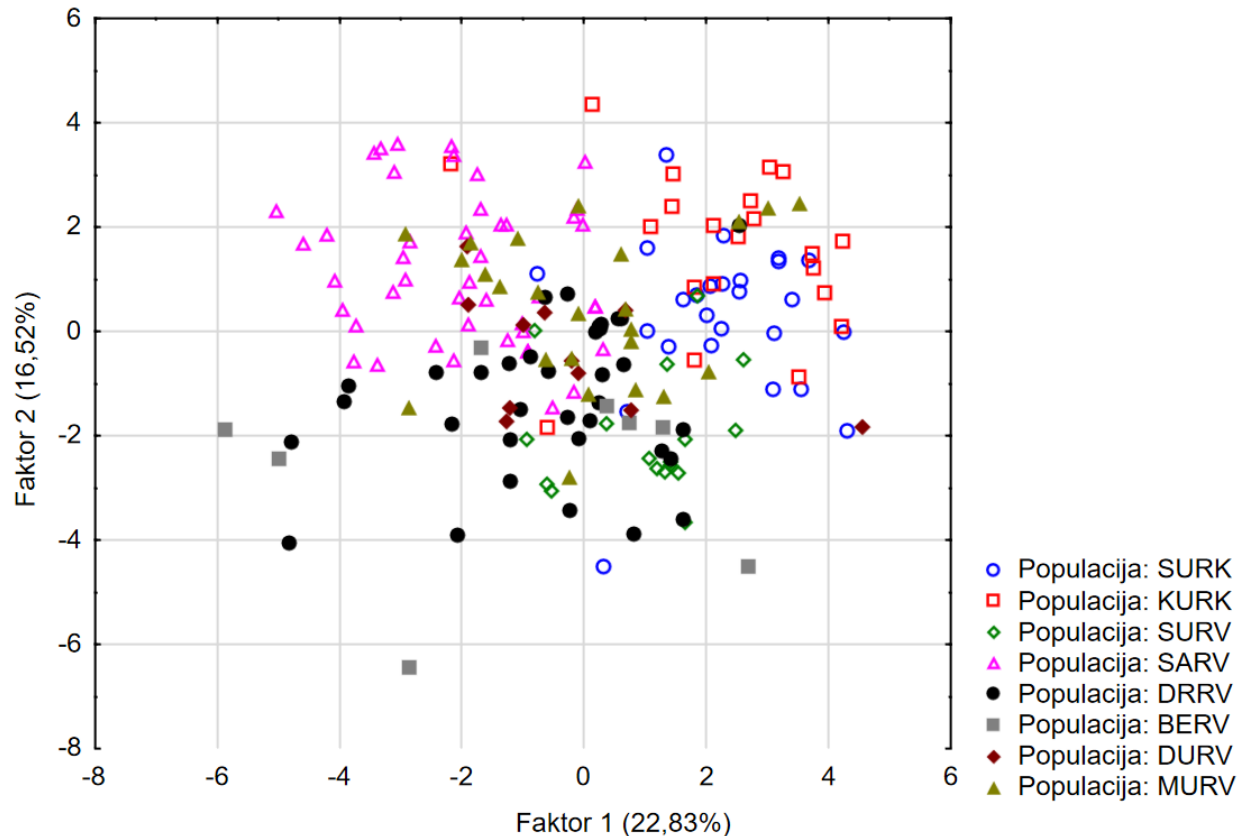
Analizom glavnih komponentata (PCA) uspoređene su sve jedinice iz svih populacija s obzirom na morfometrijske odnose. Statistička je analiza pokazala kako prve dvije komponente, tj. faktori ostvaruju svojstvene vrijednosti (eng. *Eigenvalues*) veće od 1,0. Zbog toga su oni korišteni u interpretaciji varijabilnosti varijabla u analizi.

Slika 7. prikazuje projekciju standardiziranih tjelesnih mjera vrste *R. kesslerii* iz Kupe i Sutle na ravnini određenoj komponentama 1 i 2 PCA analize. Komponenta 1 nalazi se na osi x i obuhvaća 22,02 % varijabilnosti, a varijabilnosti najviše određuju omjeri h/RD (-0,69) i PreA/SL (-0,62) dok se komponenta 2 nalazi na osi y i obuhvaća 14,76 % varijabilnosti, a najviše je određuju omjeri TL/SL (-0,56) i PostD/SL (-0,46). Vrijednost komponenti nalazi se u Tablici P3. u priložima.



Slika 7. Projekcija morfometrijskih omjera jedinki *R. kesslerii* iz Sutle i Kupe. Plavim krugom je prikazana populacija iz Sutle, a crvenom kockom populacija iz Kupe.

Na Slici 8. prikazana je projekcija morfometrijskih omjera svih jedinki iz svih populacija na ravnini određenoj faktorima 1 i 2 PCA analize. Faktor 1 nalazi se na osi x i obuhvaća 22,83 % varijabilnosti, a najviše ga određuju omjeri h/RD (-0,78) i h/SL (-0,73). Faktor 2 nalazi se na osi y te ga najviše određuju PL/SL (-0,73) i H/SL (-0,62) omjeri. Svojtvene vrijednosti i udio varijabilnosti pojedinih faktora nalaze se u Tablicama P4. i P5. u priložima.



Slika 8. Projekcija svih morfometrijskih omjera istraživanih populacija na ravninu određenu faktorima 1 i 2 PCA – analize. Legenda: SURK – Sutla (*R. kesslerii*), KURK – Kupa (*R. kesslerii*), SURV – Sutla (*R. vladykovi*), SARV – Sava (*R. vladykovi*), DRRV – Drava (*R. vladykovi*), BERV – Bednja (*R. vladykovi*), DURV – Dunav (*R. vladykovi*), MURV – Mura (*R. vladykovi*).

5.2. Merističke i kvalitativne morfološke značajke istraživanih populacija vrsta roda *Romanogobio*

Merističke i kvalitativne morfološke analize su također provedene na svih 187 jedinki. U bočnoj pruzi sam brojila ljuske do repne peraje i one na repnoj peraji, kojih je bilo najviše 3. U Tablici 8. navedeni su brojevi nesegmentiranih i segmentiranih šipčica u podrepnoj, repnoj i leđnoj peraji, kao i broj ljusaka ispod i iznad bočne pruge te u bočnoj pruzi, broj ljusaka između anusa i podrepne peraje, te broj ljusaka oko pedunkula.

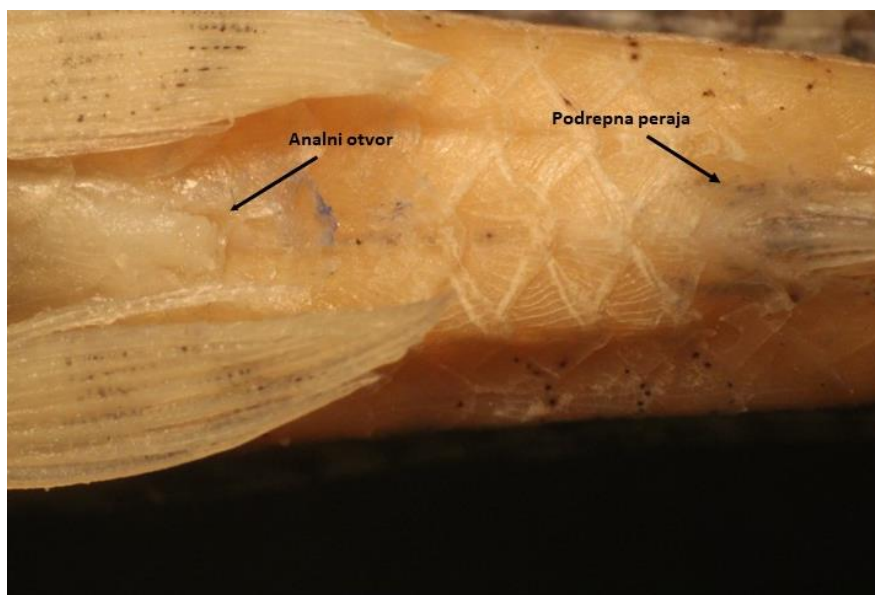
Tablica 8. Merističke karakteristike. Broj šipčica u podrepnoj (A), leđnoj (D) i repnoj (R) peraji, broj ljustaka u bočnoj pruzi (L.L), te iznad (L.L.A) ispod (L.L.B) bočne pruge, ljustke između anusa i podrepne peraje (LJ.A), ljustke oko kaudalnog pedunkula (LJ.P). Brojevi koji se nalaze u zagradama nađeni su kod manjeg broja slučajeva od ukupnog broja jedinki u populaciji. Kod brojanja ljustaka u bočnoj pruzi (L.L) brojevi iza znaka + označavaju ljustke koje su se nalazile na repnoj peraji. Slovo „k“ pored naziva rijeka označava vrstu *R. kesslerii*, a slovo „v“ vrstu *R. vladkovi*.

Lokalitet i vrsta	A	D	R	L.L	L.L.A	L.L.B	LJ.A	LJ.P
Sutla v	II 6½	II 7½	II 17	37-41+2	5(6)	(3)4	7 i 8	12
Sutla k	II 6½	II 8½	II 17(18)	36-39+2	5(6)	3(4)	7(8)	(11)12
Sava v	II 6½	II 7½	II 17(18)	38-40+2 ili 3	5(6)	3 i 4	6-8	12
Kupa k	II 6½	II 8½	II 17	38- 39+2(3)	4 i 5	3	6-7	12
Drava v	II 6½	II 7½	II 17 i 18	37-41+(1) 2 i 3	5 i 6	3(4)	(6)7 i 8	(11) 12
Bednja v	II 6½	II 7½	II 17	38-39+2	(5)6	4	(5)6(7)	(12)(14)(15)(16)
Dunav v	II 6½	II 7½	II 17	38-40+2	5 i 6	3 i 4	7(8)	12
Mura v	II 6½	II 7½	II 17(18)	37- 40+2(3)	5 i 6	3 i 4	7-8(9)	12(14)

Prema broju segmentiranih šipčica u leđnoj peraji može se zaključiti da u rijeci Sutli sigurno obitavaju dvije vrste iz roda *Romanogobio* jer imamo jedinke sa 7½ i jedinke s 8½ segmentiranih šipčica. Osim u Sutli jedino se još u Kupi nalaze jedinke s 8½ segmentiranih šipčica, dok u ostalim rijekama sve imaju 7½ segmentiranih šipčica u leđnoj peraji. Sve jedinke iz svih populacija većinom imaju 6½ segmentiranih šipčica u podrepnoj peraji i 17 ili 18 segmentiranih šipčica u repnoj peraji.

Jedinke u rijeci Bednji znatno variraju u broju ljustaka oko kaudalnog pedunkula, jedino se tu i u rijeci Muri nalaze jedinke s više od 12 ljustaka. Jedinke iz svih populacija imaju većinom 5 ili 6

ljusaka iznad bočne pruge, dok se jedino populacija iz rijeke Mure razlikuje od ostalih po 4 ili 5 ljusaka iznad bočne pruge. Po broju ljusaka između analnog otvora i podrepne peraje jedino se kod populacije iz Bednje nalazilo 5 ili više ljusaka (Slika 9.), dok kod ostalih populacija broj varira između 6 i 9 ljusaka.



Slika 9. Prikaz ljusaka između analnog otvora i podrepne peraje. (Foto: Ivana Lokas)

Što se tiče kvalitativnih morfoloških značajki, uz ostale karakteristike koje sam gledala, gledala sam i prisutnost uzdužnih grebena na ljuskama dorzalne strane tijela ribe, ali kako je na velik broj jedinki utjecalo konzerviranje u alkoholu, uzdužne je grebene bilo teško prepoznati i zabilježiti, stoga sam tu karakteristiku izbacila iz svog istraživanja. Jedinke su se razlikovale u dužini brkova, što možemo vidjeti na Slici 10. i 11., te je ta karakteristika pokazivali izrazitu varijabilnost između svih populacija, a isto možemo reći i za poziciju analnog otvora. Također, među promatranim jedinkama, kod nijedne nisam zabilježila prisutnost ljusaka na prsima.



Slika 10. Prikaz brkova koji dosežu iza oka. (Foto: Ivana Lokas)



Slika 11. Prikaz brkova koji dosežu do sredine oka. (Foto: Ivana Lokas)

6. RASPRAVA

Određene vrste u rodu *Romanogobio*, među kojima se nalaze *R. uranoscopus*, *R. kesslerii* i *R. vladykovi* postale su vrste od interesa za očuvanje u zemljama EU. Unutar njihovih raspona se uspostavljaju posebna područja očuvanja unutar sustava Natura 2000, te zbog toga postoji velika potreba za točno određivanje rasprostranjenosti i morfologije vrsta. Međutim, zbog preklapajućih raspona distribucije, interspecifične i intergeneričke hibridizacije i još uvijek otkrivanja novih vrsta u rodu *Romanogobio*, to nije lak zadatak. Također, postoje vrste čiji su nalazi iznimno rijetki kao i primjer vrste *R. antipai* koja je smatrana izumrlom dok nije opet pronađena u rijeci Dunav u Bugarskoj (Bogutskaya i sur. 2019). Možda iz istog razloga, zbog rijetkosti ulova nekih vrsta, u ovom radu nije pronađen niti jedan primjerak vrste *R. uranoscopus*. Vrsta *R. uranoscopus* se od vrsta *R. kesslerii* i *R. vladykovi* razlikuje po prisutnosti ljusaka na prsima, nedostatku uzdužnih grebana na ljuskama dorzalne strane tijela i jako uskom kaudalnom pedunkulu. Ovim je istraživanjem obuhvaćeno područje dunavskog slijeva, tj. analizirano je 187 jedinki koje pripadaju vrstama *R. kesslerii* i *R. vladykovi* iz 7 rijeka: Sutla, Sava, Kupa, Drava, Bednja, Dunav i Mura. Analiza morfoloških značajki te njihova usporedba provedeni su kako bi se dobile spoznaje o morfologiji ove vrste te kako bi se utvrdile razlike među populacijama.

Deskriptivnom statistikom određene su aritmetičke sredine te minimalne i maksimalne vrijednosti izmjerenih značajki. Uspoređivanjem jedinki vrste *R. kesslerii* iz rijeke Sutle i Kupe nisu utvrđene znatne razlike u standardnoj dužini tijela. Jedinke iz Sutle imale su standardnu dužinu od 58,59 mm, dok su jedinke iz Kupe imale standardnu dužinu od 58,76 mm. Raspon standardnih dužina bio je od 41,42 mm do 96,41 mm, međutim od toga su samo tri jedinke bile veće od 68 mm. Prema Kottelat i Freyfoh (2007) najveća je standardna dužina vrste *R. kesslerii* do 110 mm, dok Szlachciak i Nowak (2015) navode najveću standardnu dužinu do 93,48 mm sa srednjom vrijednosti od 79,36 mm. Iz podataka vidimo da su vrijednosti standardnih duljina vrste *R. kesslerii* u ovom istraživanju znatno manje od raspona iz navedenih literaturih navoda. Zanimljiva je razlika među populacijama vrste *R. vladykovi* između Save, Drave, Bednje i Mure, gdje postoji znatna varijabilnost srednje vrijednosti standardne dužine tijela. Populacije iz Save i Mure imaju srednju vrijednost standardnih dužina u rasponu od 50,72 do 51,47 mm, dok populacije iz Drave, Bednje i Dunava imaju srednju vrijednost standardnih dužina tijela u rasponu od 68,89 do 73,80 mm. Uzrok razlike u dužini tijela može biti to što se uzorkovanje ovih populacija nije odvijalo u istom

razdoblju, tj. odvijalo se tijekom dugog razdoblja, u rasponu duljem od 10 godina, stoga postoji mogućnost da su se okolišni uvjeti tijekom vremena promijenili te da nije ista starosna struktura između populacija. Rezultati Kruskal-Wallisova H testa pokazali su da se sve populacije vrsta *R. kesslerii* i *R. vladykovi* znatno statistički razlikuju u 20 omjera, odnosno da dijele dva zajednička omjera PostD/SL i PreD/SL.

Kod vrste *R. vladykovi* pronađene su statistički značajne razlike između pet populacija, dok su populacije iz Dunava i Mure pokazale najveću sličnost. Najviše je značajnih razlika pokazala populacija iz Save, koja se po omjerima HL/SL, PreO/SL, PO/HL razlikovala od svih pet populacija. Zanimljivo je kako su sva tri omjera po kojima se populacija Save razlikuje, mjere glave (omjer dužine glave i standardne dužine tijela, omjeri promjera oka i dužine glave i omjeri predočnog prostora i dužine glave). Prema Bogutskaya i sur. (2019) jedne od najbitnijih mjera po kojima se vrsta *R. antipai* razlikuje od vrsta *R. kesslerii* i *R. vladykovi* su upravo mjere širine glave, promjera oka i međuočnog prostora, te to pokazuje da su mjere glave svakako jedne od bitnih karakteristika za razlikovanje vrsta. Budući da na području Save obitava i vrsta *Gobio obtusirostris* (Valenciennes, 1842), koju obično nalazimo na istom staništu kao i vrstu *R. vladykovi* (Mustafić i sur 2005), navedene karakteristike po kojima se populacija vrste *R. vladykovi* iz Save razlikuje od ostalih populacija možda mogu upućivati na intergeneričnu hibridizaciju koja je prema Mendel i sur. (2012) česta između vrsta *R. vladykovi* i *Gobio gobio* (Linnaeus 1758), no za takve su zaključke svakako potrebna daljnja genetička istraživanja. Populacija iz Save najviše se razlikovala od populacija iz Drave.

Usporedbom dviju populacija vrste *R. kesslerii* pokazalo se da postoji devet značajnih razlika, dok su se od populacija vrste *R. vladykovi* razlikovale u 20 značajka, što je i za očekivati budući da su uspoređene dvije jasno odvojene vrste. Najveće su se razlike među vrstama pokazale u omjerima H/SL, Io/HL i h/RD. Razlog izdvajanja baš tih omjera može biti zbog razlike u dužinskoj strukturi jedinka, ali omjer Io/HL možda može i upućivati na bitnu taksonomsku razliku s obzirom na to da Szlachciak i Nowak (2015) i Kottelat i Freyhof (2007) u svojim radovima ističu i navode kako je kod vrste *R. kesslerii* promjer oka veoma malen te da je međuočni prostor veći od promjera oka, a takvi su morfometrijski omjeri dobiveni i u ovom radu (Prilog: Tablica P6). Analizom glavnih komponenata projicirani su grafovi na temelju kojih možemo donijeti slične zaključke. Projekcijom morfometrijskih omjera vrste *R. kesslerii* određenoj s prvom i drugom

komponentom jasno je vidljivo kako postoje varijabilnosti između ovih dviju populacija, dok se na projekciji morfometrijskih omjera svih jedinki iz svih populacija također pokazalo jasno odvajanje ove vrste od drugih populacija vrste *R. vladykovi*. Iako ne postoji značajno izdvajanje između populacija, varijabilnosti svakako postoje. Populacija *R. vladykovi* iz Save se ipak malo izdvojila po omjerima od drugih populacija, što i potvrđuju rezultati Kruskal-Wallisova *H* testa.

U ovom su radu brojene šipčice, ljuske te je bilježen položaj anusa i dužina brkova kod svih jedinki. Već se prema broju šipčica u dorzalnoj peraji moglo zaključiti da se populacije iz *R. kesslerii* iz Sutle i Kupe (8½) razlikuju od svih ostalih populacija *R. vladykovi* koje su imale 7½. Sve su jedinke iz svih populacija imale 6½ segmentiranih šipčica u analnoj peraji, što je bilo očekivano s obzirom na to da samo jedna vrsta u rodu *Romanogobio*, koja ne obitava na području Hrvatske, ima 5½. Također, nije bilo znatnih odstupanja u broju šipčica repne peraje, kojih je kod obje vrste bilo 17 i 18. Obje populacije *R. kesslerii* iz rijeke Kupe i Sutle imale su 38 do 39 + 2 ljuske u bočnoj pruzi, što se ne podudara s literaturnim podacima Szlachciak i Nowak (2015) koji opisuju 39 do 40 + 2, a u ovom radu nije pronađena niti jedna jedinka s 40 ljusaka. S obzirom na to da su prema Kottelat i Freyhof (2007) i Friedrich i sur. (2018) ljuske u bočnoj pruzi kod ovog roda jedna od najpouzdanijih značajki za prepoznavanje vrste, ova nepodudaranost u broju ljusaka, iako mala, može biti značajna. Nepodudarnost u rezultatima može biti zbog više razloga. Prema Hubbs (1992) na broj ljusaka značajno može utjecati temperatura, on je istražujući vrstu *Notropis atherinoides* (Rafinesque, 1818) iz porodice Cyprinidae utvrdio kako je broj ljusaka bio veći s većim temperaturama, a niži s nižim temperaturama. Isto tako, u ovom je radu proučavan relativno mali broj jedinki, njih 43, a većim bi se brojem sigurno mogli dobiti vjerodostojniji podaci. Kod vrste *R. vladykovi* broj ljusaka je varirao od 37 do 41 + 2, a takve rezultate za vrstu *R. vladykovi* navode i Kottelat i Freyhof (2007). U obje populacije vrsta *R. kesslerii* imala je većinom tri ljuske ispod bočne pruge, a samo su kod tri jedinke pronađene četiri ljuske. Kod vrste *R. vladykovi* od ukupnog broja od 144 jedinki, koliko ih je obuhvaćeno ovim radom, njih 112 imalo je četiri ljuske ispod bočne pruge, što odgovara rezultatima Kottelat i Freyhof (2007), a 33 su jedinke imale tri, i to većinom kod vrsta populacije Save i Dunava. Također, zanimljiv je rezultat broja ljusaka oko kaudalnog pedunkula. Naime, prema Kottelat i Freyhof (2007) *R. kesslerii* izdvaja se od svih ostalih vrsta tako što ima 12 ljusaka oko kaudalnog pedunkula, što su i rezultati ovog rada potvrdili. Ipak, samo su tri jedinke od ukupno 43 imale 11 ljusaka. Međutim, 12 ljusaka imala je i vrsta *R. vladykovi*, i to gotovo kod svih jedinki u svim populacijama, a Kottelat i Freyhof (2007) navode 14

do 16 ljustaka u bočnoj pruzi kod vrste *R. vladkovi*. Jedino su populacije iz Bednje i Mure imale jedinke s više od 12 ljustaka. U Bednji su od osam jedinki tri imale 12, dvije su imale 14 ljustaka, dvije 16 i jedna 15 ljustaka, dok su u Muri od 23 jedinke, dvije imala 14 ljustaka. Na netočnost u ključu upućuju i rezultati iz rada Szlachciak i Nowak (2015) u kojem autori navode da 12 ljustaka oko kaudalnog pedunkula mogu imati i vrste *R. belingi* (Slastenenko 1934) i *R. vladkovi*. Vrsta *R. kesslerii* iz Kupe imala je šest ljustaka između anusa i podrepne peraje, dok je populacija iz Sutle imala većinom sedam, a kod vrste *R. vladkovi* broj je varirao između sedam i osam. Dužina brkova i pozicija anusa bile su najvarijabilnije karakteristike kod obiju vrsta, a zanimljivo je da se položaj anusa u odnosu na susjedne peraje tradicionalno smatrao kao jedan od najistaknutijih ključnih karakteristika prema kojem su se opisivale vrste (Kottelat i Freyhof 2007). Prema Friedrich i sur. (2018), dužina brkova kod *R. vladkovi* nikad ne doseže kraj oka, obično ide do sredine oka ili malo iza sredine oke, međutim u ovom su istraživanju kod populacije iz Save, s lokacije Trebež kod devet jedinki od 15 brkovi dosežali iza oka, a kod šest do kraja oka, kao i kod populacije iz Drave, kod kojih je od 31 jedinke, 15 imalo brkove koji dosežu do kraja oka.

Na temelju merističkih i kvalitativnih morfoloških značajki utvrđeno je kako izuzev varijabilnosti ne postoje znatne razlike unutar populacija, dok između vrsta postoje. Iz ovog se istraživanja može zaključiti da se broj ljustaka u bočnoj pruzi razlikuje između *R. kesslerii* i *R. vladkovi*, međutim taj broj može biti poprilično varijabilan. Isto tako, niti jedna jedinka nije odstupala u broju segmentiranih šipčica koje se navode i u literaturi. Tako su sve jedinke imale $7\frac{1}{2}$ (*R. kesslerii*) i $8\frac{1}{2}$ (*R. vladkovi*) segmentiranih šipčica u leđnoj peraji. Također, nema odstupanja od literaturnih podataka u broju ljustaka ispod bočne pruge. Kod vrste *R. kesslerii* većinom su bile tri ljustke ispod bočne pruge, a kod vrste *R. vladkovi* četiri, što može upućivati na dobru karakteristiku za određivanje tih dviju vrsta. Sve su analizirane jedinke imale $6\frac{1}{2}$ segmentiranih šipčica u analnoj peraji, što odgovara i literaturnim podacima, kao i 17 ili 18 šipčica u repnoj peraji. Međutim, literaturnih podataka o tom merističkom svojstvu nema, vjerojatno zato što se isti broj ponavlja kod većine u ovom rodu. Prema tome se može zaključiti da su sve populacije prema tim karakteristikama vrlo slične. Najveće se odstupanje od literaturnih podataka (Kottelat i Freyhof 2007) pokazalo kod broja ljustaka oko kaudalnog pedunkula vrste *R. vladkovi*. Naime, od ukupnog broja analiziranih jedinki (112) ove vrste u radu, samo je njih šest imalo više od 12 ljustaka, dok su ostale imale 12, isto kao i kod vrste *R. kesslerii*. Dakle, prema podacima u ovom radu te se dvije vrste zasigurno ne mogu odvojiti po ovom merističkom svojstvu, te bi u budućim istraživanjima

ovu karakteristiku trebalo bolje promotriti. Isto tako, dužina brkova kod vrste *R. vladkovi* razlikovala se od literaturnih podataka, gdje su kod populacija iz Save i Drave, oni dosežali do kraja oka, ili malo iza oka, dok autori navode da kod ove vrste brkovi nikad ne idu do kraja oka. Dužina brkova i položaj anusa su bili najvarijabilnija svojstva unutar populacija i između njih.

Meristička analiza nam je kao i Kruskal-Wallisov H test i analiza glavnih komponenta također potvrdila kako postoje razlike između vrsta, dok između populacija ne postoje znatna odstupanja, izuzev blagog odstupanje populacije iz Save od drugih populacija iste vrste. Kod populacije iz Save pojedine su jedinke imale po tri ljuske ispod bočne pruge za razliku od drugih populacija koje su imale četiri ljuske ispod bočne pruge. Populacija iz Save izdvajala se i po dužini brkova koji su kod ove populacije i populacije Drave kod 15 jedinki bili dosta duži u usporedbi s drugim populacijama. Prema provedenim morfometrijskim analizama vidljivo je da nema očitih razlika između populacija iste vrste, no da varijabilnosti svakako postoje. Jedino je populacija vrste *R. vladkovi* iz Save koja pokazivala odstupanje i u merističkim i u morfometrijskim svojstvima, no da bi se razlog izdvajanja mogao potvrditi, potrebne su daljnje genetičke analize. Vrste *R. kesslerii* i *R. vladkovi* jasno su se odvojile iako su se značajnije razlike pokazale u merističkim svojstvima, posebno u broju segmentiranih šipčica u leđnoj peraji i broju ljusaka ispod bočne pruge i u bočnoj pruzi. U svakom slučaju, rezultati pokazuju da je kombinacija merističkih i morfometrijskih analiza dobro primjenjiva za razlikovanje tih dviju vrsta.

7. ZAKLJUČAK

- Standardna se dužina tijela vrste *R. kesslerii* i standardna dužina tijela vrste *R. vladykovi* iz populacije Save i Mure u ovom radu pokazala znatno manjom od maksimalne vrijednosti standardne dužine navedene u literaturnim podacima. Uzrok razlika u dužini tijela možda se može pripisati tome što su se u ovom radu, za razliku od drugih literaturnih podataka, mjerenja provodila na jedinkama različite starosne strukture.
- Mann-Whitneyjev *U* test pokazao je da postoji devet statistički značajnih razlika između dviju populacija vrste *R. kesslerii*, a samo odvajanje pokazalo se i na projekcijskom grafu morfometrijskih omjera. S obzirom na to da su se analize provodile na samo 41 jedinci, za opsežnije utvrđivanje razlika između ovih dviju populacija iste vrste, potreban je veći broj uzoraka.
- Različite morfometrijske analize (Kruskal-Wallisov *H*, Mann-Whitneyjev *U* test i PCA) upućuju na to da varijabilnosti unutar populacija postoje, no i da je grupiranje jedinki izričito slabo, osim kod populacija vrste *R. vladykovi* iz Save koja se blago odvojila od ostalih populacija iste vrste. Za utvrđivanje razloga izdvajanja populacije iz Save potrebna su daljnja istraživanja. Također, ovim su se analizama vrste *R. kesslerii* i *R. vladykovi* jasno odvojile.
- Merističke značajke pokazale su kako ne postoje znatne razlike između populacija, dok između vrsta postoje. Broj segmentiranih šipčica u dorzalnoj peraji, broj ljustica ispod bočne pruge te broj ljustica u bočnoj pruzi pokazali su se u ovom radu kao najbolje karakteristike za razlikovanje ovih dviju vrsta.
- Kombinacija merističkih i morfometrijskih analiza pokazala se dobro primjenjivom za razlikovanje vrsta *R. kesslerii* i *R. vladykovi*.
- Ključ za determinaciju vrste *R. kesslerii* s obzirom na broj ljustica oko kaudalnog pedunkula prema Kottelat i Freyhof (2007) pokazao se netočnim s obzirom na to da isti broj ljustica ima i vrsta *R. vladykovi*, stoga bi tu karakteristiku trebalo detaljnije istražiti te napraviti izmjenu.
- Iako se u literaturnim podacima kvalitativne morfološke značajke kao što su pozicija anusa i dužina brkova koriste za determinaciju vrsta, u ovom su radu te karakteristike pokazale najveću varijabilnost između svih istraživanih populacija.

8. LITERATURA:

- Barbour, M. T. (1999). Rapid bioassessment protocol for use in wadeable streams and rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. US Environmental Protection Agency, Office of Water.
- Bogutskaya, N. G., Stefanov, T., Naseka, A. M. i Diripasko, O. A. (2019). A recent record of *Romanogobio antipai* (Actinopterygii, Cyprinidae, Gobioninae) from the Danube River in Bulgaria. *Zookeys*, (825), 105.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T. G., Rasmussen, G. i Saltveit, S. J. (1989). Electrofishing – theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia*, 173(1), 9-43.
- Ćaleta, M., Buj, I., Mrakovičić, M., Mustafić, P., Zanella, D., Marčić, Z., Duplić, A., Mihinjač, T. i Katavić I. (2015). Hrvatske endemske ribe. Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb.
- Ćaleta, M., Marčić, Z., Buj, I., Zanella, D., Musafić, P., Duplić, A. i Horvatić, S. (2019). A Review of Extant Croatian Freshwater Fish and Lampreys. *Croatian Journal of fisheries*, 77(3), 137-234.
- Friedrich, T., Wiesner, C., Zangl, L., Daill, D., Freyhof, J. i Koblmüller, S. (2018). *Romanogobio skywalkeri*, a new gudgeon (Teleostei: Gobionidae) from the upper Mur River, Austria. *Zootaxa*, 4403(2), 336-350.
- Grlica, I. (2008). Studija biološke raznolikosti rijeke Drave, Dravske mrtvace i odvojeni rukavci 2 dio. Prirodoslovno društvo „Drava“, Virovitica.
- Helfman, G. S. (2007). Fish conservation: a guide to understanding and restoring global aquatic biodiversity and fishery resources. Island press.
- Helfman, G., Collette, B. B., Facey, D. E. i Bowen, B. W. (2009). The diversity of fishes: biology, evolution and ecology. John Wiley and Sons.
- Hubbs, C. L. (1922). Variations in the number of vertebrae and other meristic characters of fishes correlated with the temperature of water during development. *The American Naturalist*, 56(645), 360-372.

- Jelić, D., Jelić, M., Žutinić, P., Šimunović, I., Zupančič, P. i Naseka, A. M. (2018). Distribution of endangered Italian gudgeon *Romanogobio banacensis* (Cyprinidae, Gobioninae) with remarks on distinguishing morphological characters. *Zookeys*, (729), 103.
- Kaur, V., Ana, Y. i Heer, B. K. (2019). Morphometric analysis of fish, *Labeo rohita* (Hamilton) from pond near Kalayat, Kaithal, Haryana India, 7 (3), 299-306.
- Keat-Chuan, Ng, C., Aun – Chuan Ooi, P., Wong, W. L. i Khoo, G. (2017). A review of fish taxonomy conventions and species identification techniques. *Survey in Fisheries Sciences*, 4(1), 54-93.
- Kottelat, M. (1997). European freshwater fishes. An heuristic checklist of the freshwater fishes of Europe (exclusive of former USSR), with an introduction for non-systematists and comments on nomenclature and conservation. *Biologija (Bratislava)*, 52(5), 1-127.
- Kottelat, M. i Freyhof, J. (2007). *Handbook of European Freshwater Fishes*. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany.
- Lleonart, J., Salat, J. i Torres, G. J. (2000). Removing allometric effects of body size in morphological analysis. *Journal of theoretical Biology*, 205(1), 85-93.
- McDonald, J. H. (2009). *Handbook of biological statistics*. Vol 2. Baltimore, MD: sparky house publishing.
- Mehdi, H., Lau, S. C., Synyshyn, C., Salena, M. G., Morphet, M. E., Hamilton, J., Muzzati, M. N., McCallum, E. S., Midwood, J. D. i Balshine, S. (2021). A comparison of passive and active gear in fish community assessments in summer versus winter. *Fisheries Research*, 242, 106016.
- Mendel, J., Luskova, V., Halačka, K., Lusk, S. i Vetešnik, L. (2005). Genetic diversity of *Gobio gobio* populations in the Czech Republic and Slovakia, based on RAPD markers. *Folia Zool (Suppl. 1)*, 13-24.
- Mendel, J., Papoušek, I., Marešova, E., Vetešnik, L., Halačka, K., Nowak, M. i Čížkova, D. (2012). Microsatellite loci for Palaearctic gudgeons: markers for identifying intergeneric hybrids between *Romanogobio* and *Gobio*. *Molecular Ecology Resources*, 12, 972-974.

- Mrakovčić, M. (2006). Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Republika Hrvatska.
- Mustafić, P., Čaleta, M., Mrakovčić, M., Buj, I., Zanella, D. i Mišetić, S. (2005). Distribution and status of the genus *Gobio* in Croatia. *Folia Zoologica*, 54(1), 81-84.
- Naseka, A. M. (1996). Comparative study on the vertebral column in the Gobioninae (Cyprinidae, Pisces) with special reference to its systematics. *Publicaciones Especiales Instituto Espanol de Oceanografia*, 21, 149-167.
- Naseka, A. M. i Bogutskaya, N. G. (1998). A new gudgeon species *Romanogobio pentatrichus* (Gobioninae, Cyprinidae) from the basin of the Kuban River. *Journal of ichthyology*, 38(3), 219-227.
- Naseka, A. M. i Freyhof, J. (2004). *Romanogobio parvus*, a new gudgeon from River Kuban, southern Russia (Gobioninae, Cyprinidae). *Ichthyological Exsplantation of Freshwaters*, 15(1), 17-24.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the World*. Ed. 4 John Wiley i Sons. Inc., Hoboken, New Jersey.
- Nowak, M., Koščo, J. i Popek, W. (2008). Review of the current status of systematics of gudgeons (Gobioninae, Cyprinidae) in Europe. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 1(1), 27-38.
- Petz, B. (1997). *Osnovne statističke metode za nematematičare*. Naklada Slap, Jastrebarsko.
- Sindičić, M. i Konjević, D. (2014). *Osnove zoologije mediteranskih ekosustava*. Zadar, Sveučilište u Zadru.
- Pidgeon, R. (2004). A review of options for monitoring freshwater fish biodiversity in the Darwin Harbour catchment. Palmerston, NT, Australia.
- Sotola, V. A., Craig, C. A., Pfaff, P. J., Maikoetter, J. D., Martin, N. H. i Bonner, T. H. (2019). Effect of preservation on fish morphology over time: Implications for morphological studies. *Plos one*, 14(3), e0213915.
- Strauss, R. E. i Bond, C. E. (1990). Taxonomic methods: morphology. *Methods for fish biology*, 109-140.

- Szlachciak, J. i Nowak, M. (2015). Morphology of the only known population of Kessler's gudgeon *Romanogobio kesslerii* (Teleostei: Cyprinidae) outside the Black Sea basin. *Biologia*, 70(1), 121-131.
- Šafarek, G. i Šolić, T. (2011). Rijeke Hrvatske. Izd. Kuća Veda.
- Tockner, K., Uehlinger, U. i Robinson, C. T. (2009). *Rivers of Europe*. Academic Press, London, UK.
- Tripathy, S. K. (2020). Significance of traditional and advanced morphometry to fishery science. *Journal of Human, Earth and Future*, 1(3), 153-166.
- Turan, C. (2004). Stock identification of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) using morphometric and meristic characters. *ICES Journal of Marine Science*, 61(5), 774-781.
- Witt, C. i Friedrich, T. (2022). Not a galaxy far, far away. A first look into the microhabitat of *Romanogobio skywalkerii*. *Journal of Applied Ichthyology*, 38(1), 44-52.
- Zrnčić, S., Oraić, D., Čaleta, M., Mihaljević, Ž., Zanella, D. i Bilandžić, N. (2013). Biomonitoring of heavy metals in fish from the Danube River. *Environmental monitoring and assessment*, 185(2), 1189-1198.

Literatura preuzeta s interneta:

Fishbase. Dostupno na: <https://www.fishbase.se/search.php> (pristupljeno 10. 8. 2022).

9. ŽIVOTOPIS

Preddiplomski studij upisala sam 2014. godine na Sveučilištu u Dubrovniku na odjelu za Akvakulturu. U rujnu 2017. godine obranila sam završni rad pod naslovom „Ekološka mreža u moru na području Dubrovačko-neretvanke županije“ pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Marijane Pećarević i završila navedeni studijski program stekavši titulu prvostupnice (baccalaureus) akvakulture. Iste godine upisala sam diplomski studij Ekologije i zaštite prirode modul more na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Za vrijeme studija u cilju stjecanja dodatnih radnih navika, organiziranosti, komunikacijskih i socijalnih vještina radila sam različite studentske poslove preko Student servisa. Poslovi su uključivali rad u ugostiteljstvu, promocije proizvoda, prodaju ulaznica na raznim manifestacijama, rad u trgovinama odjeće i obuće te u trgovinama prehrane. Također, sudjelovala sam u volonterskim akcijama prikupljanja otpada šibenskog podmorja, te u prikupljanju otpada na otoku Lokrumu i u rijeci Neretvi. Volontirajući sam stekla i Youthpass certifikate (certifikati za usvajanje i priznavanje neformalnog učenja) u sklopu Erasmus + projekata koji su se održali u gradu Tropea (Italija), te na Arubi (Karijski otok). Aktivni sam govornik engleskog jezika, a od dodatnih vještina posjedujem ronilački certifikat OWD (open water diver), diplomu škole sportskog penjanja HPK Sv. Mihovil, te vozačku dozvolu B kategorije.

10. PRILOZI

Tablica P1. Kruskal-Wallisov H test morfometrijskih omjera za sve populacije vrsta roda Romanogobio. Crvenom boju su označeni omjeri koji su pokazivali značajnu razliku između populacija. Legenda: SURK – populacija vrste *R. kesslerii* iz Sutle, KURK – populacija vrste *R. kesslerii* iz Kupe, SURV - populacija vrste *R. vladykovi* iz Sutle, SARV - populacija vrste *R. vladykovi* iz Save, DR - populacija vrste *R. vladykovi* iz Drave, Be - populacija vrste *R. vladykovi* iz Bednje, DU - populacija vrste *R. vladykovi* iz Dunava, MU – populacija vrste *R. vladykovi* iz Mure.

Kruskal-Wallis test: Varijabla TL/SL

	SURK R:106,79	KURK R:135,10	SURV R:115,74	SARV R:58,156	DRRV R:91,486	BERV R:143,50	DURV R:90,909	MURV R:84,583
SURK		1,000000	1,000000	0,007417	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
KURK	1,000000		1,000000	0,000002	0,098350	1,000000	0,791900	0,050098
SURV	1,000000	1,000000		0,005219	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SARV	0,007417	0,000002	0,005219		0,176119	0,001111	1,000000	1,000000
DRRV	1,000000	0,098350	1,000000	0,176119		0,397545	1,000000	1,000000
BERV	1,000000	1,000000	1,000000	0,001111	0,397545		1,000000	0,214752
DURV	1,000000	0,791900	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	1,000000	0,050098	1,000000	1,000000	1,000000	0,214752	1,000000	

Kruskal-Wallis test: Varijabla (PostD/SL)

	SURK R:80,481	KURK R:94,762	SURV R:102,68	SARV R:70,467	DRRV R:107,26	BERV R:131,88	DURV R:119,09	MURV R:102,50
SURK		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,527725	1,000000	1,000000
KURK	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SURV	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SARV	1,000000	1,000000	1,000000		0,071733	0,087020	0,211835	0,537887
DRRV	1,000000	1,000000	1,000000	0,071733		1,000000	1,000000	1,000000
BERV	0,527725	1,000000	1,000000	0,087020	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	1,000000	1,000000	1,000000	0,211835	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	1,000000	1,000000	1,000000	0,537887	1,000000	1,000000	1,000000	

Tablica P1. Nastavak

Kruskal-Wallis test, varijabla PreD/SL

	SURK R:82,404	KURK R:104,67	SURV R:79,971	SARV R:96,556	DRRV R:99,971	BERV R:104,38	DURV R:69,091	MURV R:101,63
SURK		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
KURK	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SURV	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SARV	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
DRRV	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
BERV	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

Kruskal-Wallis test, varijabla (HL/SL)

	SURK R:90,058	KURK R:83,952	SURV R:65,441	SARV R:140,71	DRRV R:81,171	BERV R:82,625	DURV R:62,545	MURV R:76,625
SURK		1,000000	1,000000	0,004069	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
KURK	1,000000		1,000000	0,002030	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SURV	1,000000	1,000000		0,000029	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SARV	0,004069	0,002030	0,000029		0,000030	0,144469	0,000492	0,000079
DRRV	1,000000	1,000000	1,000000	0,000030		1,000000	1,000000	1,000000
BERV	1,000000	1,000000	1,000000	0,144469	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	1,000000	1,000000	1,000000	0,000492	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	1,000000	1,000000	1,000000	0,000079	1,000000	1,000000	1,000000	

Kruskal-Wallis test, PreO/HL

	SURK R:125,21	KURK R:99,524	SURV R:129,79	SARV R:28,311	DRRV R:120,14	BERV R:124,25	DURV R:133,00	MURV R:87,083
SURK		1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,359153
KURK	1,000000		1,000000	0,000018	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SURV	1,000000	1,000000		0,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,358447
SARV	0,000000	0,000018	0,000000		0,000000	0,000108	0,000000	0,000487
DRRV	1,000000	1,000000	1,000000	0,000000		1,000000	1,000000	0,593245
BERV	1,000000	1,000000	1,000000	0,000108	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	1,000000	1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	1,000000		0,554785
MURV	0,359153	1,000000	0,358447	0,000487	0,593245	1,000000	0,554785	

Kruskal-Wallis test, varijabla (PO/HL)

	SURK R:54,404	KURK R:70,048	SURV R:70,441	SARV R:146,98	DRRV R:80,571	BERV R:61,250	DURV R:118,73	MURV R:94,375
SURK		1,000000	1,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,026687	0,254391
KURK	1,000000		1,000000	0,000002	1,000000	1,000000	0,438892	1,000000
SURV	1,000000	1,000000		0,000019	1,000000	1,000000	0,591966	1,000000
SARV	0,000000	0,000002	0,000019		0,000001	0,001025	1,000000	0,003377
DRRV	1,000000	1,000000	1,000000	0,000001		1,000000	1,000000	1,000000
BERV	1,000000	1,000000	1,000000	0,001025	1,000000		0,624195	1,000000
DURV	0,026687	0,438892	0,591966	1,000000	1,000000	0,624195		1,000000
MURV	0,254391	1,000000	1,000000	0,003377	1,000000	1,000000	1,000000	

Tablica P1. Nastavak

Kruskal-Wallis test, varijabla (PreV/SL)

	SURK R:67,942	KURK R:86,571	SURV R:98,500	SARV R:117,33	DRRV R:112,49	BERV R:108,88	DURV R:79,091	MURV R:56,708
SURK		1,000000	1,000000	0,005936	0,041443	1,000000	1,000000	1,000000
KURK	1,000000		1,000000	0,882345	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SURV	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,416197
SARV	0,005936	0,882345	1,000000		1,000000	1,000000	0,998912	0,000262
DRRV	0,041443	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	0,002826
BERV	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	0,510593
DURV	1,000000	1,000000	1,000000	0,998912	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	1,000000	1,000000	0,416197	0,000262	0,002826	0,510593	1,000000	

Kruskal-Wallis test, varijabla (DL/SL)

	SURK R:65,442	KURK R:71,429	SURV R:48,853	SARV R:132,22	DRRV R:87,371	BERV R:70,875	DURV R:112,55	MURV R:113,88
SURK		1,000000	1,000000	0,000015	1,000000	1,000000	0,435190	0,044010
KURK	1,000000		1,000000	0,000598	1,000000	1,000000	1,000000	0,242997
SURV	1,000000	1,000000		0,000002	0,450078	1,000000	0,066015	0,004225
SARV	0,000015	0,000598	0,000002		0,006616	0,087854	1,000000	1,000000
DRRV	1,000000	1,000000	0,450078	0,006616		1,000000	1,000000	1,000000
BERV	1,000000	1,000000	1,000000	0,087854	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	0,435190	1,000000	0,066015	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	0,044010	0,242997	0,004225	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

Kruskal-Wallis test, varijabla (PL/SL)

	SURK R:107,37	KURK R:133,62	SURV R:43,206	SARV R:97,178	DRRV R:73,600	BERV R:74,500	DURV R:86,364	MURV R:114,63
SURK		1,000000	0,004045	1,000000	0,447341	1,000000	1,000000	1,000000
KURK	1,000000		0,000009	0,303722	0,001649	0,239853	0,531751	1,000000
SURV	0,004045	0,000009		0,012900	1,000000	1,000000	1,000000	0,000882
SARV	1,000000	0,303722	0,012900		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
DRRV	0,447341	0,001649	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	0,118651
BERV	1,000000	0,239853	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	1,000000	0,531751	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	1,000000	1,000000	0,000882	1,000000	0,118651	1,000000	1,000000	

Kruskal-Wallis test, varijabla (VL/SL)

	SURK R:69,942	KURK R:109,52	SURV R:37,382	SARV R:126,67	DRRV R:81,257	BERV R:72,500	DURV R:86,545	MURV R:114,50
SURK		0,355199	1,000000	0,000587	1,000000	1,000000	1,000000	0,101792
KURK	0,355199		0,001233	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SURV	1,000000	0,001233		0,000000	0,171001	1,000000	0,529455	0,000195
SARV	0,000587	1,000000	0,000000		0,005524	0,254876	0,771062	1,000000
DRRV	1,000000	1,000000	0,171001	0,005524		1,000000	1,000000	0,573479
BERV	1,000000	1,000000	1,000000	0,254876	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	1,000000	1,000000	0,529455	0,771062	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	0,101792	1,000000	0,000195	1,000000	0,573479	1,000000	1,000000	

Tablica P1. Nastavak

Kruskal-Wallis test, varijabla PreV/SL

	SURK R:67,942	KURK R:86,571	SURV R:98,500	SARV R:117,33	DRRV R:112,49	BERV R:108,88	DURV R:79,091	MURV R:56,708
SURK		1,000000	1,000000	0,005936	0,041443	1,000000	1,000000	1,000000
KURK	1,000000		1,000000	0,882345	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SURV	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,416197
SARV	0,005936	0,882345	1,000000		1,000000	1,000000	0,998912	0,000262
DRRV	0,041443	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	0,002826
BERV	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	0,510593
DURV	1,000000	1,000000	1,000000	0,998912	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	1,000000	1,000000	0,416197	0,000262	0,002826	0,510593	1,000000	

Kruskal-Wallis test, varijabla (PreA/SL)

	SURK R:73,250	KURK R:54,571	SURV R:109,79	SARV R:99,756	DRRV R:118,57	BERV R:121,63	DURV R:83,182	MURV R:88,917
SURK		1,000000	0,851632	1,000000	0,034170	0,757839	1,000000	1,000000
KURK	1,000000		0,049420	0,044359	0,000515	0,080255	1,000000	0,943773
SURV	0,851632	0,049420		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SARV	1,000000	0,044359	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
DRRV	0,034170	0,000515	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
BERV	0,757839	0,080255	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	1,000000	0,943773	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

Kruskal-Wallis test, varijabla (AL/SL)

	SURK R:41,558	KURK R:98,143	SURV R:33,441	SARV R:144,73	DRRV R:81,229	BERV R:73,375	DURV R:112,64	MURV R:111,92
SURK		0,010258	1,000000	0,000000	0,129984	1,000000	0,007314	0,000123
KURK	0,010258		0,006954	0,031515	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SURV	1,000000	0,006954		0,000000	0,079016	1,000000	0,004370	0,000134
SARV	0,000000	0,031515	0,000000		0,000005	0,016532	1,000000	0,460717
DRRV	0,129984	1,000000	0,079016	0,000005		1,000000	1,000000	0,907488
BERV	1,000000	1,000000	1,000000	0,016532	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	0,007314	1,000000	0,004370	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	0,000123	1,000000	0,000134	0,460717	0,907488	1,000000	1,000000	

Kruskal-Wallis test, varijabla (h/SL)

	SURK R:39,673	KURK R:21,810	SURV R:102,74	SARV R:106,96	DRRV R:126,91	BERV R:147,50	DURV R:138,27	MURV R:99,417
SURK		1,000000	0,005248	0,000013	0,000000	0,000023	0,000011	0,002701
KURK	1,000000		0,000129	0,000000	0,000000	0,000001	0,000000	0,000045
SURV	0,005248	0,000129		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SARV	0,000013	0,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
DRRV	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
BERV	0,000023	0,000001	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	0,827524
DURV	0,000011	0,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	0,002701	0,000045	1,000000	1,000000	1,000000	0,827524	1,000000	

Tablica P1. Nastavak

Kruskal-Wallis, varijabla (RD/SL)

	SURK R:120,63	KURK R:128,38	SURV R:105,03	SARV R:76,622	DRRV R:76,971	BERV R:62,500	DURV R:110,00	MURV R:87,833
SURK		1,000000	1,000000	0,026987	0,051374	0,221046	1,000000	0,903981
KURK	1,000000		1,000000	0,008300	0,016228	0,095036	1,000000	0,340869
SURV	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SARV	0,026987	0,008300	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
DRRV	0,051374	0,016228	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
BERV	0,221046	0,095036	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	0,903981	0,340869	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

Kruskal-Wallis test, varijabla (ALB/SL)

	SURK R:67,635	KURK R:75,190	SURV R:84,618	SARV R:114,09	DRRV R:102,09	BERV R:102,25	DURV R:112,64	MURV R:84,917
SURK		1,000000	1,000000	0,013831	0,390779	1,000000	0,582477	1,000000
KURK	1,000000		1,000000	0,183143	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SURV	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SARV	0,013831	0,183143	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	0,923508
DRRV	0,390779	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
BERV	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	0,582477	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	1,000000	1,000000	1,000000	0,923508	1,000000	1,000000	1,000000	

Kruskal-Wallis test, varijabla (DHL/SL)

	SURK R:121,13	KURK R:80,429	SURV R:91,971	SARV R:111,49	DRRV R:71,829	BERV R:75,375	DURV R:71,182	MURV R:94,125
SURK		0,290322	1,000000	1,000000	0,012156	1,000000	0,288177	1,000000
KURK	0,290322		1,000000	0,837217	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SURV	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SARV	1,000000	0,837217	1,000000		0,032178	1,000000	0,751175	1,000000
DRRV	0,012156	1,000000	1,000000	0,032178		1,000000	1,000000	1,000000
BERV	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	0,288177	1,000000	1,000000	0,751175	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

Kruskal-Wallis tes, varijabla (DLB/SL)

	SURK R:78,635	KURK R:53,190	SURV R:122,44	SARV R:98,667	DRRV R:103,37	BERV R:95,125	DURV R:113,18	MURV R:94,625
SURK		1,000000	0,264995	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
KURK	1,000000		0,002464	0,041350	0,021922	1,000000	0,081264	0,291483
SURV	0,264995	0,002464		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SARV	1,000000	0,041350	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
DRRV	1,000000	0,021922	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
BERV	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	1,000000	0,081264	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	1,000000	0,291483	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

Tablica P1. Nastavak

Kruskal-Wallis test, varijabla H/SL

	SURK R:40,096	KURK R:23,429	SURV R:138,38	SARV R:93,622	DRRV R:141,43	BERV R:130,00	DURV R:123,82	MURV R:88,583
SURK		1,000000	0,000000	0,001669	0,000000	0,001116	0,000477	0,043476
KURK	1,000000		0,000000	0,000026	0,000000	0,000060	0,000018	0,001572
SURV	0,000000	0,000000		0,102895	1,000000	1,000000	1,000000	0,103705
SARV	0,001669	0,000026	0,102895		0,002490	1,000000	1,000000	1,000000
DRRV	0,000000	0,000000	1,000000	0,002490		1,000000	1,000000	0,006431
BERV	0,001116	0,000060	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	0,000477	0,000018	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	0,043476	0,001572	0,103705	1,000000	0,006431	1,000000	1,000000	

Kruskal-Wallis test, varijabla (h/RD)

	SURK R:41,423	KURK R:24,048	SURV R:93,147	SARV R:111,42	DRRV R:127,03	BERV R:147,50	DURV R:119,36	MURV R:102,48
SURK		1,000000	0,061194	0,000004	0,000000	0,000035	0,001748	0,001890
KURK	1,000000		0,002553	0,000000	0,000000	0,000001	0,000062	0,000035
SURV	0,061194	0,002553		1,000000	0,958238	0,536854	1,000000	1,000000
SARV	0,000004	0,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
DRRV	0,000000	0,000000	0,958238	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
BERV	0,000035	0,000001	0,536854	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	0,001748	0,000062	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	0,001890	0,000035	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

Kruskal-Wallis test, varijabla (IO/HL)

	SURK R:43,904	KURK R:46,381	SURV R:118,79	SARV R:111,51	DRRV R:107,46	BERV R:128,50	DURV R:130,09	MURV R:91,875
SURK		1,000000	0,000257	0,000011	0,000161	0,003101	0,000267	0,048785
KURK	1,000000		0,001154	0,000148	0,001218	0,007295	0,000910	0,137471
SURV	0,000257	0,001154		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SARV	0,000011	0,000148	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
DRRV	0,000161	0,001218	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
BERV	0,003101	0,007295	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
DURV	0,000267	0,000910	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
MURV	0,048785	0,137471	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

Kruskal-Wallis test, varijabla (DHL/HL)

	SURK R:128,35	KURK R:93,952	SURV R:130,26	SARV R:48,422	DRRV R:96,114	BERV R:42,500	DURV R:117,68	MURV R:119,83
SURK		0,849144	1,000000	0,000000	0,600514	0,002450	1,000000	1,000000
KURK	0,849144		1,000000	0,040815	1,000000	0,619885	1,000000	1,000000
SURV	1,000000	1,000000		0,000003	0,919042	0,004358	1,000000	1,000000
SARV	0,000000	0,040815	0,000003		0,002589	1,000000	0,003981	0,000005
DRRV	0,600514	1,000000	0,919042	0,002589		0,321524	1,000000	1,000000
BERV	0,002450	0,619885	0,004358	1,000000	0,321524		0,078295	0,013041
DURV	1,000000	1,000000	1,000000	0,003981	1,000000	0,078295		1,000000
MURV	1,000000	1,000000	1,000000	0,000005	1,000000	0,013041	1,000000	

Tablica P2. Mann-Whitneyjev U test za usporedbu morfometrijskih omjera dvije populacije vrste *R. kesslerii*. Vrijednosti označene crvenom bojom su statistički značajne, $P < 1$.

Varijable	P-vrijednost	Broj uzoraka Sutla	Broj uzoraka Kupa
TL/SL	0,029864	26	21
PostD/SL	0,422307	26	21
PreD/SL	0,167534	26	21
HL/SL	0,630193	26	21
PreO/HL	0,050240	26	21
PO/HL	0,148637	26	21
PostO/HL	0,003259	26	21
DL/SL	0,838915	26	21
PL/SL	0,052805	26	21
VL/SL	0,011928	26	21
PreV/SL	0,210649	26	21
PreA/SL	0,120817	26	21
AL/SI	0,000015	26	21
h/SL	0,000007	26	21
RD/SL	0,570682	26	21
ALB/SL	0,585307	26	21
DLB/SL	0,070587	26	21
DHL/SL	0,007721	26	21
H/SL	0,003491	26	21
IO/HL	0,872499	26	21
h/RD	0,000205	26	21
DHL/HL	0,009925	26	21

Tablica P3. Udio varijabilnosti koji se odnosi na pojedinu komponentu PCA – analize morfolometrijskih omjera između dviju populacija vrste *R. kesslerii*.

Varijable	Komponenta 1	Komponenta 2
TL/SL	0,174506	-0,563553
PostD/SL	0,364914	-0,460161
PreD/SL	0,001654	0,426956
HL/SL	-0,082186	0,474239
PreO/HL	-0,361461	-0,257776
PO/HL	0,361781	0,136552
PostO/HL	0,262760	0,452786
DL/SL	0,209421	0,604775
PL/SL	0,571718	0,399471
VL/SL	0,547635	0,628921
PreV/SL	-0,182143	0,487067
PreA/SL	-0,624628	0,366073
AL/SL	0,804937	0,326243
h/SL	-0,647875	0,335587
RD/SL	0,412570	-0,200145
ALB/SL	0,102885	0,279012
DLB/SL	-0,412054	0,317948
DHL/SL	-0,330222	0,379370
H/SL	-0,621934	-0,069489
IO/HL	-0,243428	0,497980
h/RD	-0,697949	0,360579
DHL/HL	-0,199268	-0,125326

Tablica P4. Prikaz udjela pojedinih morfometrijskih omjera svih jediniki iz svih populacija u faktorima na temelju korelacije matrice.

Varijable	Factor 1	Factor 2
TL/SL	0,548219	-0,345090
PostD/SL	0,202532	-0,013035
PreD/SL	-0,205195	-0,123816
HL/SL	-0,616435	0,127055
PreO/HL	0,456051	-0,437114
PO/HL	-0,194558	0,368870
PostO/HL	-0,378946	-0,173820
DL/SL	-0,628383	0,562009
PL/SL	-0,132009	0,738232
VL/SL	-0,428224	0,731563
PreV/SL	-0,360453	-0,288856
PreA/SL	-0,455624	-0,460516
AL/SI	-0,611055	0,584662
h/SL	-0,731456	-0,419724
RD/SL	0,525392	0,335991
ALB/SL	-0,427808	0,175185
DLB/SL	-0,202157	-0,119868
DHL/SL	-0,285459	0,100423
H/SL	-0,516516	-0,623860
IO/HL	-0,650272	-0,349242
h/RD	-0,782660	-0,462830
DHL/HL	0,380450	-0,153888

Tablica P5. Prikaz svojstvenih vrijednosti (eigenvalues) i udjela varijabilnosti koji se odnosi na pojedini faktor PCA- analize morfolometrijskih omjera svih jedinki iz svih populacija.

Value number	Eigenvalue	% varijabilnosti	Ukupan Eigenvalue	Ukupan % varijabilnosti
1	5,023053	22,83206	5,02305	22,8321
2	3,634708	16,52140	8,65776	39,3535
3	2,161528	9,82513	10,81929	49,1786
4	1,458964	6,63166	12,27825	55,8102
5	1,300970	5,91350	13,57922	61,7237
6	1,131607	5,14367	14,71083	66,8674
7	1,061346	4,82430	15,77218	71,6917
8	0,912799	4,14909	16,68498	75,8408
9	0,876508	3,98413	17,56148	79,8249
10	0,817500	3,71591	18,37898	83,5408
11	0,699216	3,17825	19,07820	86,7191
12	0,544703	2,47592	19,62290	89,1950
13	0,494320	2,24691	20,11722	91,4419
14	0,337935	1,53607	20,45516	92,9780
15	0,315546	1,43430	20,77070	94,4123
16	0,291607	1,32549	21,06231	95,7378
17	0,259664	1,18029	21,32197	96,9181
18	0,226730	1,03059	21,54870	97,9487
19	0,197699	0,89863	21,74640	98,8473
20	0,173516	0,78871	21,91992	99,6360
21	0,074195	0,33725	21,99411	99,9732
22	0,005887	0,02676	22,00000	100,0000

Tablica P6. Prikaz srednjih vrijednosti morfometrijskih omjera. Slovo „k“ ispod naziva rijeka označava vrstu *R. kesslerii*, a slovo „v“ vrstu *R. vladykovi*.

Mjera	Populacije								
		Sutla v	Sutla k	Sava v	Kupa k	Drava v	Bednja v	Dunav v	Mura v
SL/TL	\bar{x}	0,805	0,809	0,792	0,815	0,802	0,814	0,805	0,801
PostD/SL	\bar{x}	0,414	0,413	0,410	0,416	0,418	0,424	0,425	0,418
PreD/SL	\bar{x}	0,468	0,471	0,470	0,474	0,470	0,474	0,463	0,472
PreA/SL	\bar{x}	0,704	0,698	0,709	0,694	0,713	0,713	0,699	0,705
PreV/SL	\bar{x}	0,484	0,484	0,494	0,486	0,494	0,492	0,483	0,469
DL/SL	\bar{x}	0,222	0,224	0,243	0,225	0,229	0,224	0,235	0,236
PL/SL	\bar{x}	0,202	0,214	0,207	0,219	0,201	0,197	0,204	0,212
VL/SL	\bar{x}	0,164	0,171	0,181	0,176	0,168	0,165	0,169	0,175
AL/SL	\bar{x}	0,163	0,170	0,193	0,178	0,175	0,172	0,182	0,181
ALB/SL	\bar{x}	0,091	0,090	0,097	0,091	0,095	0,095	0,097	0,093
DLB/SL	\bar{x}	0,144	0,139	0,141	0,137	0,144	0,143	0,146	0,143
RD/SL	\bar{x}	0,205	0,207	0,197	0,207	0,196	0,193	0,204	0,199
DHL/SL	\bar{x}	0,214	0,213	0,214	0,210	0,209	0,210	0,208	0,213
HL/SL	\bar{x}	0,243	0,245	0,258	0,245	0,246	0,245	0,240	0,245
DHL/HL	\bar{x}	0,878	0,870	0,831	0,858	0,859	0,830	0,868	0,872
PO/HL	\bar{x}	0,261	0,263	0,298	0,269	0,270	0,257	0,291	0,274
PreO/HL	\bar{x}	0,391	0,383	0,333	0,375	0,384	0,393	0,390	0,369
PostO/HL	\bar{x}	0,404	0,414	0,423	0,426	0,423	0,464	0,413	0,414
Io/HL	\bar{x}	0,058	0,055	0,061	0,055	0,061	0,065	0,064	0,059
h/SL	\bar{x}	0,070	0,064	0,076	0,061	0,078	0,085	0,079	0,074
H/SL	\bar{x}	0,175	0,155	0,183	0,149	0,198	0,199	0,194	0,180
h/RD	\bar{x}	0,343	0,311	0,385	0,298	0,402	0,444	0,387	0,375