

Sezonska kompeticija u ishrani alohtone i autohtone vrste slatkovodnih riba - riječnog glavočića *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814) i grgeča *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758

Ceranić, Livija

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:639939>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

LIVIJA CERANIĆ

**SEZONSKA KOMPETICIJA U ISHRANI AUTOHTONE I
AUTOHTONE VRSTE SLATKOVODNIH RIBA – RIJEČNOG
GLAVOČIĆA *NEOGOBIOUS FLUVIATILIS* (PALLAS, 1814) I
GRGEČA *PERCA FLUVIATILIS* LINNAEUS, 1758**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2020.

Ovaj rad, izrađen u Zoologijskom zavodu, pod vodstvom doc. dr. sc. Zorana Marčića i doc. dr. sc. Mirele Sertić Perić, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra zaštite okoliša (mag. biol. oecol.).

ZAHVALA:

mentorima doc. dr. sc. Zoranu Marčiću i doc. dr. sc. Mireli Sertić Perić na profesionalnom vođenju, savjetima, prenesenom znanju, podršci i pomoći u bilo koje vrijeme,

javnoj ustanovi AQUATIKA – SLATKOVODNI AKVARIJ KARLOVAC na ustupanju prostora i dijela materijala u svrhu laboratorijskih istraživanja,

dr. sc. Goranu Jakšiću na određivanju i razradi teme, pomoći u biološkim i ekološkim metodama ovog istraživanja te svoj podršci, savjetima i prenesenom znanju,

prof. dr. sc. Marini Piria na iznimno korisnim sugestijama u procesu stvaranja rada i olakšavanju ekoloških izračuna putem programiranih jednadžbi,

Jurju Petraviću, mag. ing. agr. i Krešimiru Kuriju, dr. vet. med. na ulovu jedinki riječnog glavočića i grgeča,

te mojoj obitelji i prijateljima na podršci tijekom izrade ovog rada.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

**SEZONSKA KOMPETICIJA U ISHRANI ALOHTONE I AUTOHTONE VRSTE
SLATKOVODNIH RIBA – RIJEČNOG GLAVOČIĆA *NEOGOBIUS FLUVIATILIS*
(PALLAS, 1814) I GRGEČA *PERCA FLUVIATILIS* LINNAEUS, 1758**

Livija Ceranić
Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Posljednjih nekoliko desetljeća invazivni ponto-kaspijski glavoči, među kojima je i riječni glavočić *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814), uzrokovali su dramatične promjene struktura ribljih zajednica. Dokazano je da dolazi do značajnih preklapanja u ishrani glavoča i europskih autohtonih ribljih vrsta kao što je grgeč *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758. Riječni glavočić naseljava bočate i slatke vode, a pretpostavlja se da je balastnim vodama unesen u Hrvatsku, gdje je u velikoj mjeri migrirao u porječje rijeke Kupe. Naraste do 20 cm hraneći se vodenim beskralježnjacima i ribom. Grgeč naseljava tekućice i stajaćice, svejed je i kanibal koji naraste do 60 cm duljine. Cilj istraživanja bio je odrediti kvalitativni i kvantitativni sastav ishrane riječnog glavočića i grgeča te analizirati kompeticiju u ishrani ove dvije vrste tijekom različitih godišnjih doba. Također, cilj je bio odrediti duljinsko-masene odnose, indeks kondicije te spolnu i dobnu strukturu jedinki obje vrste tijekom različitih sezona te korelirati navedena biološka obilježja s ishranom obje vrste. Rezultati su pokazali da jedinke grgeča imaju imaju značajno veće prosječne vrijednosti totalne duljine i mase od jedinki riječnog glavočića. Kod obje vrste dobiven je pozitivan alometrijski rast što znači da jedinke napreduju više u masi, a ne duljini. Biološki značajna vrijednost Schoenerovog indeksa preklapanja prehrambenih navika dobivena je samo u siječnju vjerojatno zato što je raspoloživost hrane tada limitirana. U ostalim mjesecima nije opažena kompeticija za hranu između dvije istraživane vrste riba.

(41 stranica, 16 slika, 2 tablice, 77 literarnih izvora, jezik izvornika hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: riječni glavočić, grgeč, kompeticija, preklapanje ishrane, rijeka Kupa

Voditelj: Doc. dr. sc. Zoran Marčić

Doc. dr. sc. Mirela Sertić Perić

Ocjenitelji: doc. dr. sc. Zoran Marčić

izv. prof. dr. sc. Ana Galov

prof. dr. sc. Nenad Buzjak

prof. dr. sc. Blanka Cvetko Tešović

Rad prihvaćen: 10.9.2020.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

SEASONAL COMPETITION IN THE DIET OF NON-NATIVE AND NATIVE SPECIES OF FRESHWATER FISH – MONKEY GOBY *NEOGOBIOUS FLUVIATILIS* (PALLAS, 1814) AND PERCH *PERCA FLUVIATILIS* LINNAEUS, 1758

Livija Ceranić
Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

In the last few decades, invasive Ponto-Caspian gobies, including the monkey goby *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814), have caused dramatic changes in fish assemblage structures. Significant overlaps in the diet of gobies and native European fish species such as perch *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758, have been observed. Monkey goby inhabits brackish and fresh water and it is assumed that it was introduced in Croatia by ballast water migrating into the Kupa river basin in a large extent. It grows up to 20 cm feeding on aquatic invertebrates and fish. The perch inhabits flowing and stagnant water, it is an omnivore and a cannibal that grows up to 60 cm. The aim of the study was to determine the qualitative and quantitative diet composition of monkey goby and perch and to analyze the competition in the diet of these two species during different seasons. Also, the aim was to determine the length-mass ratios, condition factor and sex and age structure of individuals of both species during these seasons and to correlate these biological characteristics with the diet of both species. The results showed that perch individuals have significantly higher average total body length and mass than monkey goby individuals. In both species, positive allometric growth was observed, indicating that individuals progress more in mass than in length. The biologically significant value of the Schoener's dietary overlap index was obtained only in January, probably because the food availability was then limited. In other months, no competition for food between the two investigated species was observed.

(41 pages, 16 figures, 2 tables, 77 references, original in Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Keywords: monkey goby, perch, competition, diet overlap, Kupa river

Supervisors: Dr. Zoran Marčić, Asst. Prof.

Dr. Mirela Sertić Perić, Asst. Prof.

Reviewers: Dr. Zoran Marčić, Asst. Prof.

Dr. Ana Galov, Assoc. Prof.

Dr. Nenad Buzjak, Prof.

Dr. Blanka Cvetko Tešović, Prof.

Thesis accepted: 10.9.2020.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. INVAZIVNE VRSTE I NJIHOVO ŠIRENJE	1
1.2. RIJEČNI GLAVOČIĆ	2
1.3. GRGEČ	3
1.4. KOMPETICIJA ZA HRANU	4
1.5. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	5
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	6
3. MATERIJAL I METODE	8
3.1. PRIKUPLJANJE, BROJ UZORAKA I NJIHOVO ČUVANJE DO ANALIZE	8
3.2. PRIKUPLJANJE PODATAKA I OBRADA UZORAKA	8
3.2.1. MJERENJE DULJINA I MASA TE ODREĐIVANJE SPOLA I DOBI.....	8
3.2.2. IZOLIRANJE PROBAVILA, MJERENJE MASE PUNOG I PRAZNOG PROBAVILA TE IZOLIRANJE NJEGOVOG SADRŽAJA.....	9
3.2.3. ANALIZA SADRŽAJA PROBAVILA	9
3.3. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	9
3.3.1. DULJINSKO-MASENI ODNOSI	9
3.3.2. KONDICIJSKO STANJE RIBA.....	10
3.3.3. POSTOTAK UČESTALOSTI POJAVLJIVANJA.....	10
3.3.4. POSTOTAK BROJNOSTI.....	10
3.3.5. POSTOTAK MASE	11
3.3.6. KOEFICIJENT PUNOĆE PROBAVILA	11
3.3.7. PREKLAPANJE PREHRAMBENIH NAVIKA	11
3.3.8. KOEFICIJENT VAŽNOSTI ISHRANE.....	12
3.3.9. ANALIZA KOVARIJANCE (ANCOVA), ANALIZA VARIJANCE (ANOVA) I ANALIZA GLAVNIH KOMPONENATA (PCA).....	12
3.3.10. NEPARAMETRIJSKI TESTOVI	13
4. REZULTATI.....	14
4.1. DULJINSKO-MASENI ODNOSI	14
4.2. KONDICIJSKO STANJE RIBA.....	15
4.3. KOEFICIJENT PUNOĆE PROBAVILA	17
4.4. DOBNA I SPOLNA STRUKTURA.....	17
4.5. ANALIZA KOVARIJANCE	18
4.6. SEZONSKE RAZLIKE MJERENIH PARAMETARA	19
4.7. ANALIZA GLAVNIH KOMPONENATA	20

4.8. POSTOTAK BROJNOSTI ($N\%$).....	22
4.9. POSTOTAK MASE ($W\%$).....	24
4.10. POSTOTAK UČESTALOSTI POJAVLJIVANJA.....	25
4.11. SCHOENEROV INDEKS I KOEFICIJENT VAŽNOSTI ISHRANE	26
4.12. ANALIZA GLAVNIH KOMPONENATA PREMA ISHRANI	28
5. RASPRAVA.....	30
6. ZAKLJUČAK	33
7. LITERATURA.....	34
8. ŽIVOTOPIS	42

1. UVOD

1.1. INVAZIVNE VRSTE I NJIHOVO ŠIRENJE

Posljednjih nekoliko desetljeća invazivni ponto-kaspijski glavoči (Gobiidae), među kojima je i riječni glavočić *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814), transportirani su brodovima iz svojih prirodnih staništa u glavne europske luke odakle su migrirali u većinu europskih kopnenih voda (Jazdzewski i Konopacka, 2002; Copp i sur., 2005a; Polačik i sur., 2008; Leuven i sur., 2009; Manné i sur., 2013; Roche i sur., 2013; Povž, 2016; Jakšić i sur., 2016; Jakšić, 2016). U Hrvatskoj su, uz riječnog glavočića, zabilježene još tri vrste: Keslerov glavočić *Ponticola kessleri* (Günther, 1861), glavočić okrugljak *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) i *Babka gymnotrachelus* (Kessler, 1857) (Polačik i sur., 2008a; Piria i sur., 2011a, b; Šanda i sur., 2013; Jakovlić i sur., 2015). Sve se četiri vrste smatraju invazivnim (Copp i sur., 2005a). Pokazuju relativno visoki invazivni potencijal u balkanskim zemljama (Simonović i sur., 2013), kao i srednje visok i visok invazivni potencijal u Hrvatskoj (Piria i sur., 2016a). Svaka vrsta ovih glavoča ima svoje posebnosti u vezi zahtjeva staništa, ali mogu živjeti i na šljunčano-pjeskovitom i na kamenitom dnu (Kottelat i Freyhof, 2007; van Kessel i sur., 2011) do pet godina (Kottelat i Freyhof, 2007) dosežući maksimalnu standardnu duljinu od 220 mm (Erős i sur., 2005; Bogut i sur., 2006; Vassilev i sur., 2012). Hrane se beskralježnjacima i ribama (Kakareko i sur., 2005; Adámek i sur., 2007; Borza i sur., 2009; Grabowska i sur., 2009; Brandner i sur., 2013b; Piria i sur., 2016b; Jakšić i sur., 2016), što ovisi o vrsti staništa, dobu dana i godine, kao i veličini glavoča odnosno morfološkim karakteristikama vrste (Kornis i sur., 2012; Jakšić i sur., 2016). U hrvatskom dijelu dunavskog slijeva najzastupljeniji je, a i najviše se rasprostranio riječni glavočić (Piria i sur., 2011a; Jakovlić i sur., 2015), koji se širi i dalje. Tako je riječni glavočić lovljen u rijeci Savi i njenim pritokama, Kupi i Ilovi, a primijećen je i u rijeci Korani (Jakšić, 2016). Pronađen je na širokom rasponu supstrata, gotovo duž čitavog longitudinalnog profila rijeke Save i to je jedina vrsta glavoča nađena u njenim pritokama, pretežno na pješčanim podlogama (Jakovlić i sur., 2015). Unatoč tome, predloženo je (Čáková i sur., 2008) i indirektno potvrđeno prikupljenim podacima, da je invazivni potencijal i štetni utjecaj na autohtonu faunu nizak za riječnog glavočića, a visok za druge glavoče (Keslerovog glavočića i glavočića okrugljaka). Međutim, neka istraživanja (Jakovlić i sur., 2015) pokazuju da je riječni glavočić dominantan na mnogo proučavanih lokacija i da drugi glavoči nemaju značajno veći invazivni potencijal od riječnog glavočića u porječju rijeke Save. Spomenute dvije vrste glavoča (Keslerov glavočić i glavočić okrugljak) bile su ograničene samo na

plovidbene dosege, što je opet sugeriralo da bi brodovi mogli biti glavni vektori propagula (Jakovlić i sur., 2015). Sveprisutnost riječnog glavočića, uključujući mjesta dosta uzvodno od plovniha dosega, potvrđuju sposobnost neovisne migracije uzvodno. Sposobnost prelaska brana, vjerojatno koristeći trbušni disk (preobražene trbušne peraje) (Balážová-L'avrinčíková i Kováč, 2007), dokumentirana je i na rijeci Korani, gdje su primjerci pronađeni i iznad i ispod brane (Jakovlić i sur., 2015). U radu Jakovlić i sur. (2015) još se navodi da riječni glavočić ima visok invazivni potencijal u porječju rijeke Save, posebno u nekim njenim pritokama s prikladnim staništima. Ukupni omjeri alohtonih glavoča u ukupnoj populaciji riba u porječju rijeke Save znatno su niži od onih prijavljenjih za neke druge lokacije: 75% ukupnog ulova u Rajni (Borcherding i sur., 2011), gotovo 70% u slovačkom dijelu Dunava (Jurajda i sur., 2005.), a oko 50% u austrijskom dijelu (Polačik i sur., 2008a). U tim istraživanjima dominantne vrste bile su Keslerov glavočić i glavočić okrugljak, dok je omjer riječnog glavočića bio relativno nizak. To može ukazivati da, iako riječni glavočić ima veliki potencijal za širenje u porječju rijeke Save, može se očekivati da će gustoća populacija ostati relativno niska. Također, treba napomenuti da su promatrane gustoće populacija znatno varirale između uzoraka što se može pripisati raznim čimbenicima (metodi uzorkovanja, promjeni vodostaja, sezonskim migracijama,...) (Jakovlić i sur., 2015).

1.2. RIJEČNI GLAVOČIĆ

Riječni glavočić (Slika 1) je izrazito eurihalina vrsta, autohtona za rijeke i estuarije Crnog i Azovskog mora te za Kaspijsko jezero. Posljednjih dvadeset godina, vrsta migrira uzvodno te je zabilježena u Zapadnom Bugu, pritoku rijeke Visle u Poljskoj, ali je brojna i u većim pritocima Dunava (Tisa u Mađarskoj, Sava u Hrvatskoj) (Horvatić i sur., 2015). Naseljava bočate i slatke vode, a pretpostavlja se da je balastnim vodama unesen u Hrvatsku gdje je u značajnijoj mjeri migrirao u porječje rijeke Kupe (Jakšić, 2016). Prvi put je registriran u Dunavu 1960. godine (Bănărescu, 1970). Istraživanjem vanjske morfologije ustanovljeno je da riječni glavočić ima značajno manju duljinu donje i gornje čeljusti od ostalih glavoča što pokazuje njegovu specijalizaciju prema hranidbenim svojstama manjih dimenzija (Čápvová i sur., 2008). Dosadašnja istraživanja sadržaja probavnog trakta riječnog glavočića ukazala su da je ishrana ove vrste vrlo raznolika, međutim u njoj prevladava beskralježnjačka fauna kukaca, ponajviše trzalci (Diptera, Chironomidae), tulari (Trichoptera) i vretenaca (Odonata) te školjkaši (Bivalvia) (Jakšić, 2016; Piria i sur., 2016b), a pretpostavlja se da se hrani i ribom (Jakšić i sur., 2016). Kottelat i Freyhof (2007) smatraju da riječni glavočić naraste do 20 cm

standardne duljine, a maksimalna zabilježena starost je 5 godina. Izrazito je svijetlog obojenja te se ponekad jedinke doimaju prozirnima, s teško uočljivim ljuskama. Prevladavajuća boja je sivkasto-smeđa s bijelim uzorcima te crno-smeđim nepravilnim točkama iznad bočne pruge. Leđna peraja je dvodijelna te se sastoji od dvije peraje, dok je trbušni disk (preobražene trbušne peraje) smješten neposredno uz baze prsnih peraja. Trbušne peraje spojene u tzv. „trbušni disk“, odnosno prijanjaljku pomoću koje jedinke stvaraju podtlak za prijanjanje uz podlogu. Približavanjem reproduktivne sezone, dolazi do izraženog spolnog dvočičja, kada mužjaci postaju kompletno tamnog obojenja, vitkijeg tijela te sami vrhovi dorzalne i kaudalne peraje poprimaju žućkasto-narančasto obojenje (Horvatić i sur., 2015). Prvi put se mrijeste s otprilike dvije godine starosti od travnja do srpnja, lokalno do rujna, kada je temperatura iznad 13°C (Kottelat i Freyhof, 2007).



Slika 1: Riječni glavočić (*Neogobius fluviatilis*) u svom prirodnom okruženju (fotografirao: Marin Jarnjak).

1.3. GRGEČ

Grgeč (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) (Slika 2) je autohton za područje Euroazije. Naseljava tekućice i stajaćice. Prilagođen je na različite vrste staništa, od slatkovodnih ribnjaka manjih od 0,01 km² do velikih područja s bočatom vodom poput obale Baltičkog mora (Lappalainen i sur., 2001). Svejed je i kanibal koji lovi uglavnom za vrijeme izlaska i zalaska sunca, koristeći sav dostupan plijen. Može narasti do 60 cm duljine. Tijelo je zelenkasto-žute boje s jasno odvojene dvije leđne peraje. Trbušne i podrepna peraja su žute do crvene boje.

Stražnji dio prednje leđne peraje ima tamnu mrlju, a na boku 5-8 podebljanih tamnih traka, obično oblika slova Y. Mužjaci dosežu spolnu zrelost s 1-2 godine starosti, a ženke s 2-4 godine starosti. Razmnožavaju se od veljače do srpnja (Kottelat i Freyhof, 2007), kada temperatura dostigne vrijednost iznad 6°C.



Slika 2: Grgeč (*Perca fluviatilis*) u svom prirodnom okruženju (fotografirao: Marin Jarnjak).

1.4. KOMPETICIJA ZA HRANU

Unos alohtonih vrsta glavni je uzrok ugroženosti ribljih zajednica u Hrvatskoj (Mrakovčić, 2006; Duplić, 2008). Dokazano je da su nedavno invazivni glavoči uzrokovali dramatične promjene struktura ribljih zajednica diljem europskih riječnih sustava (Piria i sur., 2016b; Jakšić, 2016; Jakšić i sur., 2016). Budući da su još uvijek u ekspanzijskom razdoblju invazije, a ekosustav se još uvijek prilagođava novim okolnostima, potrebno je kontinuirano praćenje dinamike populacija riba kako bi se utvrdili ishodi i učinci ove invazije (Piria i sur., 2016b) te treba razmotriti provedbu mjera za ograničenje njihovog širenja (Jakovlić i sur., 2015). Kao što je već spomenuto, osnovna hrana riječnog glavočića su beskralježnjaci, a nešto rjeđe ribe, dok su grgeči svejedi. U nekim istraživanjima (Copp i sur., 2008) dokazano je da dolazi do značajnih preklapanja u ishrani glavoča i europskih autohtonih ribljih vrsta pa je predložena i mogućnost kompeticije za hranu između ponto-kaspijskih glavoča i grgeča. Važno

je ustanoviti u kojoj mjeri se preklapaju prehrambene navike riječnog glavočića i domaćeg grgeča, kako bi se dobila kompletnija slika o njihovom suživotu i kako bi se moglo procijeniti na koji način preklapanja u ishrani ovih vrsta mogu utjecati na njihova biološka obilježja (npr. na morfometrijska obilježja, dob i spol).

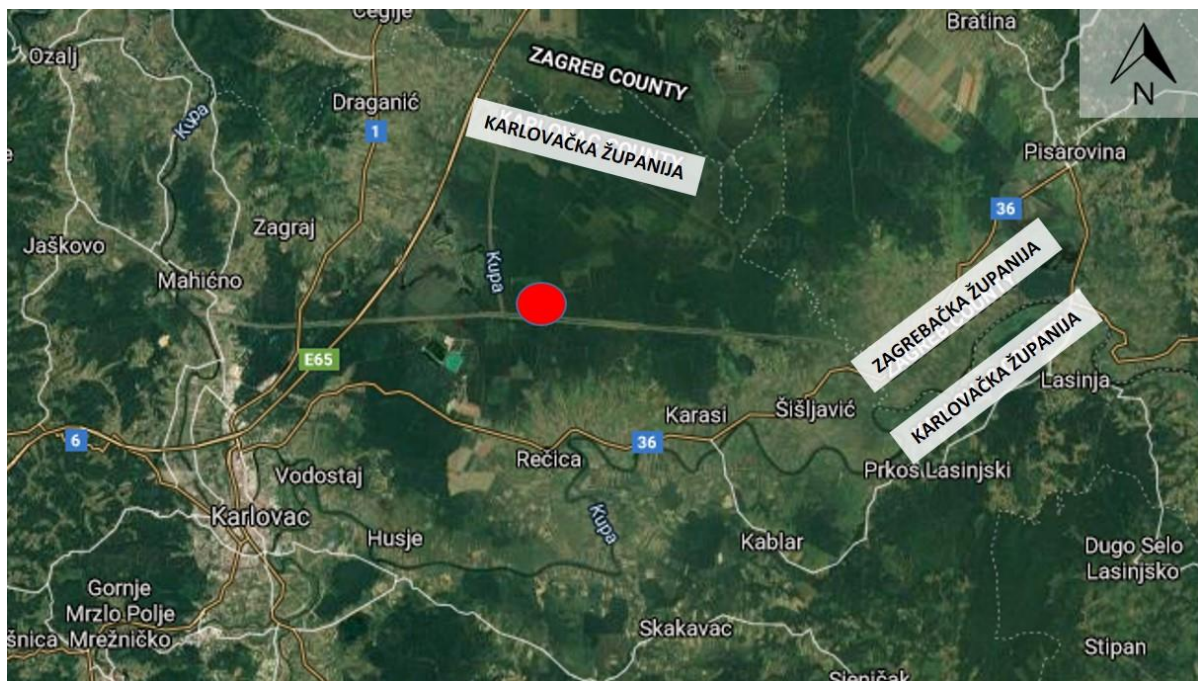
1.5. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja jest odrediti kvalitativni i kvantitativni sastav ishrane riječnog glavočića i grgeča te analizirati kompeticiju u ishrani ove dvije vrste tijekom različitih godišnjih doba. Specifični ciljevi ovog istraživanja su analizirati i usporediti: (i) sastav makrobeskralježnjačke faune u sadržaju probavila jedinki riba, (ii) duljinsko-masene odnose dviju odabranih vrsta riba, (iii) indeks kondicije i (iv) spolnu i dobnu strukturu jedinki riječnog glavočića i grgeča tijekom jeseni, zime i proljeća 2019./20. godine te (v) korelirati navedena biološka obilježja (duljinsko-masene odnose, indeks kondicije, spolnu i dobnu strukturu) s ishranom obje vrste tijekom tri godišnja doba (jesen, zima i proljeće).

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Analizirani uzorci riječnog glavočića i grgeča prikupljeni su elektroagregatom (Hans Grassl 1,20 kW) u kanalu Kupa-Kupa u mjestu Rečica blizu Karlovca (Slika 3). Uzorkovanje riba bio je uvodni dio istraživanja koji se provodio kroz različita godišnja doba tijekom (zimu, proljeće i jesen) 2019. i 2020. godine. Kanal Kupa-Kupa izgrađen je u svrhu zaštite grada Karlovca i okolnih mjesta od poplava koje su za posljedicu imale štetno djelovanje na zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu te gospodarsku aktivnosti (URL 1.). Kanal je sagrađen 1984. godine (Mujić, 2016) i dug je 21,8 km (Hrvatske vode, 2014). Povezuje srednji i donji tok rijeke Kupe od mjesta Mahično do Donje Kupčine. Supstrat na dnu kanala varira. Na samom početku, blizu mjesta Mahično, dno je kanalizirano betonom, bez ostataka sedimenta, dok je u svom središnjem dijelu prekriven mekanim zemljanim supstratom (blatom). Završna trećina kanala ima kamenito dno sa stijenama manje veličine. Rubovi kanala su bez vegetacije i redovito se kose (Petravić i sur., 2020).

Korito rijeke Kupe zauzima prijelazni prostor koji povezuje dinarsko i panonsko područje, a proteže se od izvorišta Kupe u planinskim predjelima Gorskog Kotara (unutar Nacionalnog parka Risnjak (URL 2) do posavskih nizina na ušću u Savu kod Siska. Ukupna dužina toka rijeke Kupe iznosi 295 km, a ukupna površina 9993 km², s glavnim pritocima Dobrom, Koranom s Mrežnicom i Glinom s desne te Kupčinom i Odrom s lijeve strane (Hrvatske vode, 2014). Rijeka pripada crnomorskom slijevu (URL 2). U gornjem toku rijeka Kupa se probija kroz šumovit kanjon, a kod Ozlja ulazi u ravničarski tok (Jakšić, 2016). U gornjem dijelu toka rijeke Kupe moguće je pronaći potočnu i kalifornijsku pastrvu, lipljena i mladicu. U srednjem dijelu toka podusta, mrenu, klena, ploticu i također mladicu, a u donjem dijelu toka šarana, soma, štuku, grgeča, deveriku, jeza te ostale ciprinidne vrste nizinskih voda dunavskog slijeva (URL 3).



Slika 3: Lokacija uzorkovanja riba u kanalu Kupa-Kupa u mjestu Rečica blizu Karlovca (crvena točka označava mjesto uzorkovanja, mjerilo = 1:20000).

3. MATERIJAL I METODE

3.1. PRIKUPLJANJE, BROJ UZORAKA I NJIHOVO ČUVANJE DO ANALIZE

Ukupan broj ulovljenih riba iznosio je 94 od čega su 54 jedinke determinirane kao riječni glavočić (*Neogobius fluviatilis*), a 40 jedinki kao grgeč (*Perca fluviatilis*). Determinacija riba provedena je prema Kottelat i Freyhof (2007). Uzorci su prikupljeni u razdoblju od siječnja 2019. do siječnja 2020. godine elektroagregatom (Hans Grassl 1,20 kW) te su bili pohranjeni u zamrzivač do daljnje obrade.

3.2. PRIKUPLJANJE PODATAKA I OBRADA UZORAKA

3.2.1. MJERENJE DULJINA I MASA TE ODREĐIVANJE SPOLA I DOBI

Nakon odmrzavanja, ribama je izmjerena totalna (*TL*) i standardna (*SL*) duljina tijela. Za mjerenje totalne duljine od najizbočenijeg dijela glave ribe do najdužeg vrha repne peraje (*TL*) i standardne duljine tijela od najizbočenijeg dijela glave ribe do granice zadnjih ljustaka bočne pruge i repne peraje (*SL*) (Duplić, 2008) koristio se milimetarski papir uz točnost od 0,1 cm, a za analizu mase (*W*) analitička vaga (HCB1002, max: 1000 g * 0,01 g). Duljina i masa riba su temeljne vrijednosti iz kojih se odgovarajućim statističkim postupcima može zaključiti mnogo o stanju pojedinih ribljih populacija te vršiti procjene i predviđanja njihovog razvoja (Le Cren, 1951).

Dob jedinki određena je analizom ljustaka. Ljuske su uzimane s bočnih strana tijela ispod osnove leđne peraje. Na ljuskama slatkovodnih riba umjerenog pojasa, zbog sezonskog rasta, razlikujemo zone prirasta (anule) (Duplić, 2008). S rastom riba rastu i njihove koštane strukture, što se na njihovim ljuskama može vidjeti u obliku prstenova priraštaja. U vegetacijskom periodu, u doba aktivne ishrane, razmaci između prstenova su veći te nastaje svjetlije područje. U zimskom periodu, kada ishrana prestaje, nastaje tamnije područje (anulus), što označuje jednu godinu starosti ribe (Treer, 2008). Spol jedinki odredio se pregledom gonada tijekom sekcije.

3.2.2. IZOLIRANJE PROBAVILA, MJERENJE MASE PUNOG I PRAZNOG PROBAVILA TE IZOLIRANJE NJEGOVOG SADRŽAJA

Iz analiziranih jedinki izdvojeno je probavilo nakon rezanja kod jednjaka i analnog otvora, pri čemu je izmjerena i njegova duljina za potrebe daljnjih analiza. Izoliran je sadržaj probavila, izmjeren i izvagan kao mokra masa analitičkom vagom (HCB1002, max: 1000 g * 0,01 g) te fiksiran u 96%-tnom etanolu u numerirane sterilne epruvete, kako bi se naknadno mogao laboratorijski obraditi. Probavilo riba vagano je i nakon pražnjenja, u svrhu naknadnog izračuna indeksa ispunjenosti i praznosti probavila.

3.2.3. ANALIZA SADRŽAJA PROBAVILA

Iz sadržaja probavila su se, pomoću lupe, izolirali organizmi (makrobeskralježnjačka fauna i ribe), koji su se potom determinirali do najmanje moguće taksonomske razine (uglavnom reda) prema odgovarajućoj literaturi. Za determinaciju je korištena literatura i pojednostavljeni ključevi za determinaciju (Kerovec, 1986; Stroud WRC, 2020). Odredio se kvalitativan i kvantitativan sastav makrobeskralježnjačke faune te riba u ishrani obje vrste riba te frekvencija (postotak učestalosti) pojavljivanja pojedinog reda makrobeskralježnjaka i riba u ishrani riba.

3.3. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Svi navedeni podaci su sumirani, analizirani te prikazani grafički ili tablično pomoću računalnog programa Microsoft Office Excel, a pomoću statističkog programa Statistica 10 (Statsoft Inc. 2013) podaci su statistički analizirani (detalji u poglavlju 3.3.9.).

3.3.1. DULJINSKO-MASENI ODNOSI

Iz dobivenih vrijednosti za totalnu duljinu (TL) i masu (W) riba analizirali su se duljinsko-maseni odnosi, pomoću jednadžbe (Le Cren, 1951):

$$W = a \times TL^b$$

gdje su a i b koeficijenti izračunati pomoću linearne regresije. Koeficijent b kreće se oko vrijednosti 3, no odstupanja mogu biti znatna i to nam govori o prirodi rasta riba. Ako je $b = 3$, tada govorimo o izometrijskom rastu kod kojega ribe dobivaju podjednako i u masi i u duljini.

Pri $b > 3$ ribe napreduju više u masi i to je pozitivan alometrijski rast, dok je negativan alometrijski rast kada je $b < 3$, a ribe dobivaju više na duljini (Treer i Piria, 2019).

3.3.2. KONDICIJSKO STANJE RIBA

Kondicijsko stanje riba se također računa na temelju njihovih duljina i masa. Fultonov ili kubični faktor kondicije (K) (Ricker, 1975) izražava masu ribe u kubiku njezine duljine, a analizira se pomoću jednadžbe:

$$K = \frac{W}{TL^3} \times 100$$

Ovaj faktor dobro pokazuje opće stanje riba, kao i promjene koje se događaju zavisno o lokaciji i fiziološkim ciklusima u životu riba (Treer i Piria, 2019).

3.3.3. POSTOTAK UČESTALOSTI POJAVLJIVANJA

Metodom postotka učestalosti (frekventnosti, $F\%$) svojti plijena u probavilu riba odredila se frekvencija za svaku hranidbenu svojtu ili plijen, koja se je u konačnici izrazila kao postotak frekvencija svih nađenih organizama (Holden i Raitt, 1974; Treer i Piria, 2019). Pritom se svakoj proučavanoj jedinki riba, odnosno svakom pojedinom probavilu, za određenu konzumiranu svojtu plijena dodijelila „nula“ ili „jedinica“, što ukazuje je li određeni plijen „prisutan“ ili „nije prisutan“ u probavilu riba. Zbroj prisutnih svojti označava zbroj frekvencija, nakon čega je izračunat postotak (Treer i Piria, 2019). Izračunava se prema formuli:

$$F\% = \frac{f_i}{\sum f} \times 100$$

gdje je f_i frekvencija jedne svojte plijena, a $\sum f$ ukupna frekvencija svih svojti.

3.3.4. POSTOTAK BROJNOSTI

Metodom postotka brojnosti ($N\%$) (Holden i Raitt, 1974) prikazao se broj jedne konzumirane svojte plijena u odnosu na ukupan broj svih svojti plijena pronađenih u probavilima. Izračunava se prema formuli:

$$N\% = \frac{n_i}{\sum n} \times 100$$

gdje je n_i broj svojti plijena, a $\sum n$ ukupan broj svih svojti plijena.

3.3.5. POSTOTAK MASE

Kod metode postotka mase ($W\%$) ili gravimetrijske metode (Holden i Raitt, 1974), svaka svojta se sortira, identificira se do najniže taksonomske razine i određuje se suha masa ili masa vlažnoga plijena. Vrijednosti za različite svojte su sumirani i prikazani kao postoci mase cjelokupne hrane u svim uzorcima (Treer i Piria, 2019). U našem istraživanju odredila se masa vlažnog plijena odmah nakon izoliranja iz probavila. Postotak mase računa se kao:

$$W\% = \frac{W_i}{\sum W} \times 100$$

gdje je W_i masa jedne svojte plijena, a $\sum W$ ukupna masa svojti.

3.3.6. KOEFICIJENT PUNOĆE PROBAVILA

Promjene u navikama hranjenja analizirane su pomoću koeficijenta punoće ($Jr\%$) i praznosti probavila ($V\%$) (Windell, 1971). Koeficijent punoće probavila primjenjuje se na svojte u probavilu ili na hranu u cijelom probavnom traktu, a izražava se formulom:

$$Jr\% = \frac{\text{masa sadržaja probavila}}{\text{masa ribe}} \times 100$$

Često se koristi za praćenje dnevne i sezone promjene ishrane (Treer i Piria, 2019).

Broj praznih probavila izraženi su u postocima s obzirom na ukupan broj svih istraženih probavila, a izražava se formulom:

$$V\% = \frac{\text{broj praznih probavila}}{\text{ukupan broj svih istraženih probavila}} \times 100$$

Ovaj koeficijent često se upotrebljava za determinaciju sezone aktivnosti proučavane vrste i ritma hranjenja (Treer i Piria, 2019).

3.3.7. PREKLAPANJE PREHRAMBENIH NAVIKA

Kako bi ustanovili preklapaju li se prehrambene navike dviju ili više istraživanih vrsta riba međusobno i u kojoj mjeri, upotrebili smo Schoenerov indeks ili indeks preklapanja prehrambenih navika (α) (Schoener, 1970):

$$\alpha = 1 - 0,5 \left(\sum_{i=1}^n |PV_{xi} - PV_{yi}| \right)$$

gdje je n broj svojti plijena, PV_{xi} proporcija konzumirane svojte i kod vrste x , a PV_{yi} proporcija konzumirane svojte i kod vrste y .

Vrijednosti indeksa varira od 0 (nema preklapanja ishrane) do 1 (potpuno preklapanje ishrane). Vrijednosti veće od 0,60 označavaju biološki signifikantnu vrijednost i dokazuju međusobnu kompeticiju ako je raspoloživost hrane limitirana, dok vrijednosti veće od 0,80 označavaju vrlo sličnu ishranu (Zaret i Rand, 1971; Krebs, 1999; Lorenzoni i sur., 2002; Encina i sur., 2004). Pregledi preklapanja ishrane kod različitih vrsta riba pokazuju da Schoenerov indeks daje dobru procjenu kompeticije u ishrani (Wallace, 1981).

3.3.8. KOEFICIJENT VAŽNOSTI ISHRANE

Najčešće korišten indeks u procjeni važnosti svojti plijena jest koeficijent relativnog značenja (IRI) u kojem je sadržana suma postotka učestalosti pojavljivanja, postotka brojnosti i postotka mase. Iz tih vrijednosti se najprije generirao koeficijent apsolutnog značenja (IAI_a):

$$IAI_a = F\% + N\% + W\%$$

Suma vrijednosti koeficijenata apsolutnog značenja upotrebila se u kalkulaciji koeficijenata relativnog značenja svake svojte plijena (Hodgson i Kitchell, 1987):

$$IRI = 100 \times \frac{IAI_a}{\sum_{a=1}^n IAI_a}$$

gdje je a specifična hranidbena kategorija, a n broj različitih tipova hrane.

Moguće su vrijednosti za IRI koeficijent za svaki tip prehrane od 0 do 100 (Hodgson i sur., 1989).

3.3.9. ANALIZA KOVARIJANCE (ANCOVA), ANALIZA VARIJANCE (ANOVA) I ANALIZA GLAVNIH KOMPONENATA (PCA)

Za utvrđivanje značajnih razlika u biološkim obilježjima riječnog glavočića i grgeča i u postotku učestalosti pojedinih svojti makrobeskralježnjačkog plijena i riba u probavilima riječnog glavočića i grgeča, provedena je analiza varijance s kontrolom kovarijabli

(ANCOVA). Pri tome je „dob ribe“ tretirana kao kovarijabla (metrička varijabla koja može imati utjecaja na rezultate analize, a razlikuje se među analiziranim jedinkama riječnog glavočića i grgeča). Analiza varijance (ANOVA) se koristila za utvrđivanje razlika između sezona (jesen vs. zima vs. proljeće), a Analiza glavnih komponenti (eng. Principal Component Analysis (PCA)) da bi se kvantificirale razlike između dviju vrsta riba i triju sezona temeljem mjerenih morfometrijskih podataka, odnosno bioloških obilježja riba. Svi podaci prije provedbe statističkih analiza su logaritmirani ($\log(x + 1)$). Naime, odstupa li razdioba podataka značajno od normalne razdiobe (što je bio naš slučaj), izvorni podaci se moraju transformirati (najčešće logaritmirati), kako bi podaci poprimili normalnu razdiobu.

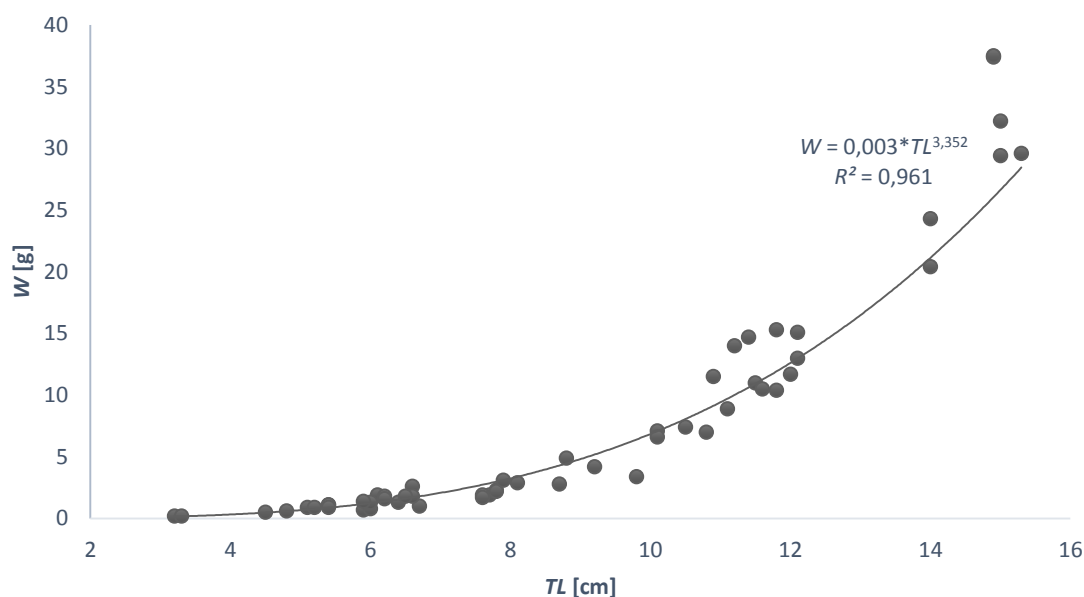
3.3.10. NEPARAMETRIJSKI TESTOVI

Prilikom statističke obrade podataka korišteni su i neparametrijski testovi: Kruskal-Wallis i Mann-Whitney U-test. Kruskal-Wallis test predstavlja neparametrijski oblik ANOVA-e te se koristi za usporedbu tri ili više populacija/skupina podataka. U ovom istraživanju korišten je za usporedbu podataka sakupljenih tijekom tri godišnja doba (zima, proljeće i jesen). Mann-Whitney U-test, koji predstavlja neparametrijski oblik t-testa, koristi se za usporedbu dviju populacija/skupina podataka, a u ovom istraživanju korišten je za usporedbu podataka između dviju vrsta (riječnog glavočića i grgeča).

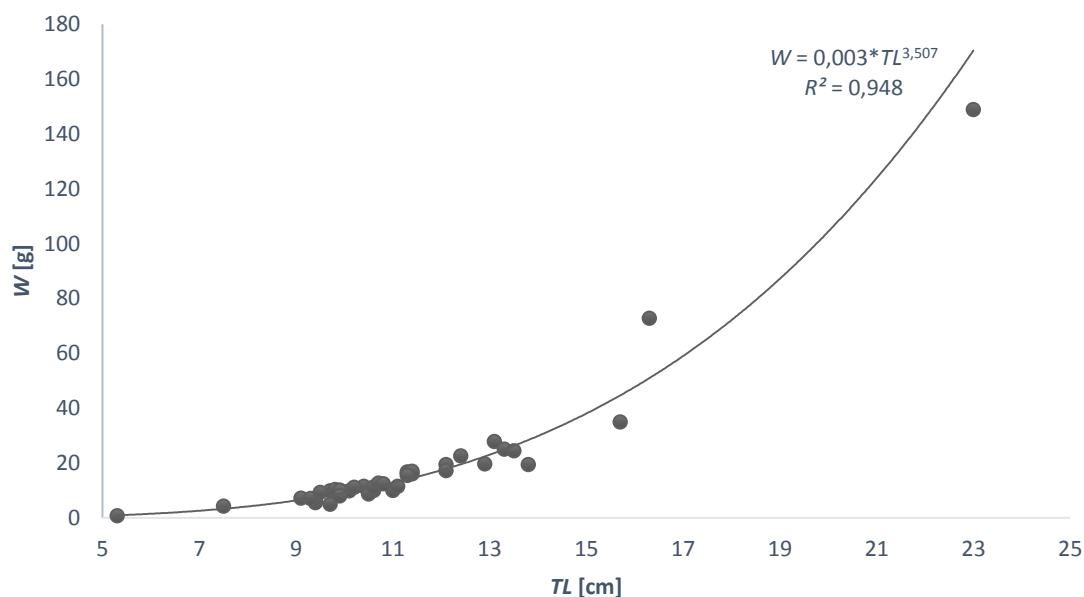
4. REZULTATI

4.1. DULJINSKO-MASENI ODNOSI

Totalna duljina 54 izmjerene jedinke riječnog glavočića nalazi se u intervalu od 3,2 do 15,3 cm s prosječnom vrijednosti od 8,9 cm. Njihova masa varirala je od 0,2 do 37,5 g s prosječnom vrijednosti od 8,0 g. Duljinsko-maseni odnosi riječnog glavočića određeni su jednadžbom $W = 0,003 * TL^{3,352}$ (Slika 4). Koeficijent b iznosi 3,352 ($b > 3$) što znači da ribe napreduju više u masi i to je pozitivan alometrijski rast. Kod 40 izmjerenih jedinki grgeča totalna duljina nalazi se u intervalu od 5,3 do 23,0 cm s prosječnom vrijednosti od 11,2 cm, a masa se kretala od 0,8 do 149,0 g s prosječnom vrijednosti od 18,2 g. Duljinsko-maseni odnosi grgeča definirani su jednadžbom $W = 0,003 * TL^{3,507}$ (Slika 5). Kao i kod riječnog glavočića, koeficijent b veći je od 3 ($b = 3,507$; $b > 3$) pa ribe napreduju više u masi, dakle imaju pozitivan alometrijski rast.



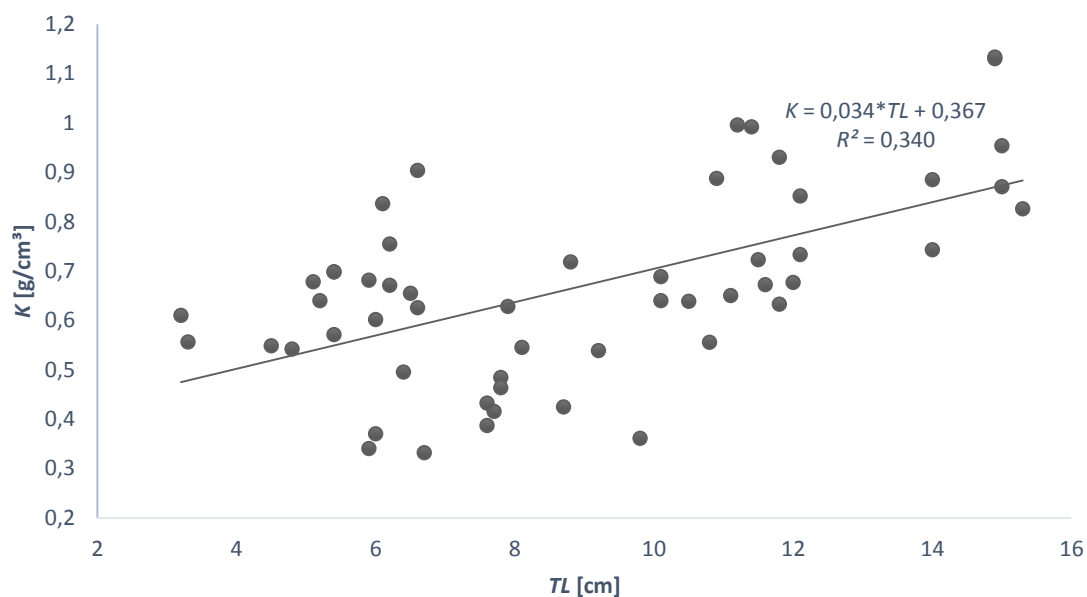
Slika 4: Odnos totalne duljine (TL) i mase (W) kod riječnog glavočića (*N. fluviatilis*) (R^2 – koeficijent determinacije).



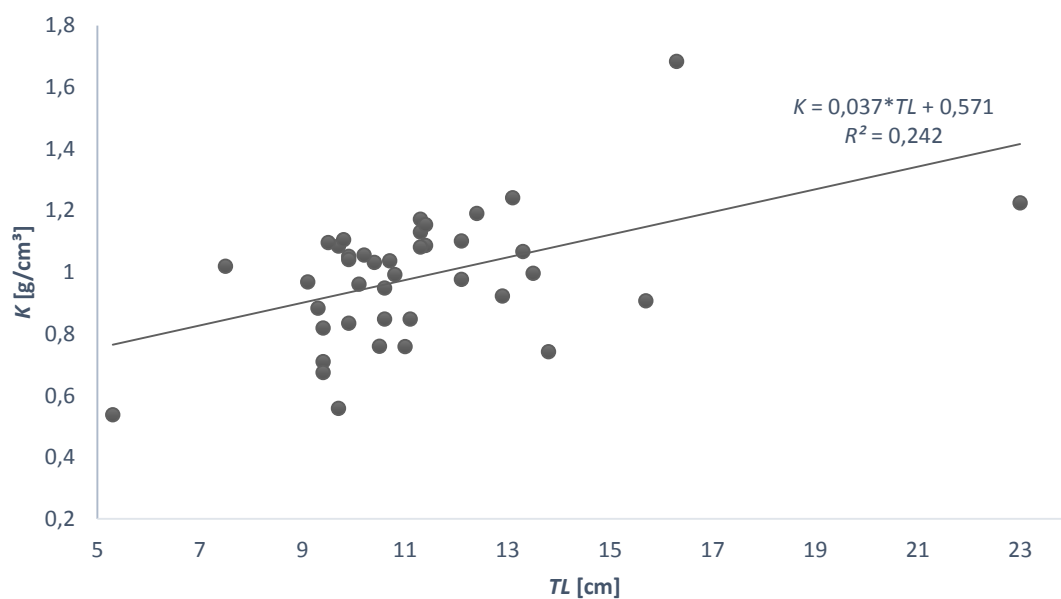
Slika 5: Odnos totalne duljine (TL) i mase (W) kod grgeča (*P. fluviatilis*) (R^2 – koeficijent determinacije).

4.2. KONDICIJSKO STANJE RIBA

Kod obje vrste dolazi do povećanja vrijednosti Fultonovog faktora kondicije (K) kako se povećava totalna duljina (TL) riba. Fultonov faktor kondicije nalazi se u intervalu od 0,33 do 1,13 g/cm³ kod riječnog glavočića (Slika 6), a kod grgeča u intervalu od 0,54 do 1,68 g/cm³ (Slika 7). Srednja vrijednost Fultonovog faktora kondicije sa standardnom devijacijom (SD) kod riječnog glavočića iznosi $K = 0,67 \text{ g/cm}^3 \pm 0,19 \text{ g/cm}^3$, a kod grgeča $K = 0,98 \text{ g/cm}^3 \pm 0,20 \text{ g/cm}^3$. Uspoređujući Fultonov faktor kondicije posebno za svako godišnje doba unutar vremenskog perioda ovog istraživanja (2019.-2020. godine) opaža se da je srednja vrijednost Fultonovog faktora kondicije za obje vrste najmanja u proljeće (Tablica 1).



Slika 6: Odnos Fultonovog faktora kondicije (K) i totalne duljine (TL) riječnog glavočića (*N. fluviatilis*) (R^2 – koeficijent determinacije).



Slika 7: Odnos Fultonovog faktora kondicije (K) i totalne duljine (TL) grgeča (*P. fluviatilis*) (R^2 – koeficijent determinacije).

Tablica 1: Fultonov faktora kondicije ($K \pm SD$) po godišnjim dobima unutar vremenskog perioda istraživanja (2019.-2020.godina) za grgeča i riječnog glavočića.

	ZIMA 2019.	PROLJEĆE 2019.	JESEN 2019.	ZIMA 2020.
GRGEČ (<i>Perca fluviatilis</i>)	$0,93 \pm 0,24$ g/cm ³	$0,91 \pm 0,20$ g/cm ³	$0,99 \pm 0,08$ g/cm ³	$1,15 \pm 0,22$ g/cm ³
RIJEČNI GLAVOČIĆ (<i>Neogobius fluviatilis</i>)	$0,62 \pm 0,18$ g/cm ³	$0,55 \pm 0,12$ g/cm ³	$0,66 \pm 0,10$ g/cm ³	$1,00 \pm 0,11$ g/cm ³

4.3. KOEFICIJENT PUNOĆE PROBAVILA

Koeficijent punoće probavila ($Jr\%$) kod riječnog glavočića se nalazi u intervalu od 0,13 do 5,00% s prosječnom vrijednosti od 1,43%, a kod grgeča u intervalu od 0,04 do 7,02% s prosječnom vrijednosti od 1,26%. Iako je najveća vrijednost koeficijenta dobivena kod jedinke grgeča, prosječna vrijednost ipak je nešto viša kod riječnog glavočića. Najniža vrijednost koeficijenta kod jedinki grgeča dobivena je u siječnju 2020.godine ($Jr\% = 0,42$), a najviša u travnju prethodne godine ($Jr\% = 1,79$). Iako je dobiveno da je u siječnju 2020. najniža vrijednost ovog koeficijenta, u istom razdoblju prethodne godine dobivena je puno viša vrijednost ($Jr\% = 1,69$). Kod jedinki riječnog glavočića najniža vrijednost ovog koeficijenta dobivena je u siječnju 2020. ($Jr\% = 0,44$), a najviša u siječnju 2019.godine ($Jr\% = 1,70$). Kod obje vrste koeficijent praznosti probavila ($V\%$) iznosi 0% što znači da nijedna jedinka obje vrste riba nije imala u potpunosti prazno probavilo.

4.4. DOBNA I SPOLNA STRUKTURA

Za obje vrste opažen je širok raspon duljina i masa što sugerira prisutnost različitih dobnih klasa. Od ukupno 94 jedinke analizom gonada određeno je da su 21 jedinka ženke (10 jedinki grgeča i 11 riječnog glavočića), a 73 jedinke mužjaci (30 jedinki grgeča i 43 riječnog glavočića). Srednja vrijednost totalnih duljina ženki iznosi 10,8 cm, a mužjaka 9,62 cm. Gledajući posebno po vrstama, srednja vrijednost totalnih duljina ženki grgeča iznosi 11,45 cm, a riječnog glavočića 10,25 cm dok srednja vrijednost mužjaka grgeča iznosi 11,14 cm, a riječnog glavočića 8,55 cm. Iz ovoga se može zaključiti da su ženke obje vrste u prosjeku veće od mužjaka.

U tablici 2 prikazana je brojnost i dob analiziranih jedinki grgeča i riječnog glavočića.

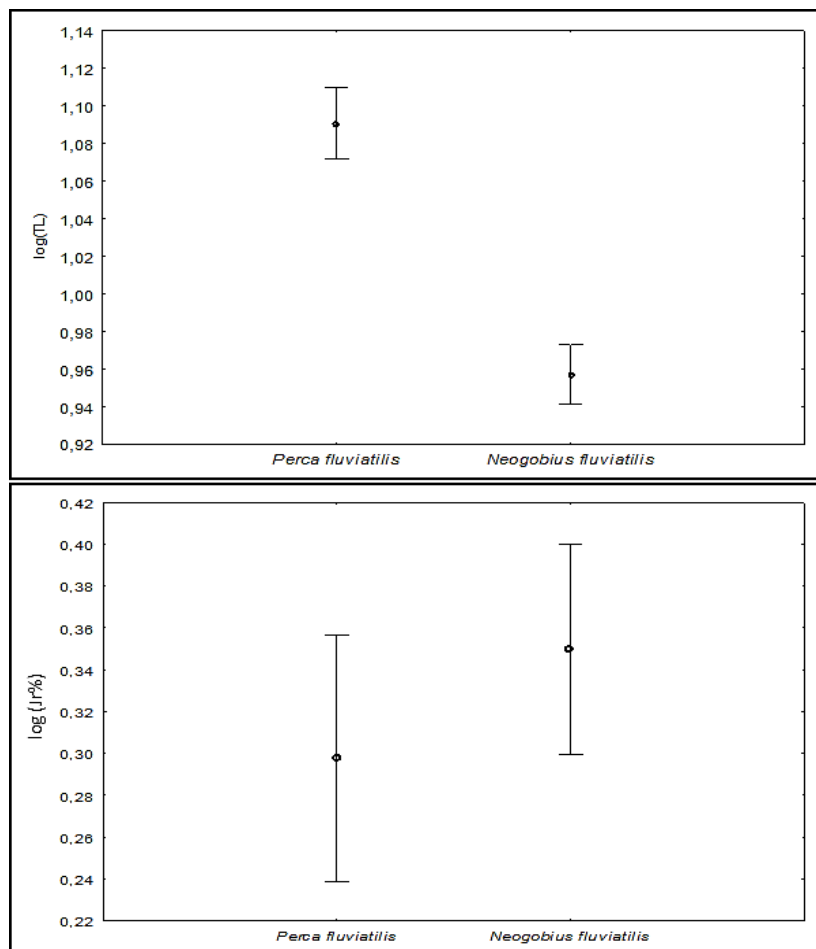
Tablica 2: Dob analiziranih jedinki te pripadajući broj jedinki grgeča (*P. fluviatilis*) i riječnog glavočića (*N. fluviatilis*) te starosti.

DOB JEDINKI	BROJ JEDINKI GRGEČA (<i>P.</i> <i>fluviatilis</i>)	BROJ JEDINKI RIJEČNOG GLAVOČIĆA (<i>N.</i> <i>fluviatilis</i>)
4+	1	0
3+	0	7
2+	2	13
1+	17	6
0+	20	28

Iz tablice je vidljivo da broj jedinki opada sa starosti. Najveći broj jedinki zabilježen je u skupini koja još nije napunila godinu dana starosti (51,06%). Jedinke u toj skupini još nisu spolno zrele pa im se prema gonadama ne može odrediti dob. Nađena je samo jedna jedinka stara preko 4 godine i to mužjak grgeča. Sve jedinke koje su imale preko 3 godine pripadale su riječnom glavočiću te je također bila riječ samo o mužjacima. Kod jedinki starih preko 2 godine, bilo je više jedinki riječnog glavočića, dok je u ostale dve dobne skupine zabilježen podjednak broj jedne i druge vrste.

4.5. ANALIZA KOVARIJANCE

Analiza kovarijance (ANCOVA) je dokazala da sakupljene jedinke grgeča u prosjeku imaju značajno višu ukupnu duljinu od jedinki riječnog glavočića ($F(5, 86) = 37,13, p < 0,05$) (Slika 8, gore). Također, dokazano je i da sakupljene jedinke grgeča u prosjeku imaju i značajno višu masu od jedinki riječnog glavočića ($F(5, 86) = 37,13, p < 0,05$). Značajno se nije razlikovao koeficijent punoće probavila ($F(5, 86) = 37,13, p > 0,05$) (Slika 8, dolje) iako je koeficijent punoće probavila jedinki riječnog glavočića u prosjeku bio viši od jedinki grgeča. Uzevši u obzir sve mjesece, može se zaključiti da značajne razlike između ove dvije vrste su opažene za sve izračunate parametre, osim za koeficijent punoće probavila.

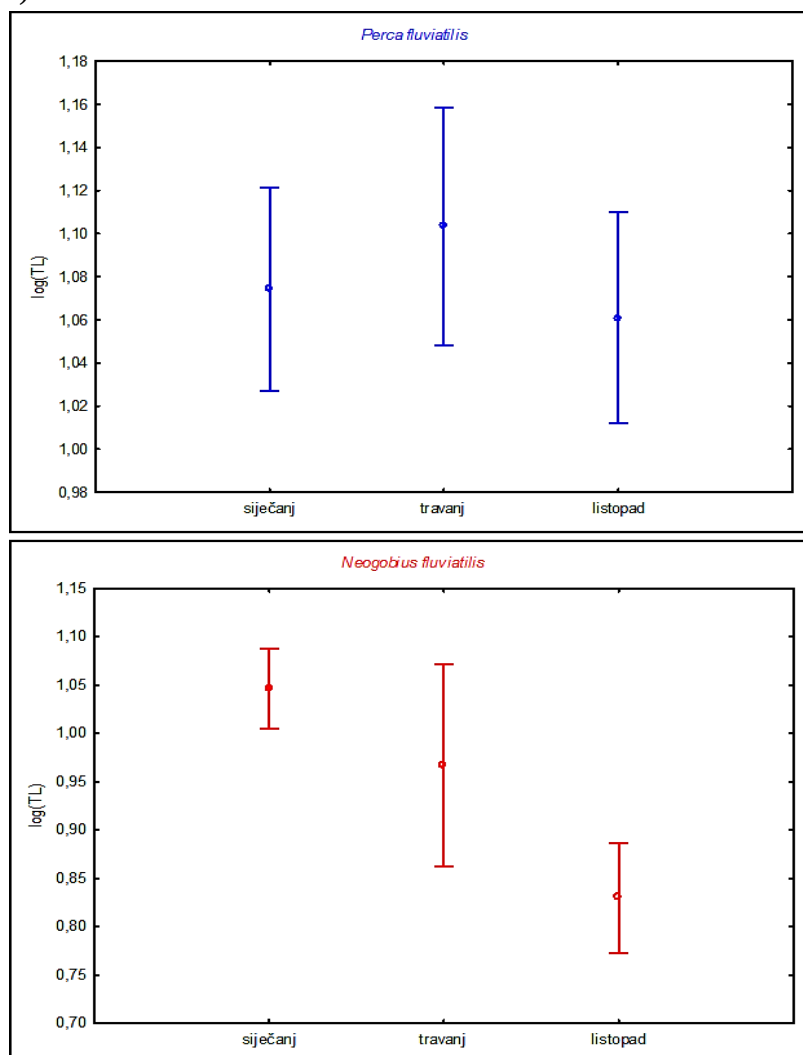


Slika 8: Gore – postoji značajna razlika između totalnih duljina (TL) grgeča i riječnog glavočića (*P. fluviatilis* i *N. fluviatilis*); dolje – nema značajne razlike između koeficijenta punoće probavila ($Jr\%$) između ove dvije vrste (*P. fluviatilis* i *N. fluviatilis*).

4.6. SEZONSKE RAZLIKE MJERENIH PARAMETARA

Gledajući sezonske razlike mjernih parametara, koristeći ANOVA statistički test, kod grgeča nisu opažene značajne razlike ($F(10, 66) = 1,72, p > 0,05$) među mjesecima niti za jedan mjereni parametar (totalnu duljinu, masu i indeks kondicije). Jedan primjer prikazan je slikom 9 (gore). Kod riječnog glavočića značajne razlike ($F(10, 94) = 5,80, p < 0,05$) su opažene između siječnja i listopada za totalnu duljinu, masu i masu praznog probavila (u siječnju su vrijednosti značajno više nego u listopadu), dok za koeficijent punoće probavila i Fultonov faktor kondicije nema značajnih razlika ($p > 0,05$) među mjesecima (Slika 8, dolje). Post Hoc Unequal N test potvrdio je rezultate dobivene ANOVA statističkim testom odnosno potvrdio je da se značajne razlike između vrijednosti totalne duljine, mase i mase praznog probavila mogu

uočiti između siječnja i listopada kod riječnog glavočića (u siječnju su vrijednosti značajno više nego u listopadu).

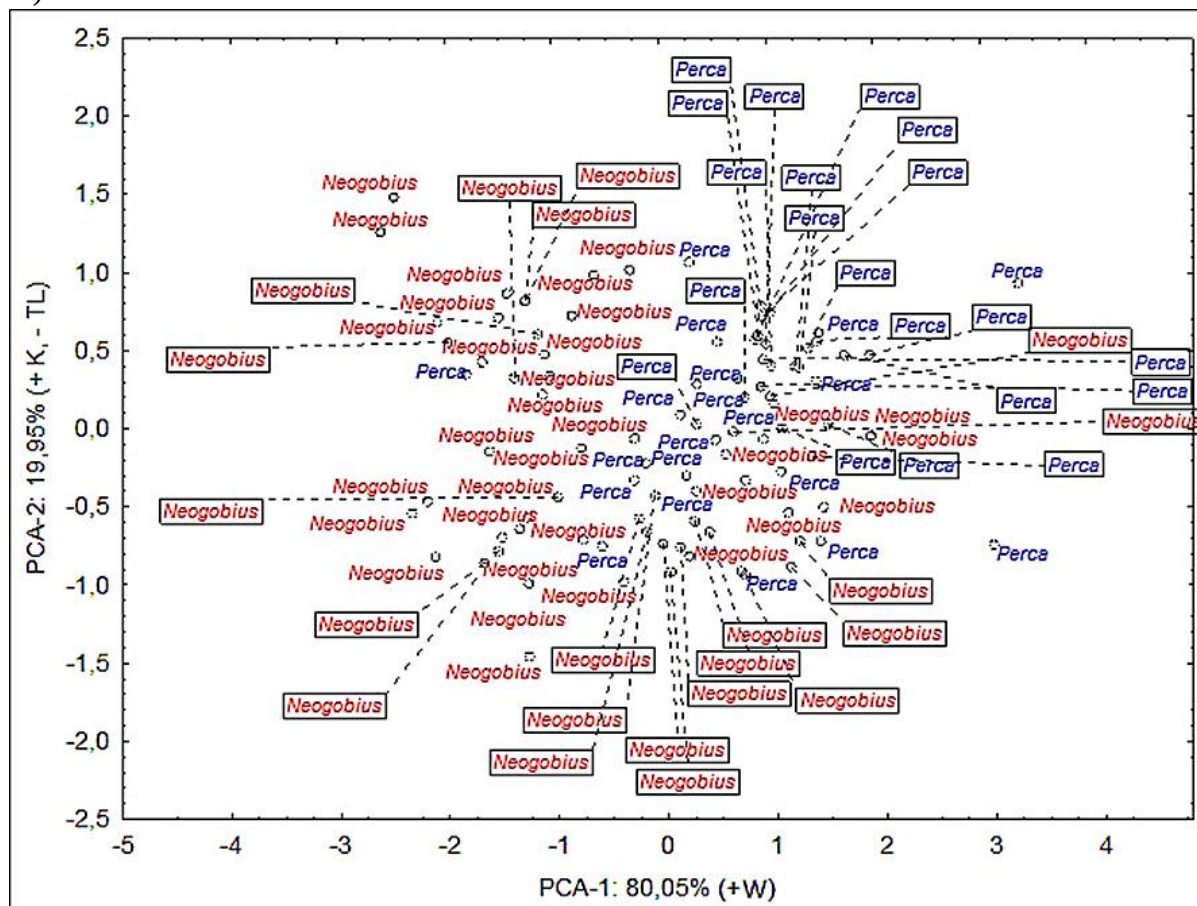


Slika 9: Gore – nema značajnih razlika među mjesecima za totalnu duljinu (TL) kod grgeča (*P. fluviatilis*); dolje – postoji značajna razlika među mjesecima za totalnu duljinu (TL) kod riječnog glavočića (*N. fluviatilis*) (posebno između siječnja i listopada).

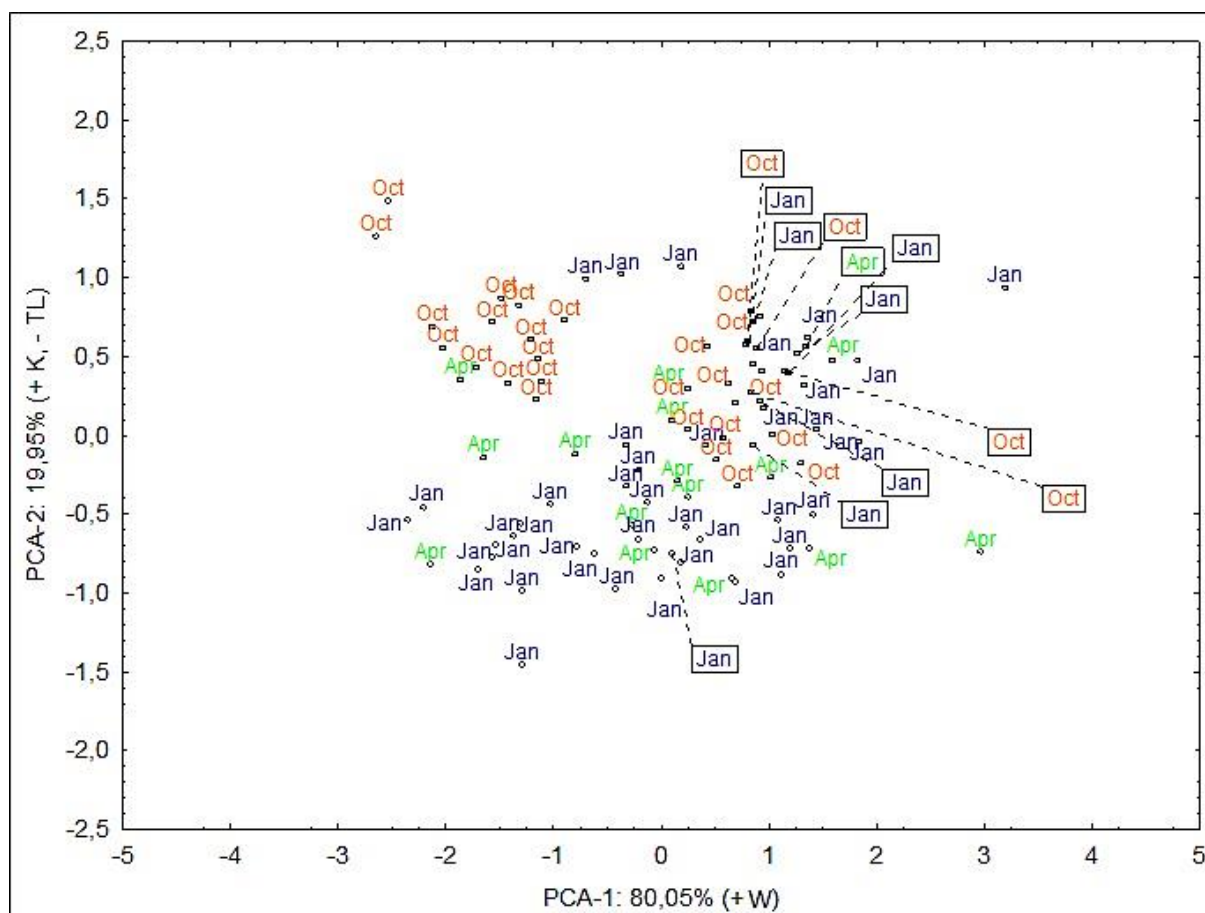
4.7. ANALIZA GLAVNIH KOMPONENATA

Analiza glavnih komponentata (eng. Principal Component Analysis (PCA)) se koristila da bi se jasnije vizualizirale razlike između grgeča i riječnog glavočića temeljem različitih morfometrijskih podataka (Slika 10). Rezultati PCA analize su prezentirani na ordinacijskim dijagramima. Prva PCA komponenta (PCA-1 os) objašnjava 80,05% varijacije između ove dvije vrste, a druga PCA komponenta (PCA-2 os) preostalih 19,95%. PCA os 1 najviše korelira s masom jedinki ($R = 0,97$), dok PCA os 2 najviše korelira s kondicijskim indeksom ($R = 0,44$) i ukupnom duljinom jedinki ($R = -0,44$). Prema PCA-ordinaciji, parametar koji najjasnije

razdvaja grgeča i riječnog glavočića je masa jedinki - to je parametar koji najviše korelira s PCA-1 i upravo duž te osi dolazi do razdvajanja ovih dviju vrsta. Prema ordinacijskom dijagramu, većina jedinki grgeča grupira se u području veće mase u odnosu na jedinke riječnog glavočića. Iz ordinacijskog dijagrama se također može iščitati da se vrste ne razdvajaju duž PCA-2 osi tj. da kondicijski indeks i ukupna duljina jedinki nisu primarni morfometrijski parametri prema kojima se ove dvije vrste razlikuju (primarno se ove dvije vrste razlikuju prema masi, što i uzrokuje razdvajanje dviju vrsta duž PCA-1 osi). Međutim, grupirajući podatke prema mjesecima (Slika 11), opaža se da su parametri izdvojeni duž PCA osi 2 (kondicijski indeks (K) i totalna duljina jedinki (TL)) zaslužni za sezonske razlike među vrstama. Prema ordinacijskom dijagramu (Slika 11), jedinke i jedne i druge vrste ulovljene u listopadu grupiraju se u području većeg kondicijskog indeksa i manje ukupne duljine, dok se jedinke uhvaćene u travnju ne grupiraju na specifičan način u odnosu na mjerene morfometrijske parametre (Slika 11).



Slika 10: PCA – prikaz dobiven analizom glavnih komponenti različitih morfometrijskih podataka između grgeča i riječnog glavočića (*P. fluviatilis* i *N. fluviatilis*) (PCA-1 – prva glavna komponenta, PCA-2 – druga glavna komponenta, K – kondicijski indeks riba, TL – totalna duljina riba, W – masa jedinki riba. Pojedini nazivi vrsta (u pravokutnicima) isprekidanom linijom su povezani s pripadajućim točkama, kako bi se postigla veća preglednost prikaza).

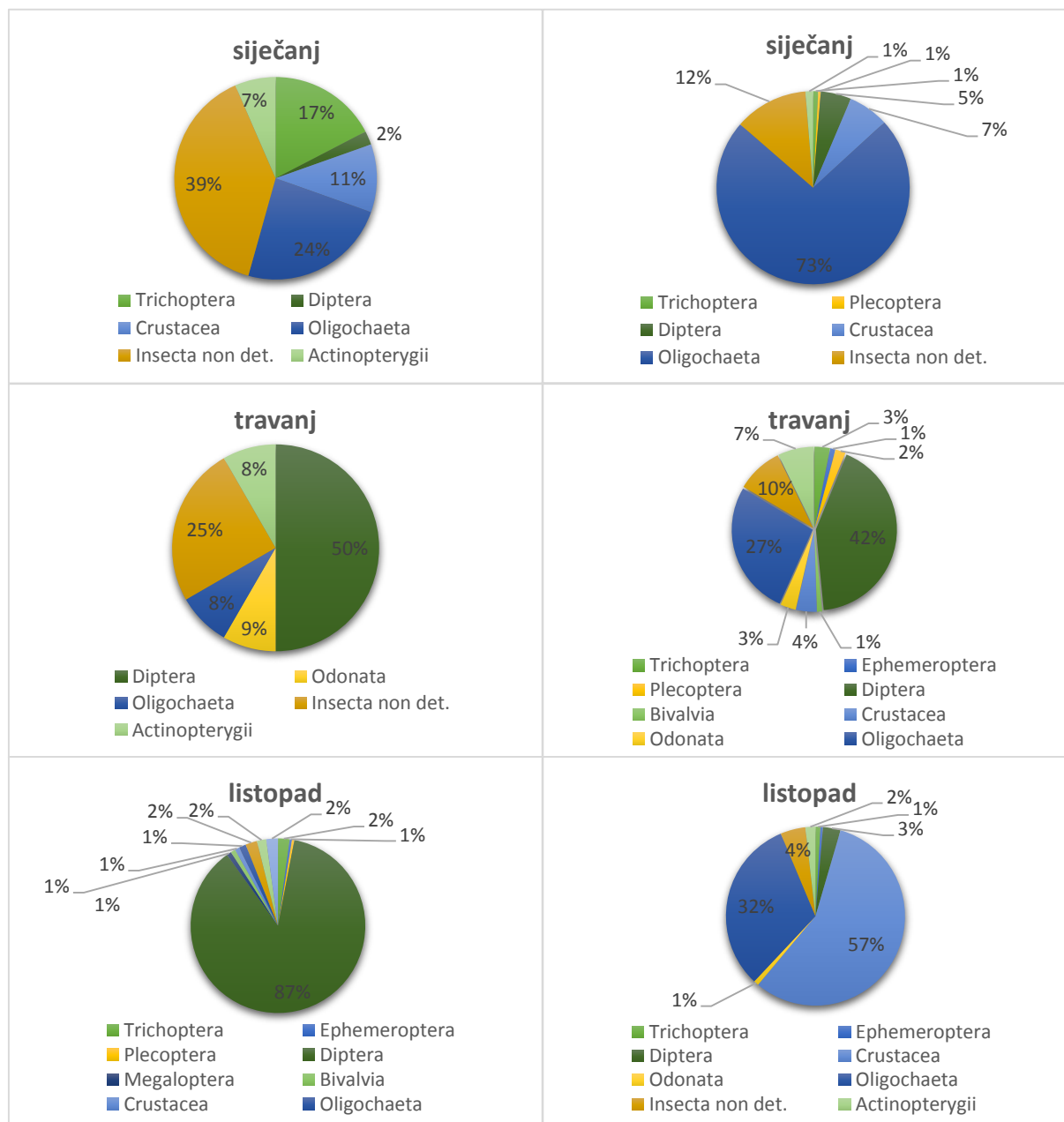


Slika 11: PCA – prikaz dobiven analizom glavnih komponenti na temelju grupiranja podataka prema mjesecima (Jan – siječanj, Apr – travanj, Oct – listopad) (PCA-1 – prva glavna komponenta, PCA-2 – druga glavna komponenta, *K* – kondicijski indeks riba, *TL* – totalna duljina riba, *W* – masa jedinki riba. Pojedini nazivi mjeseci (u pravokutnicima) isprekidanom linijom su povezani s pripadajućim točkama, kako bi se postigla veća preglednost prikaza).

4.8. POSTOTAK BROJNOSTI (N%)

Slika 12 prikazuje zastupljenost određenih taksonomskih skupina (svojt) makrozoobentosa i riba u prehrani grgeča i riječnog glavočića tijekom tri različita mjeseca (siječanj, travanj i listopad). Iz slike je vidljivo da se zastupljenost određenih svojti tijekom mjeseci razlikuje kod obje vrste. Najveće razlike u zastupljenosti vidljive su između siječnja i listopada kod obje vrste. Najveći broj različitih taksonomskih svojti u prehrani grgeča uočena je u travnju, a kod riječnih glavočića u listopadu, iako prevladavaju Diptera (Slika 12). Statističkom obradom podataka dobivenih na temelju brojnosti organizama u probavilima jedinki obje vrste dobiveno je da su za grgeča dokazane samo značajne razlike u mjesecima za broj Oligochaeta i to između siječnja i travnja (u siječnju je pronađeno značajno više

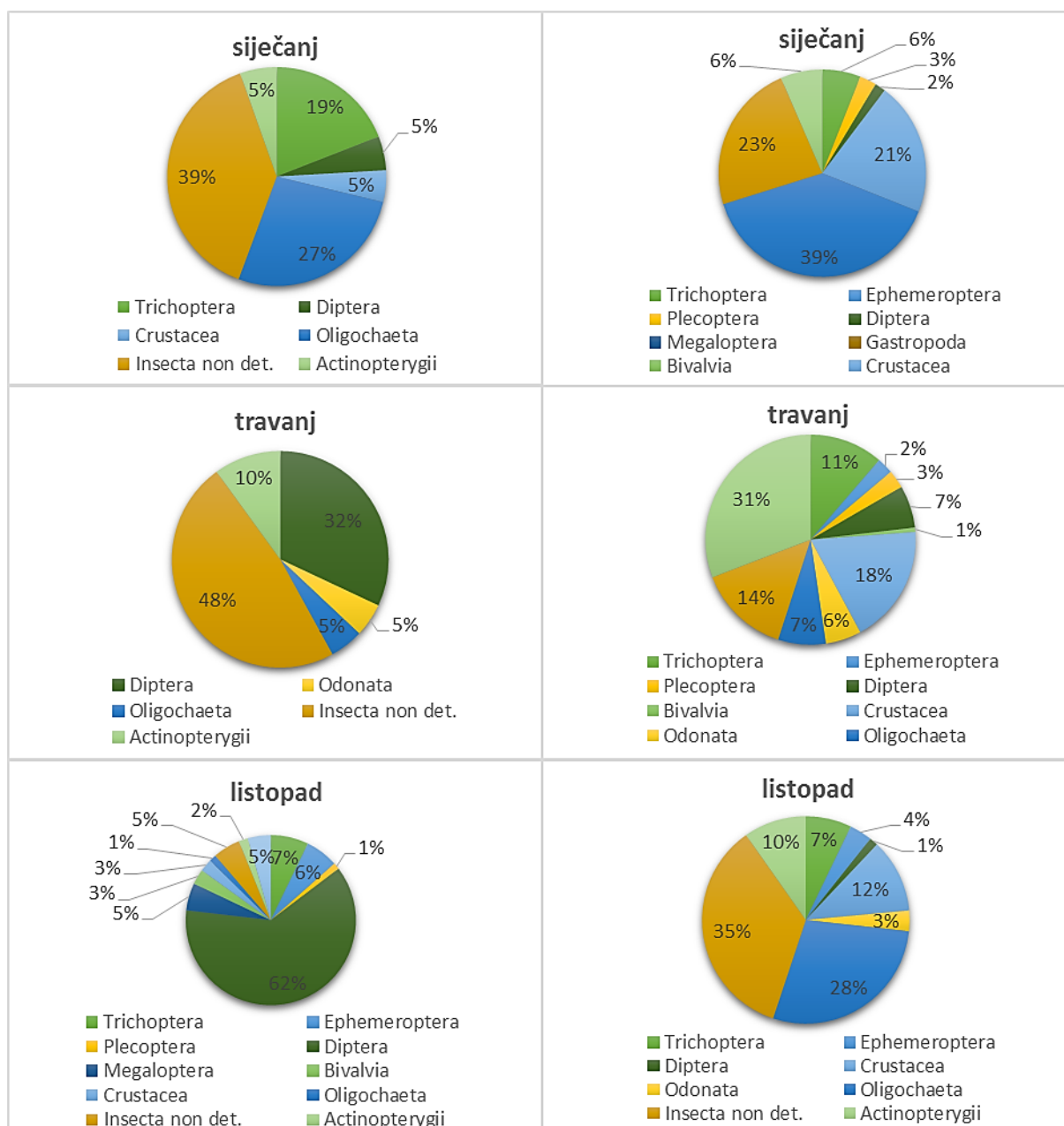
Oligochaeta u probavilu ove vrste nego u travnju) ($H(2, N = 40) = 8,560974, p = 0,0138$) dok su za riječnog glavočića dokazane samo značajne razlike u mjesecima za broj Diptera i to između listopada i siječnja (u siječnju je pronađeno značajno manje Diptera u probavilu ove vrste nego u listopadu ($H(2, N = 54) = 30,50867, p < 0,05$). S obzirom na broj različitih skupina makrozoobentosa u sastavu probavila obje vrste, značajne razlike među vrstama dokazane su samo s obzirom na broj Oligochaeta (Mann-Whitney U-test, $U = 438, p < 0,05$) i Insecta non det. (Mann-Whitney U-test, $U = 776,5, p < 0,05$).



Slika 12: Prikaz zastupljenosti određenih taksonomskih skupina (svojt) u prehrani riječnog glavočića (*N. fluviatilis*) (lijevo) i grgeča (*P. fluviatilis*) (desno) tijekom tri različita mjeseca (siječanj, travanj i listopad).

4.9. POSTOTAK MASE (W%)

Postotak mase (W%) određenog plijena (svojte) u probavilu riba ukazuje na veličinske frakcije plijena riječnog glavočića i grgeča. Slika 13 prikazuje postotke mase određenih taksonomskih skupina makrozoobentosa u prehrani ove dvije vrste riba tijekom tri različita mjeseca (siječanj, travanj i listopad). Iz slike se opaža da su najveće razlike između siječnja i listopada kod riječnog glavočića. Statističkom obradom podataka o postotku mase određenog plijena u probavilima jedinki riba, za grgeča su dokazane značajne razlike u mjesecima za W% Oligochaeta (u siječnju je zabilježen značajno viši W% Oligochaeta u probavilu ove vrste nego u travnju) ($H(2, N = 40) = 10,34558, p = 0,0057$). Za riječnog glavočića dokazane su značajne sezonske razlike za W% Diptera i to između listopada i siječnja (u siječnju je pronađeno značajno niži W% Diptera u probavilu ove vrste nego u listopadu ($H(2, N = 54) = 27,38231, p < 0,05$). S obzirom na W% različitih svojti plijena u sastavu probavila riječnog glavočića i grgeča, značajne razlike među ove dvije vrste riba dokazane su samo s obzirom na W% Oligochaeta (Mann-Whitney U-test, $U = 563, p < 0,05$) (značajno viši W% Oligochaeta zabilježen je kod grgeča).



Slika 13: Postotak mase određenog plijena (svojte) u probavilu riječnog glavočića (*N. fluviatilis*) (lijevo) i grgeča (*P. fluviatilis*) (desno) tijekom tri različita mjeseca (siječanj, travanj i listopad).

4.10. POSTOTAK UČESTALOSTI POJAVLJIVANJA

Metodom postotka učestalosti pojavljivanja ($F\%$) svojti plijena dobiveni su rezultati koji odgovaraju rezultatima dobivenima metodom postotka brojnosti ($N\%$) i postotka mase ($W\%$). Kod jedinki grgeča, ulovljenih u siječnju, najviše puta su se pojavili Oligochaeta (u probavilu 13 jedinki grgeča), a zatim ličinke različitih kukaca (Insecta non det.) (u probavilu

10 jedinki). Ista situacija je i u listopadu dok se u travnju najviše puta pojavljuju Actinopterygii (u 6 jedinki), a zatim u nešto manjem broju Oligochaeta i Insecta non det. (oboje u 4 jedinke). Što se tiče jedinki riječnog glavočića, kod njih su se u siječnju također najviše puta pojavili Insecta non det. (u 10 jedinki) pa zatim Oligochaeta (u 9 jedinki), ali je situacija u listopadu drugačija. Tada su se najviše puta pojavili Diptera (u 13 jedinki). U travnju su se također najviše puta pojavili Diptera, ali i ličinke različitih kukaca (Insecta non det.) (oboje u 3 jedinke).

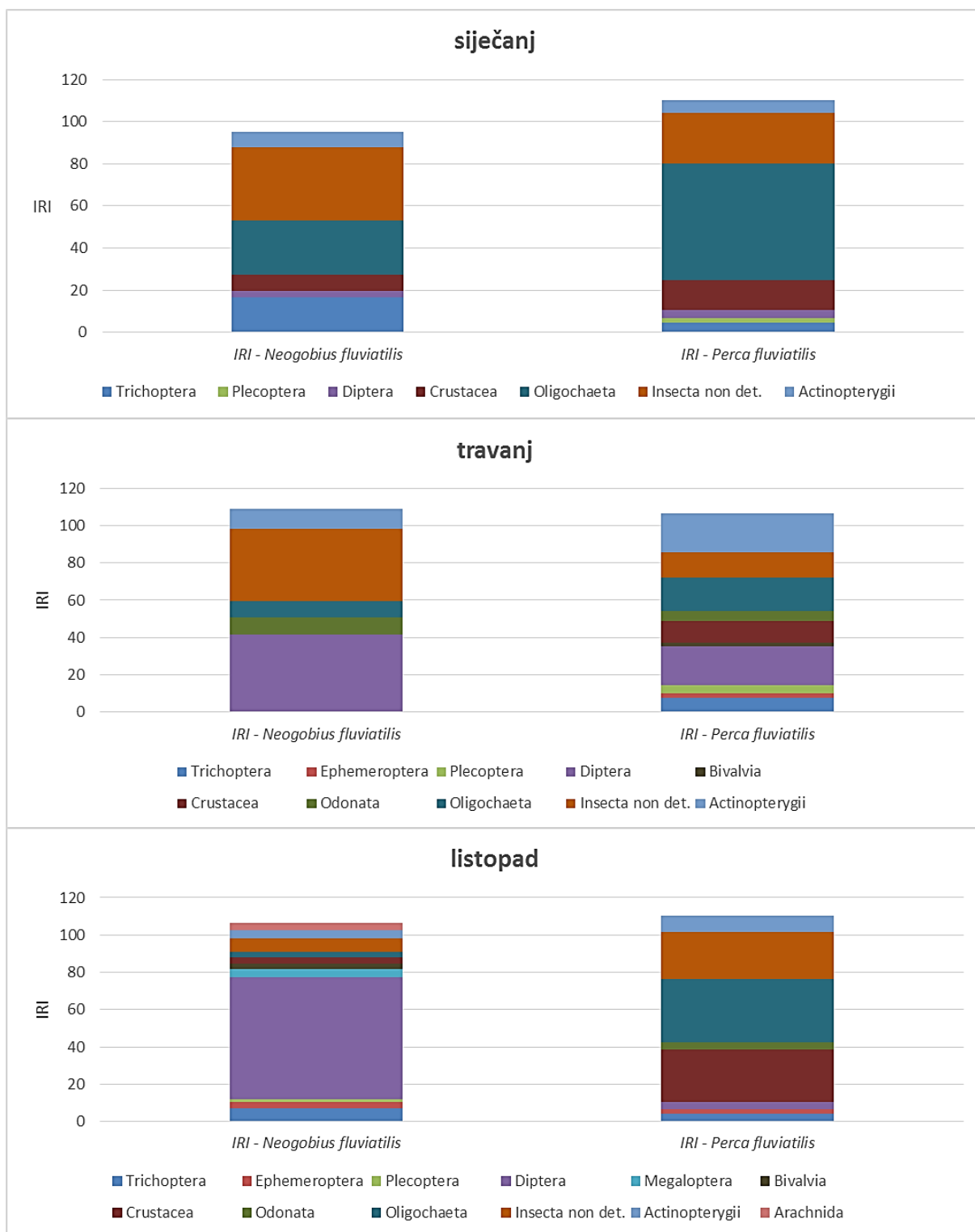
4.11. SCHOENEROV INDEKS I KOEFICIJENT VAŽNOSTI ISHRANE

Kako bi dobili što precizniji uvid u potencijalnu kompeticiju za izvore hrane između grgeča i riječnog glavočića, prvo su izračunati Schoenerovi indeksi po postotku brojnosti, mase i frekvencije za siječanj, travanj i listopad. Nakon toga, ti podaci su iskorišteni za računanje koeficijenta važnosti ishrane (*IRI*) koji su se na kraju opet uvrstili u Schoenerov indeks radi što točnijih rezultata, budući da je u koeficijentu važnosti ishrane sadržana i suma postotka učestalosti pojavljivanja i postotka brojnosti i postotka mase.

Računajući prvo Schoenerove indekse za siječanj, travanj i listopad po postotku brojnosti, dobivene su sve tri vrijednosti manje od 0,60. Za razliku od toga, indeksi po postotku mase su svi bili iznad vrijednosti od 0,60 (premda je vrijednost indeksa za travanj bila vrlo malo iznad te vrijednosti). Indeksi po postotku učestalosti pojavljivanja za siječanj i listopad su iznad vrijednosti od 0,60, jedino je indeks u travnju manji od tog iznosa (premda je vrijednost vrlo malo ispod 0,60).

Nakon izračuna Schoenerovih indeksa, dobivene vrijednosti su iskorištene za računanje koeficijenta važnosti ishrane (*IRI*). Najveća vrijednost koeficijenta dobivena je u listopadu za riječnog glavočića i iznosi 65,50% za Diptera. Za grgeča najveća vrijednost koeficijenta dobivena je u siječnju i iznosi 55,32% za Oligochaeta. Ujedno, to je i druga po veličini vrijednost ovog koeficijenta gledajući sveukupno.

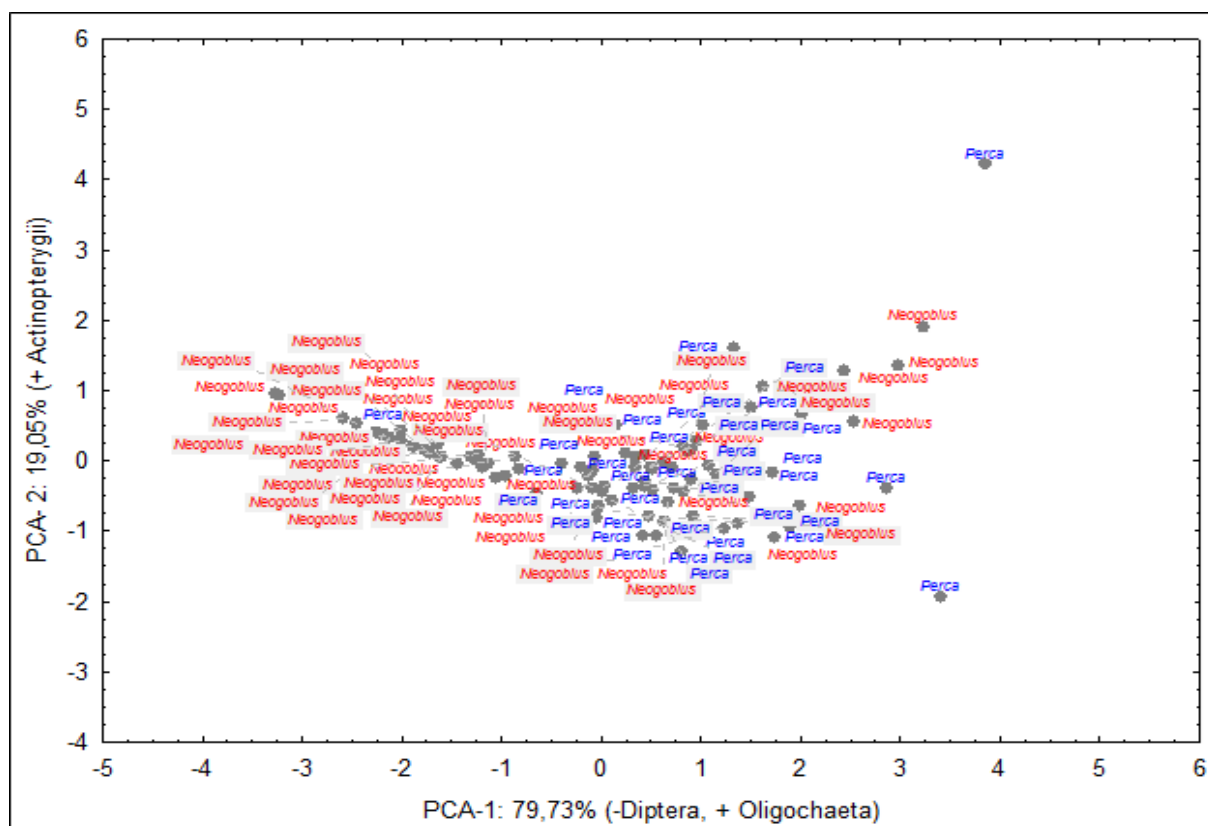
Zadnji korak bio je da se dobivene vrijednosti koeficijenta važnosti ishrane (*IRI*) uvrste ponovno u Schoenerov indeks kako bi dobili konačni rezultat. Konačni rezultat pokazao je da je vrijednost Schoenerovog indeksa jedino u siječnju veća od 0,60 ($\alpha = 0,68$) što znači da uslijed nedostatka određenih hranidbenih svojti imamo biološki značajnu vrijednost i međusobnu kompeticiju. Najmanja vrijednost ovog indeksa je u listopadu i iznosi svega 0,20 što znači da je tada kompeticija za hranu vrlo mala. Iz slike 14 je vidljivo veće preklapanje hranidbenih navika u siječnju i vrlo malo preklapanje u listopadu.



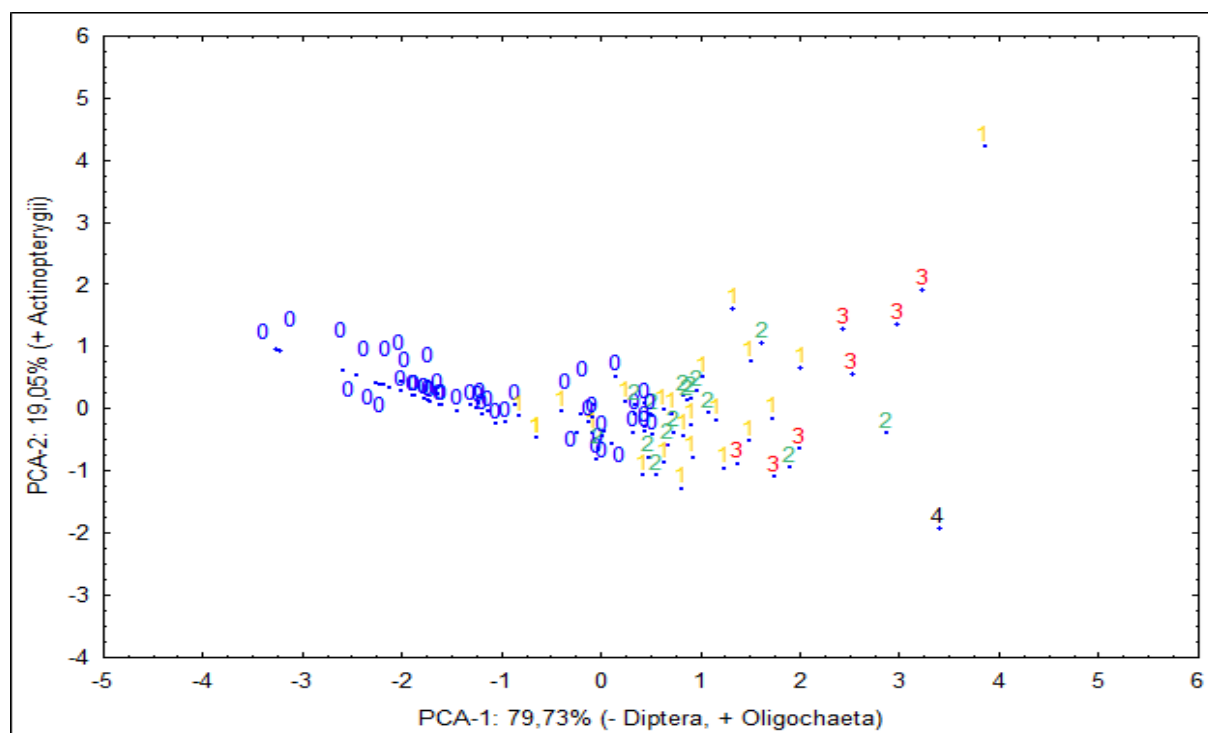
Slika 14: Koeficijenti važnosti ishrane (IRI) za grgeča (*P. fluviatilis*) i riječnog glavočića (*N. fluviatilis*).

4.12. ANALIZA GLAVNIH KOMPONENATA PREMA ISHRANI

Analiza glavnih komponenata (eng. Principal Component Analysis (PCA)) korištena je i za prikaz razlika između dviju vrsta prema ishrani. Rezultati su također prezentirani na ordinacijskim dijagramima (Slika 15). Prva PCA komponenta (PCA-1 os) objašnjava 79,73% varijacije između dvije vrste, a druga PCA komponenta (PCA-2 os) 19,05%. PCA os 1 (i to negativno) najviše korelira s brojnosti Diptera u probavilu ($R = -0,45$) i s brojnosti Oligochaeta u probavilu ($R = 0,44$), dok PCA os 2 najviše korelira s brojnosti Actinopterygii u probavilu ($R = 0,18$). Prema PCA-ordinaciji, parametar koji najjasnije razdvaja grgeča i riječnog glavočića je brojnost Diptera i Oligochaeta u probavilu jedinki - to je parametar koji najviše korelira s PCA-1 i upravo duž te osi dolazi do razdvajanja dviju vrsta. Prema ordinacijskom dijagramu, većina jedinki grgeča grupira se u području veće brojnosti Oligochaeta, a manje brojnosti Diptera u odnosu na jedinke riječnog glavočića kod kojih je situacija obrnuta (veća brojnost Diptera, a manja Oligochaeta). Iz ordinacijskog dijagrama se također može iščitati da se vrste ne razdvajaju duž PCA-2 osi tj. da brojnost Actinopterygii nije primarni parametar prema kojem se ove dvije vrste razlikuju (primarno se ove dvije vrste razlikuju prema brojnosti Diptera i Oligochaeta u probavilu, što i uzrokuje razdvajanje dviju vrsta duž PCA-1 osi). Grupirajući podatke prema dobi jedinki (Slika 16) također vidimo da se one razdvajaju primarno prema brojnosti Diptera i Oligochaeta duž osi PCA-1. Prema ordinacijskom dijagramu, najmlađe jedinke grupiraju se u području veće brojnosti Diptera, a kako idemo prema starijim jedinkama tako se one sve više grupiraju u području veće brojnosti Oligochaeta u probavilu.



Slika 15: PCA – prikaz dobiven analizom glavnih komponenti na temelju ishrane između grgeča (*P. fluviatilis*) i riječnog glavočića i (*N. fluviatilis*).



Slika 16: PCA – prikaz dobiven analizom glavnih komponenti na temelju ishrane između grgeča (*P. fluviatilis*) i riječnog glavočića i (*N. fluviatilis*) različite dobi (brojevi 0, 1, 2, 3 i 4 predstavljaju starost jedinki).

5. RASPRAVA

Za riječnog glavočića iz rijeke Save totalna duljina jedinki nalazi se u intervalu od 3,90 do 12,60 cm s prosječnom vrijednosti od 7,54 cm, dok se masa nalazi u intervalu od 0,41 do 19,90 g s prosječnom vrijednosti od 5,13 g (Jakšić, 2016). Dobivene vrijednosti približno su jednake vrijednostima za riječnog glavočića iz rijeke Ipel' u Slovačkoj (Plachá i sur., 2010). Rast riječnih glavočića iz te rijeke bio je sporiji od rasta objavljenog za područje njihovog prirodnog obitavanja. Zajedno s ostalim obrascima rasta, ovo može sugerirati (između ostalih mogućih objašnjenja) veću raspodjelu resursa za reprodukciju nego za somatski rast što je jedna od karakteristika uspješnih invazivnih riba (Plachá i sur., 2010). U ovom radu vrijednosti totalnih duljina i masa jedinki riječnog glavočića slične su onima dobivenima kod Jakšić (2016). Razlika je u tome što su maksimalne vrijednosti totalne duljine i mase veće u ovom istraživanju. U ovom istraživanju dobiveno je da je koeficijent $b = 3,352$ ($b > 3$) što znači da jedinke napreduju više u masi. Isto je dobiveno i kod Jakšić (2016). Također, u oba slučaja, vrijednosti Fultonovog faktora kondicije rastu kako se povećavaju pripadajući rasponi totalnih duljina. Za jedinke grgeča također je dobiveno da je koeficijent $b > 3$ te da Fultonov faktor kondicije raste s totalnom duljinom. Prpa i sur. (2007) analizirali su gospodarske osnove i srodne studije iz Hrvatske, zabilježili podatke o nađenim ribljim vrstama te dali pregled o statistički obrađenim podacima tih vrsta riba (faktor kondicije i duljinsko-maseni odnosi). U tom radu, statistički su se obradili i podaci iz nekih radova za grgeča (npr. Habeković i sur., 1983; Mrakovčić, 2002; Popović i sur., 1984; Mišetić i sur., 1984, 1986). U svim navedenim radovima, osim Popović i sur. (1984), također je dobiveno da je koeficijent $b > 3$. U ovom istraživanju dobiven je nešto niži faktor kondicije K ($0,98 \pm 0,20 \text{ g/cm}^3$) nego u navedenim istraživanjima gdje najniži faktor kondicije iznosi $K = 1,19 \pm 0,28 \text{ g/cm}^3$, a najviši $K = 1,78 \pm 0,27 \text{ g/cm}^3$. Le Cren (1951) navodi da kondicija znatno varira tijekom godišnjih doba. Uz to, navodi da je za očekivati da će kod grgeča postojati sezonski ciklusi kondicije s visokom razinom tijekom kasnog ljeta i niskom razinom na kraju zime iako to može varirati jer puno faktora utječe na nju. U ovom istraživanju dobiveno je da je najniža razina kondicije u travnju, a najviša u siječnju 2020. godine iako je godinu dana ranije razina kondicije u to vrijeme bila puno niža. Za riječnog glavočića iz rijeke Save pokazuje se da mu je kondicija u pritokama ($K = 0,94$) nešto veća od one u samoj rijeci ($K = 0,88$) (Jakovlić i sur., 2015), što ovim istraživanjem nismo dobili, vjerojatno zbog mnogih čimbenika koji utječu na kondiciju. Općenito, dugoročne značajke poput okoliša, opskrbe hranom i stupnja parazitizma mogu izravno utjecati na kondiciju ribe. Sezonske promjene često

su proučavane uz pomoć kondicijskog faktora za koji se pokazalo da je u korelaciji s ciklusima gonada, brzinom hranjenja itd. (Le Cren, 1951). S obzirom da je popis vrlo različitih čimbenika koji mogu utjecati na kondicijski faktor dugačak, nije iznenađujuće da je njegova interpretacija teška i često dovodi do pogrešnih rezultata.

Le Cren (1951) i Mann (1978) navode da ženke grgeča rastu brže nego mužjaci što je dobiveno i u ovom istraživanju jer je prosječna vrijednost totalne duljine za ženke bila veća nego za mužjake, iako je najstarija i najduža jedinka bila mužjak. Suprotno tome, Placha i sur. (2010) navode da kod riječnog glavočića općenito mužjaci rastu brže od ženki, pogotovo u starijoj dobi. U ovom istraživanju dobiveno je da je prosječna vrijednost totalne duljine ženki riječnog glavočića veća nego kod mužjaka. To može biti rezultat toga što u starijim dobnim kategorijama (najstarije jedinke riječnog glavočića u ovom istraživanju imaju 3+ godina) ima premalo jedinki koje su determinirane kao mužjaci riječnog glavočića pa se takav trend ne vidi u ukupnom rezultatu. Svega je 7 jedinki u dobnoj kategoriji 3+ i sve su determinirane kao mužjaci riječnog glavočića, ali svejedno nije dobiveno da rastu brže od ženki.

Na temelju analize sadržaja probavila konzumirani plijen invazivnog riječnog glavočića u rijeci Kupi je uglavnom sličan konzumiranom plijenu opisanom u nekim prijašnjim istraživanjima (Piria i sur., 2011a, 2016b; Jakšić, 2016). Istraživanja ishrane riječnog glavočića u rijeci Savi u Hrvatskoj pokazuju da su mu preferirana hranidbena svojta nedeterminirani kukci (Insecta), slijede ličinke tulara (Trichoptera), Gammarus sp. i trzalci (Diptera, Chironomidae) (Piria i sur., 2011a). Novija istraživanja (Piria i sur., 2016b) ukazuju da je ishrana riječnog glavočića vrlo raznolika, ali su ličinke tulara (Trichoptera), trzalci (Diptera, Chironomidae), školjkaši (Bivalvia) i vretenca (Odonata) važan izvor hrane riječnog glavočića. Usporedba sadržaja probavila s plijenom dostupnim u okolišu ukazala je da uz tulara (Trichoptera), riječni glavočići preferiraju i muljare (Megaloptera) te kornjaše (Coleoptera). Nadalje, istraživanja ishrane riječnog glavočića u područjima Europe u kojima je također alohtona vrsta, u rijeci Visli u Poljskoj (Kakareko i sur., 2005; Grabowska i sur., 2009) te u rijeci Dunav i Hron u Slovačkoj (Adámek i sur., 2007), ukazuju da su preferirana prehrana ove vrste ribe Chironomidae, Trichoptera i Amphipoda, dok se preferirana prehrana riječnog glavočića u područjima gdje je on autohton (u delti rijeke Dunav) sastoji od školjkaša (Bivalvia) (Sindilariu i Freyhof, 2003; Pinchuk i sur., 2003). Temeljeno na analizi sadržaja probavila, ovisno o godišnjem dobu, stadiju života, staništu i dostupnosti hrane, riječni glavočić hrani se različitim svojstama makrozoobentosa u poručjima gdje je on autohton i gdje nije (Jakšić i sur., 2016).

Lappalainen i sur. (2001) navode da je grgeč generalist te da se može hraniti zooplanktonom tijekom svog cijelog životnog vijeka ili se može hraniti makrozoobentosom i pored toga ribom. Koli i sur. (1988) pokazali su da su rakovi i riba najvažnija hrana za grgeča u području Tvärminne (Finska), a Hansson (1984) te Matilla i Bonsdorff (1988) su izvijestili o visokim proporcijama kukaca u prehrani grgeča. U ovom istraživanju također je dobivena vrlo raznolika prehrana koja može ukazati na to da je grgeč generalist i da uzima onu hranu koja je trenutno dostupna u okolišu. Ipak, u svim mjesecima mogu se uočiti veće vrijednosti koeficijenta važnosti ishrane (*IRI*) za Oligochaeta, Diptera, Crustacea i nedeterminirane kukce (*Insecta non det.*). Griffiths (1976) je u svom istraživanju, provedenom na jedinkama grgeča ulovljenima na Novom Zelandu, ustanovio da je povećanje beskralježnjaka kao hrane bilo očito u jesen, što može biti rezultat ili opsežnijeg traganja za hranom ili prihvatanja smanjene veličine plijena. Kod jedinki grgeča u ovom istraživanju također dolazi do povećanja brojnosti i mase makrozoobentosa, a smanjenja riba kao hrane prema jeseni i zimi. U travnju su postotak brojnosti i postotak mase za Actinopterygii najveći i lagano se smanjuju prema jeseni te prema zimi. Ball (1961) te Hunt i Jones (1972) pronašli su slično smanjenje unosa hrane prema jeseni kod smeđe pastrve i sugerirali su da je smanjenje povezano s padom temperature vode. Griffiths (1976) također navodi da dolazi do smanjenja koeficijenta ispunjenosti probavila od proljeća prema jeseni što možemo primijetiti i kod jedinki u ovom istraživanju. Koeficijent ispunjenosti probavila najviši je u travnju i smanjuje se prema jeseni.

Iako su Copp i sur. (2008) predložili mogućnost kompeticije u ishrani između riječnog glavočića i grgeča, Jakšić (2016) ne pokazuje značajan utjecaj riječnog glavočića na populacije grgeča. Grabowska i sur. (2009) iznose tezu da se iz njihovih studija i dostupnih literaturnih podataka može zaključiti da riječni glavočić, zbog mogućnosti korištenja lokalno dostupnih izvora hrane, pokazuje općenitu i vrlo fleksibilnu strategiju hranjenja. Iz tog razloga, i zbog toga što je grgeč generalist, u ovom istraživanju nije pokazana kompeticija između ove dvije vrste, osim u siječnju kad je količina hrane u okolišu limitirana.

6. ZAKLJUČAK

1. Jedinke grgeča imaju značajno veće prosječne vrijednosti totalne duljine i mase od jedinki riječnog glavočića.
2. Kod riječnog glavočića postoje značajne razlike između vrijednosti totalne duljine, mase i mase praznog probavila između godišnjih doba, dok kod grgeča nema značajnih razlika između godišnjih doba za nijedan mjereni parametar.
3. Pozitivan alometrijski rast ($b > 3$) imamo i kod grgeča i kod riječnog glavočića što znači da obje vrste napreduju više u masi, a ne duljini.
4. Prema Analizi glavnih komponenata (eng. Principal Component Analysis (PCA)), parametri koji najjasnije razdvajaju jedinke grgeča i riječnog glavočića su masa jedinki te broj Diptera i Oligochaeta u probavilu. Većina jedinki grgeča grupira se u području veće mase u odnosu na jedinke riječnog glavočića. Što se tiče broja Diptera i Oligochaeta u probavilu, većina jedinki grgeča grupira se u području veće brojnosti Oligochaeta, a manje brojnosti Diptera u probavilu u odnosu na jedinke riječnog glavočića kod kojih je situacija obrnuta.
5. Grupiranjem podataka prema mjesecima opaža se da se jedinke jedne i druge vrste ulovljene u listopadu grupiraju u području većeg kondicijskog indeksa i manje ukupne duljine, dok grupirajući jedinke prema dobi opaža se da se najmlađe jedinke grupiraju u području veće brojnosti Diptera u probavilu, a kako idemo prema starijim jedinkama tako se one sve više grupiraju u području veće brojnosti Oligochaeta u probavilu.
6. S obzirom na postotak brojnosti, mase i frekvencije organizama u probavilima jedinki obje vrste dobiveno je da su za grgeča dokazane samo značajne razlike u mjesecima za broj Oligochaeta (između siječnja i travnja) dok su za riječnog glavočića dokazane samo značajne razlike u mjesecima za broj Diptera (između siječnja i listopada). Značajne razlike među vrstama dokazane su s obzirom na broj Oligochaeta i Insecta non det. te masu Oligochaeta.
7. Jedino u siječnju imamo biološki značajnu vrijednost Schoenerovog indeksa i međusobnu kompeticiju između grgeča i riječnog glavočića vjerojatno zato što je raspoloživost hrane tada limitirana. U ostalim mjesecima nema kompeticije za hranu.

7. LITERATURA

- Adámek, Z., Andreji, J., Gallardo, J. M. (2007): Food Habits of Four BottomDwelling Gobiid Species at the Confluence of the Danube and Hron Rivers (South Slovakia). *International Review of Hydrobiology*, 92: 554-563.
- Balážová-L'avrinčíková, M., Kováč, V. (2007): Epigenetic context in the lifehistory of round goby *Neogobius melanostomus* from Slovak stretch of the Danube. In: *Freshwater bioinvaders: profiles, distribution and threats*. F. Gherardi (Ed.). Springer, Berlin, pp. 275-287.
- Ball, J. N. (1961): On the food of the brown trout of Llyn Tegid. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 137: 599-622.
- Bănărescu, P. (1970): Die Fische des ponto-kaspischen potamophilen Artenkomplexes und die karpato-kaukasische Disjunction. *Hydrobiologia*, 11: 3-24.
- Bogut, I., Novoselić, D., Pavličević, J. (2006): *Biologija riba*. Poljoprivredni fakultet, Osijek, 620 pp.
- Borchering, J., Staas, S., Krüger, S., Ondračková, M., Šlapanský, L., Jurajda, P. (2011): Non-native Gobiid species in the lower River Rhine (Germany): recent range extensions and densities. *Journal of Applied Ichthyology*, 27: 153-155.
- Borza, P., Erős, T., Oertel, N. (2009): Food Resource Partitioning between Two Invasive Gobiid Species (Pisces, Gobiidae) in the Littoral Zone of the River Danube, Hungary. *International Review of Hydrobiology*, 94: 609-621.
- Brandner, J., Auerswald, K., Cerwenka, A. F., Schliewen, U. K., Geist, J. (2013b): Comparative feeding ecology of invasive Ponto-Caspian gobies. *Hydrobiologia*, 703: 113-131.
- Copp, G. H., Bianco, P. G., Bogutskaya, N. G., Erős, T., Falka, I., Ferreira, M. T., Fox, M. G., Freyhof, J., Golzan, R. E., Grabowska, J., Kováč, V., MorenoAmich, R., Naseka, A. M., Peñáz, M., Povž, M., Przybylski, M., Robillard, M., Russell, I. C., Stakėnas, S., Šumer, S., Vila-Gispert, A., Wiesner, C. (2005a): To be, or not to be, a non-native freshwater fish? *Journal of Applied Ichthyology*, 21: 242-262.
- Copp, G. H., Kováč, V., Zweimüller, I., Dias, A., Nascimento, M., Balážová, M. (2008): Preliminary study of dietary interactions between invading PontoCaspian gobies and some native fish species in the River Danube near Bratislava (Slovakia). *Aquatic Invasions*, 3: 189-196.

- Čápková, M., Zlatnická, I., Kovač, V., Katina, S. (2008): Ontogenetic variability in the external morphology of monkey goby, *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814) and its relevance to invasion potential. *Hydrobiologia*, 607: 17-26.
- Duplić, A. (2008): Slatkovodne ribe. Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 35 pp.
- Encina, L., Rodríguez-Ruiz, A., Granado-Lorencio, C. (2004): Trophic habits of the fish assemblage in an artificial freshwater ecosystem: the Joaquín Costa reservoir, Spain. *Folia Zoologica*, 53: 437–449.
- Erős, T., Sevcsik, A., Tóth, B. (2005): Abundance and night-time habitat use patterns of Ponto-Caspian gobiid species (Pisces, Gobiidae) in the littoral zone of the River Danube, Hungary. *Journal of Applied Ichthyology*, 21: 350-357.
- Grabowska, J., Grabowski, M., Kostecka, A. (2009): Diet and feeding habits of monkey goby (*Neogobius fluviatilis*) in a newly invaded area. *Biological Invasions*, 11: 2161-2170.
- Griffiths, W.E. (1976): Food and feeding habits of european perch in the selwyn river, canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 10(3): 417-428.
- Habeković, D., Mišetić, S., Debeljak, Lj., Marko, S., Popović, J., Fašaić, K., Homen, Z., Mavračić, D. (1983): Ribarsko–gospodarska osnova područja zajednice SRD Varaždin. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Istraživačko razvojni centar za ribarstvo, Zagreb, p. 102.
- Hansson, S. (1984): Competition as a factor regulating the geographical distribution of fish species in a Baltic archipelago: a neutral model analysis. *Journal of biogeography*, 367-381.
- Hodgson, J. R., Carpenter, S. R., Gripenrog, A. P. (1989): Effect of sampling frequency on intersample variance and food consumption estimates of nonpiscivorous largemouth bass. *Transactions of the American Fisheries Society*, 118(1): 11-19.
- Hodgson, J. R., Kitchell, J. F. (1978): Opportunistic Foraging by Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*). *The American Midland Naturalist*, 118(2): 323-335.
- Holden, M. J., Raitt, D. F. S. (1974): Methods of Resource Investigation and their Application. *Manual of fisheries science*. FAO, Rim, 255 pp.

- Horvatić, S., Cavraro, F., Zanella, D., Malavasi, S. (2015): Sound production in the Ponto-Caspian goby *Neogobius fluviatilis* and acoustic affinities within the *Gobius* lineage: implications for phylogeny. *Biological journal of the Linnean society*, 117(3): 564-573.
- Hrvatske vode (2014): Provedbeni plan obrane od poplava branjenog područja. Hrvatske vode, ožujak 2014, pp. 6.
- Hunt, P. C., Jones, J. W. (1972): The food of brown trout in Llyn Alaw, Anglesey, North Wales. *Journal of Fish Biology*, 4: 333-52.
- Jakovlić, I., Piria, M., Šprem, N., Tomljanović, T., Matulić, D., Treer, T. (2015): Distribution, abundance and condition of invasive Ponto-Caspian gobies *Ponticola kessleri* (Günther, 1861), *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814), and *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) in the Sava River basin, Croatia. *Journal of Applied Ichthyology*, 1-7.
- Jakšić, G. (2016): Biološka, ekološka i genska obilježja invazivnih ponto-kaspijskih glavoča (Gobiidae) savskog sliva u Hrvatskoj. Doktorska dizertacija, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Jakšić, G., Jadan, M., Piria, M. (2016): The review of ecological and genetic research of Ponto-Caspian gobies (Pisces, Gobiidae) in Europe. *Croatian Journal of Fisheries*, 74: 93-114.
- Jazdzewski, K., Konopacka, A. (2002): Invasive Ponto-Caspian species in waters of the Vistula and Oder Basins and the Southern Baltic Sea, In: Leppäkoski, E., Gollasch, S., Olenin, S. (Eds.), *Invasive Aquatic Species of Europe; Distribution, Impacts and Management*. Springer, Netherlands, pp. 384-398.
- Jurajda, P., Černý, J., Polačik, M., Valová, Z., Janáč, M., Blažek, R., Ondračková, M. (2005): The recent distribution and abundance of non-native *Neogobius* fishes in the Slovak section of the River Danube. *Journal of Applied Ichthyology*, 21: 319-323.
- Kakareko, T., Żbikowski, J., Żytkowicz, J. (2005): Diet partitioning in summer of two syntopic neogobiids from two different habitats of the lower Vistula River, Poland. *Journal of Applied Ichthyology*, 21: 292-295.
- Kerovec, M. (1986): Priručnik za upoznavanje beskralježnjaka naših potoka i rijeka. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 127 pp.

- Kessel van, N., Dorenbosch, M., De Boer, M. R. M., Leuven, R. S. E. W., Van der Velde, G. (2011): Competition for shelter between four invasive gobiids and two native benthic fish species. *Current Zoology*, 57: 844-851.
- Koli, L., Rask, M., Viljanen, M., Aro, E. (1988): The diet of perch, *Perca fluviatilis* L., at Twärminne, northern Baltic Sea, and a comparison with two lakes. *Aqua Fenn*, 18: 185-191.
- Kornis, M. S., Mercado-Silva, N., Vander Zanden, M. J. (2012): Twenty years of invasion: a review of round goby *Neogobius melanostomus* biology, spread and ecological implications. *Journal of Fish Biology*, 80: 235–285.
- Kottelat, M., Freyhof, J. (2007): Handbook of European Freshwater Fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, 646 pp.
- Krebs, C. (1999): Ecological methodology. Menlo Park, California: Addison Wesley Longman, Inc. p 1–620.
- Lappalainen, A., Rask, M., Koponen, H., Vesala, S. (2001): Relative abundance, diet and growth of perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) at Tvaerminne, northern Baltic Sea, in 1975 and 1997: responses to eutrophication?. *Boreal Environment Research*, 6(2): 107-118.
- Le Cren, E. D. (1951): The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition factor in perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20: 201-219.
- Leuven, R. S. E. W., van der Velde, G., Baijens, I., Snijders, J., van der Zwart, C., Lenders, H. J. R., bij de Vaate, A. (2009): The river Rhine: a global highway for dispersal of aquatic invasive species. *Biological Invasions*, 11: 1989-2008.
- Lorenzoni, M., Corboli, M., Dörr, A. J. M., Giovinazzo, G., Selvi, S., Mearelli, M. (2002): Diets of *Micropterus salmoides* and *Esox lucius* L. in lake Trasimeno (Umbria, Italy) and their diet overlap. *Bulletin Francais De La Peche Pisciculture*, 365: 537-547.
- Mann, R. H. K. (1978): Observations on the biology of the perch, *Perca fluviatilis*, in the River Stour, Dorset. *Freshwater Biology*, 8: 229-39.
- Manné, S., Poulet, N., Dembski, S. (2013): Colonisation of the Rhine basin by non-native gobiids: an update of the situation in France. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 411: 02.

- Mattila, J., Bonsdorff, E. (1988): A quantitative estimation of fish predation on shallow soft bottom benthos in SW Finland. *Kieler Meeresforschungen, Sonderheft*, 6: 111-125.
- Mišetić, S., Habeković, D., Debeljak, Lj., Mrakovčić, M. (1984): izvještaj o ispitivanju fizikalnih, kemijskih, bioloških i ihtioloških svojstava nadzemnih voda sustava HE Čakovec u godini 1983. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Istraživačko razvojni centar za ribarstvo, Zagreb, p. 62.
- Mišetić, S., Habeković, D., Debeljak, Lj., Chavrak, D., Mrakovčić, M., Koprek, J. (1986): Izvještaj o ispitivanju fizikalnih, kemijskih, bioloških i ihtioloških svojstava nadzemnih voda sustava HE Čakovec u godini 1985. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Istraživačko razvojni centar za ribarstvo, Zagreb, p. 87.
- Mrakovčić, M. (2002): Ribolovno–gospodarska osnova na ribolovnom području Rekreativno–športsko–ribolovnog društva »Špansko–Susedgrad«. Zoologijski zavod, Prirodoslovno–matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, p. 71.
- Mrakovčić, M., Brigić, A., Buj, I., Čaleta, M., Mustafić, P., Zanella, D. (2006): Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 253 pp.
- Mujić, M. (2016): Zaštita i spašavanje od poplava grada Karlovca. Završni rad, Stručni studij sigurnosti i zaštite, Veleučilište u Karlovcu.
- Petravić, J., Jarnjak, M., Kuri, K., Andrašić, M., Vuletić, I. K., Kulaš, M. M., Jajčević, H., Jakšić, G. (2020): Fish assemblage of the artificial flood protection channel Kupa-Kupa. *sa55*, 316-321.
- Pinchuk, V. I., Vasil'Eva, E. D., Vasil'Ev, V. P. (2003): *Neogobius fluviatilis* Kessler, 1875. In: Miller, P. J. (ed.), *The Freshwater Fishes of Europe*. Vol 8/I Mugilidae, Atherinidae, Atherionopsidae, Blennidae, Odontobutidae, Gobiidae 1., AULA-Verlag GmbH Wiebelsheim, Verlag für Wissenschaft und Forschung, Germany, 223-264 pp.
- Piria, M., Treer, T., Tomljanović, T., Šprem, N., Matulić, D., Aničić, I., Safner, R. (2011a): First record of monkey goby, *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814) in the barbell zone of the Sava River, Croatia. *Journal of Applied Ichthyology*, 27: 1383-1384.

- Piria, M., Šprem, N., Jakovlić, I., Tomljanović, T., Matulić, D., Treer, T., Aničić, I., Safner, R. (2011b): First record of round goby, *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) in the Sava River, Croatia. *Aquatic Invasions*, 6: 153-157.
- Piria, M., Povž, M., Vilizzi, L., Zanella, D., Simonović, P., Copp, G. H. (2016a): Risk screening of non-native freshwater fishes in Croatia and Slovenia using the Fish Invasiveness Screening Kit. *Fisheries Management and Ecology*, 23: 21-31.
- Piria, M., Jakšić, G., Jakovlić, I., Treer, T. (2016b): Dietary habits of invasive Ponto-Caspian gobies in the Croatian part of the Danube River basin and their potential impact on benthic fish communities. *Science of the Total Environment*, 540: 386-395.
- Plachá, M., Balážová, M., Kováč, V., Katina, S. (2010): Age and growth of non-native monkey goby *Neogobius fluviatilis* (Teleostei, Gobiidae) in the River Ipel', Slovakia. *Journal of Vertebrate Biology*, 59(4): 332-340.
- Polačik, M., Trichkova, T., Janáč, M., Vassilev, M., Jurajda, P. (2008): The Ichthyofauna of the Shoreline Zone in the Longitudinal Profile of the Danube River, Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 60: 77-88.
- Polačik, M., Janáč, M., Trichkova, T., Vassilev, M., Keckeis, H., Jurajda, P. (2008a): The distribution and abundance of the *Neogobius* fishes in their native range (Bulgaria) with notes on the non-native range in the Danube River. *Large Rivers*, 18: 193-208.
- Popović, J., Fašaić, K., Mišetić, S., Pažur, K. (1984): Mjere za unapređenje slatkovodnog ribarstva općine Ivanić-Grad. Ribolovno-gospodarska osnova, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Istraživačko razvojni centar za ribarstvo, Zagreb. p. 83.
- Povž, M. (2016): Glavati kapič (*Neogobius kessleri*) – riba pripetenka. *Ribič*, 3: 45.
- Prpa, Z., Treer, T., Piria, M., Šprem, N. (2007): The condition of fish from some freshwaters of Croatia. *Croatian Journal of Fisheries*, 65(1): 25-46.
- Ricker, W. E. (1975): Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. *Bulletin of Fishery Research Board Canada*, 191: 382 pp.
- Roche, K. F., Janač, M., Jurajda, P. (2013): A review of Gobiid expansion along the Danube-Rhine corridor – geopolitical change as a driver for invasion. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 411: 01.

- Schoener, T. W. (1970): Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy environments. *Ecology*, 51: 408-418.
- Simonovic, P., Tošić, A., Vassilev, M., Apostolou, A., Mrdak, D., Ristovska, M., Kostov, V., Nikolić, V., Škraba, D., Vilizzi, L., Copp, G. H. (2013): Risk assessment of non-native fishes in the Balkans Region using FISK, the invasiveness screening tool for non-native freshwater fishes. *Mediterranean Marine Science*, 14(2): 369-376.
- Sindilariu, P. D., Freyhof, J. (2003): Food overlap of benthic fishes in the Danube Delta, with special respect to two invasive gobiids (Teleostei: Gobiidae, Percidae, Cyprinidae). *Lauterbornia*, 46: 149-157.
- StatSoft, Inc. (2013). STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com, pristupljeno 4.6.2020.
- Stroud WRC (2020): Identification guide to freshwater macroinvertebrates. Stroud Water Research Center, Avondale. <https://stroudcenter.org/macros/key/>, pristupljeno: 4.6.2020.
- Šanda, R., Balković, I., Bogut, I., Galović, D., Vidaković, J., Čerba, D., Kovačević, T. (2013): Nova saznanja o rasprostranjenosti invazivnih vrsta porodice Gobiidae. Zbornik sažetaka, 9. međunarodni gospodarskoznanstveni skup o ribarstvu, Vukovar 8 – 10. 5. 2013., Izdavač: HGK, pp. 2526.
- Treer, T. (2008): Ihtiologija II. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 92 pp.
- Treer, T., Piria, M. (2019): Osnove primjenjene ihtiologije. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet (Piria, M. Ur.). Zagreb: Tisak Optimedia doo. 51-60, 97-105.
- Vassilev, M., Apostolou, A., Velkov, B., Dobrev, D., Zarev, V. (2012): Atlas of the gobies (Gobiidae) in Bulgaria. Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, 112 pp.
- Wallace, R. K. (1981): An assessment of diet overlap indexes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 110: 72-76.
- Windell, J. T. (1971): Food analysis and Rate of Digestion. IBP Handbook No. 3.
- Zaret, T. M., Rand, A. S. (1971): Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. *Ecology*, 52: 336-342.
- URL 1: Hrvatske vode, Vodnogospodarski odjel za srednju i donju Savu: Zaštita od poplava grada Karlovca.

<https://www.karlovac.hr/UserDocsImages/dokumenti/Clanci/Karlovac-prezentacija.pdf>, pristupljeno: 10. kolovoza 2020.

- URL 2: Hrvatske vode: Kupa – rijeka tirkiznog izvora koja izvire u nacionalnom parku.

<https://www.voda.hr/hr/novosti/kupa-rijeka-tirkiznog-izvora-koja-izvire-u-nacionalnom-parku>, pristupljeno: 10. kolovoza 2020.

- URL 3: Hrvatski športsko ribolovni savez: Kupa.

<http://www.ribolovni-savez.hr/ribolovne-vode/kupa/>, pristupljeno: 27.8.2020.

8. ŽIVOTOPIS

OSOBNİ PODACI:

Ime i prezime: Livija Ceranić

Datum i mjesto rođenja: 15. lipnja 1996., Ogulin, Republika Hrvatska

OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE:

2018. – 2020. Diplomski studij Znanosti o okolišu, Prirodoslovno-matematički fakultet

Sveučilišta u Zagrebu

2015. – 2018. Preddiplomski studij Znanosti o okolišu, Prirodoslovno-matematički fakultet

Sveučilišta u Zagrebu

2011. – 2015. Gimnazija Bernardina Frankopana, Ogulin

2003. – 2011. Osnovna škola Ivane Brlić-Mažuranić, Ogulin

OSOBNİ VJEŠTINE:

- Poznavanje stranih jezika: engleski jezik i njemački jezik.
- Komunikacijske vještine: Otvorena, komunikativna i korektna. Spremna za rad u timu.
- Organizacijske vještine: Točna i precizna. Sposobna raditi konstruktivno u timu, a po potrebi i preuzeti ulogu vođe.
- Poslovne vještine: Sistematična, ambiciozna i odgovorna.
- Digitalne vještine: Poznavanje rada na računalu, Microsoft office programa.

STRUČNA EDUKACIJA I SUDJELOVANJA:

- 1. lipnja 2019. – pasivno sudjelovanje na 5. Simpoziju studenata bioloških usmjerenja (SISB 5), Zagreb.
- 5. travnja 2019. – sudjelovanje na manifestaciji Noć Biologije.

- 8. srpnja-14. srpnja 2018. – sudjelovanje na tečaju „Practically Speaking English“. Tečaj se održavao u Pučkom otvorenom učilištu Ogulin od strane predavača i stručnih suradnika iz SAD-a.
- 2. lipnja 2018. – pasivno sudjelovanje na 4. Simpoziju studenata bioloških usmjerenja (SISB 4), Zagreb.
- 13. travnja 2018. – sudjelovanje na manifestaciji Noć Biologije.
- 7. travnja 2017. – sudjelovanje na manifestaciji Noć Biologije.
- 8. travnja 2014. – položen ispit iz njemačkog jezika (A1 razina) preko Goethe-Instituta.