

# Utjecaj višestrukih stresora na staništa i sastav ribljih zajednica u vodotocima savskoga slijeva u Hrvatskoj

---

Špelić, Ivan

Doctoral thesis / Disertacija

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:315179>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

Agronomski fakultet

Ivan Špelić

**UTJECAJ VIŠESTRUKIH STRESORA NA  
STANIŠTA I SASTAV RIBLJIH ZAJEDNICA U  
VODOTOCIMA SAVSKOGA SLIJEVA U  
HRVATSKOJ**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2023.



University of Zagreb

Faculty of agriculture

Ivan Špelić

**IMPACT OF MULTIPLE STRESSORS ON  
HABITATS AND COMPOSITION OF FISH  
COMMUNITIES IN THE STREAMS OF SAVA  
RIVER BASIN, CROATIA**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2023.



Sveučilište u Zagrebu

Agronomski fakultet

Ivan Špelić

**UTJECAJ VIŠESTRUKIH STRESORA NA  
STANIŠTA I SASTAV RIBLJIH ZAJEDNICA U  
VODOTOCIMA SAVSKOGA SLIJEVA U  
HRVATSKOJ**

DOKTORSKI RAD

Mentor:

prof. dr. sc. Marina Piria

Zagreb, 2023.



University of Zagreb

Faculty of agriculture

Ivan Špelić

**IMPACT OF MULTIPLE STRESSORS ON  
HABITATS AND COMPOSITION OF FISH  
COMMUNITIES IN THE STREAMS OF SAVA  
RIVER BASIN, CROATIA**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:

prof. dr. sc. Marina Piria

Zagreb, 2023.

## **Bibliografska stranica**

Bibliografski podaci:

- Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
- Znanstveno polje: Poljoprivreda (agronomija)
- Znanstvena grana: Ribarstvo
- Institucija: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za ribarstvo, pčelarstvo, lovstvo i specijalnu zoologiju
- Voditelj doktorskog rada: prof. dr. sc. Marina Piria
- Broj stranica: 143
- Broj slika: 4
- Broj grafikona: 17
- Broj tablica: 29
- Broj priloga: 2
- Broj literaturnih referenci: 205
- Datum obrane doktorskog rada:
- Sastav povjerenstva za obranu doktorskog rada:

1. prof. dr. sc. Tea Tomljanović, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

2. prof. emeritus Tomislav Treer, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

3. prof. dr. sc. Predrag Simonović, Univerzitet u Beogradu Biološki fakultet

Rad je pohranjen u:

- Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, Ulica Hrvatske bratske zajednice 4, p.p. 550, 10 000 Zagreb.
- Knjižnici Sveučilišta u Zagrebu, Agronomskog fakulteta, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb.

Tema rada prihvaćena je na sjednici Fakultetskog vijeća Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, održanoj dana 8. prosinca 2020. godine (KLASA: 643-03/20-04/19; URBROJ: 251-71-29-02/7-20-4) te odobrena na sjednici Senata Sveučilišta u Zagrebu, održanoj dana 21. rujna 2021. godine (KLASA: 643-03/21-08/04; URBROJ:380-130/134-21-3).

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**IZJAVA O IZVORNOSTI**

Ja, **Ivan Špelić**, izjavljujem da sam samostalno izradio doktorski rad pod naslovom:

**UTJECAJ VIŠESTRUKIH STRESORA NA STANIŠTA I SASTAV RIBLJIH  
ZAJEDNICA U VODOTOCIMA SAVSKOGA SLIJEVA U HRVATSKOJ**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovog dokorskog rada
- da je doktorski rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istog nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedni
- da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

Zagreb, \_\_\_\_, \_\_\_\_, \_\_\_\_\_ godine

---

Ivan Špelić

## Ocjena doktorskog rada

Ovaj doktorski rad ocijenilo je povjerenstvo u sastavu

1. prof. dr. sc. Tea Tomljanović

*Redoviti profesor Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*

2. prof. dr. sc. Tomislav Treer, professor emeritus

*Profesor emeritus Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*

3. prof. dr. sc. Predrag Simonović

*Redoviti profesor Biološkog fakulteta, Univerzitet u Beogradu*

Doktorski rad je obranjen na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, \_\_\_\_\_  
godine pred povjerenstvom u sastavu:

1. prof. dr. sc. Tea Tomljanović

---

*Redoviti profesor Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*

2. prof. dr. sc. Tomislav Treer, professor emeritus

---

*Profesor emeritus Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*

3. prof. dr. sc. Predrag Simonović

---

*Redoviti profesor Biološkog fakulteta, Univerzitet u Beogradu*



# Informacije o mentoru

## **prof. dr. sc. Marina Piria**

Marina Piria rođena je 22. rujna 1972. godine u Zagrebu. Na Agronomskom fakultetu u Zagrebu, 1997. godine je obranila diplomski rad, na istom fakultetu 2003. godine završava magistarski studij, te 2007. brani doktorsku disertaciju. Od 1998. godine zaposlena je na Zavodu za ribarstvo, pčelarstvo, lovstvo i spec. zoologiju pri Agronomskom fakultetu. Godine 2008. izabrana je za docenticu, 2012. za izvanrednu, 2017. godine za redovitu te 2023. za redovitu profesoricu u trajnom izboru. Voditeljica je modula Limnologija i Oceanologija od 2008. g. koji ujedno vodi i na engleskom jeziku, a od 2018. godine vodi i modul Ihtiologija na diplomskom studiju Ribarstvo i Lovstvo. Od 2018. godine koordinira modulom Aquatic ecosystems and biodiversity na diplomskom studiju Environment, agriculture and resource management (INTER-EnAgro). Utemeljila je modul Proizvodnja energije iz akvakulture i ribarstva na diplomskom studiju Obnovljivi izvori energije i gospodarenje otpadom u poljoprivredi koji se izvodi od šk. god. 2018/19. Na preddiplomskom studiju voditeljica je modula Biodiverzitet Jadrana i kopnenih voda, a suradnica na modulima Ribarstvo i Uzgoj avertebrata. Na specijalističkom poslijediplomskom studiju Ribarstva voditeljica je modula Hidrobiologija i zaštita voda u ribarstvu, Akvatični avertebrata i Slatkovodni ribolov, a na poslijediplomskom doktorskom studiju Poljoprivredne znanosti voditeljica je modula Metode ribarskih istraživanja u otvorenim vodama.

Član je uredništva znanstveno stručnog časopisa 'Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo' od 2003. godine. Obnašala je dužnost glavne urednice od 2013.-2015. godine te je tijekom mandata modernizirala dizajn časopisa, uvrstila časopis u mnoge svjetske baze, te pokrenula inicijativu za uključenje časopisa u WoS core collection. Od 2016. obnaša ulogu znanstvene urednice za područje ihtiologije. Od 2012. godine član je međunarodne organizacije EIFAAC/FAO – Technical and scientific committee <http://www.fao.org/fishery/rfb/eifaac/en>. Godine 2016. je preuzela i ulogu voditeljice EIFAAC projekta pod nazivom Management / Threat of Aquatic Invasive Species in Europe.

Od 2015 do 2023. godine bila je nacionalni voditelj EU FP7 i Erasmus+ projekata, a vodila je još i tri međunarodna bilateralna projekta(s Kinom, Crnom Gorom i Srbijom). U svojstvu suradnice sudjelovala je na 7 međunarodnih i preko 20 domaćih projekata. Suradnica je na Cost i Life projektu čija izvedba je u tijeku.

Do sada je objavila mnogobrojne publikacije od čega 70 A1 radova indeksirana u WoS core collection, preko 50 radova indeksirana u A2 i A3 bazama, 40 stručnih studija, 50 kongresna sažetka i 22 ostala neindeksirana i stručna rada kao autor ili u koautorstvu.

## Zahvala

Zahvaljujem, prije svega, mentorici prof. dr. sc. Marini Piriji na neprocjenjivim savjetima i podršci u svim aspektima mog studija i rada. Uz nju je bilo puno lakše snaći se u znanstvenom okruženju i izraditi ovaj doktorski rad. Veliko hvala dugujem Teni Radočaj koja je kroz godine istraživanja bila na gotovo svim terenima sa mnom i marljivo mi pomagala. Zahvaljujem i ostalim sadašnjim i bivšim kolegama sa Zavoda koji su mi pomagali s terenskim radom i s rješavanjem brojnih nedoumica prilikom izrade doktorata: prof. dr. sc. Ana Gavrilović, prof. dr. sc. Tea Tomljanović, izv. prof. dr. sc. Daniel Matulić, izv. prof. dr. sc. Lidija Svečnjak, dr. sc. Andrea Rezić, dr. sc. Krešimir Kavčić. Zahvalio bih i članovima povjerenstva, još jednom prof. dr. sc. Tei Tomljanović kao predsjednici te prof. dr. sc. Tomislavu Treeru (profesoru emeritus) i prof. dr. sc. Predragu Simonoviću na ažurnosti, pomoći i savjetima prilikom pregleda i ocjene rada. Veliko hvala mojoj Ani koja je žrtvovala svoje vrijeme da mi pomogne kad god je trebalo i pokazala bezrezervnu ljubav, podršku i razumijevanje. Ovaj rad posvećujem svojim roditeljima, ocu Marku i majci Snježani, sestrama Maji i Ani te bratu Brunu. Oni su me, svatko na svoj način, usmjerili kroz život i oblikovali kao osobu.

Podaci za izradu rada su prikupljeni u sklopu projekta "Uspostava nacionalnog sustava za praćenje invazivnih stranih vrsta" K.K.06.5.1.01.0001. Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja, nabave "Usluge analize postojećih podataka o stranim vrstama i IAS s razradom metodologije kartiranja, usluge kartiranja stranih vrsta i IAS s izradom, testiranjem i doradom programa praćenja za IAS, te usluge analize putova unošenja i širenja IAS" provedene u razdoblju od 2019.-2021.

# SAŽETAK

Sastav ribljih zajednica nekog područja ovisi o raznovrsnim okolišnim značajkama staništa unutar tog područja. Antropogene izmjene okoliša dovode do promjena u vodenim ekosustavima koje imaju utjecaj kako i na bioraznolikost slatkovodnih riba tako i na sastav njihovih zajednica. Iako je Hrvatska jedna od najbogatijih zemalja u Europi što se tiče slatkovodne ihtiofaune, vrlo malo istraživanja se bavi ekologijom riba i raspodjelom ribljih zajednica, a još manje utjecajem čovjeka na promjene u ribljim zajednicama i na njihovu raspodjelu. Cilj ovog rada je bio utvrditi koje su navažnije prirodne i antropogene značajke staništa koje utječu na sastav vrsta slatkovodnih riba unutar tekućica savskog slijeva Hrvatske te kako one utječu na raspodjelu tih vrsta. Dodatno je analizirana pojavnost dvije invazivne vrste riba u istraživanom području. Istraživanje se provodilo od lipnja 2019. do rujna 2020. godine. Uzorkovanje riba elektroribolovom je provedeno na ukupno 111 lokacija s 84 različita vodotoka za koje nije bilo dovoljno dostupnih podataka o slatkovodnoj ihtiofauni. Istovremeno su se bilježile osnovne fizikalno-kemijske značajke vode te morfološke značajke vodotoka. Ukupno su zabilježene 42 vrsta riba od čega 20 rijetkih vrsta koje su isključene iz daljnje analize. Bioraznolikost je izračunata putem Shannon-Wiener indeksa, povezanost vrsta riba i značajki okoliša je istražena multivarijantnim analizama, a sličnosti zajednica različitih tipova vodotoka su uspoređene klaster analizom, analizom sličnosti (ANOSIM) i analizom postotaka sličnosti (SIMPER). Vjerojatnost pojavnosti invazivnih vrsta riba je modelirana generaliziranim linearnim modelom. Za statističku obradu podataka korišteni su paketi PAST, CANOCO i R. Istraživanjem je utvrđeno da je za raspodjelu zajednica najvažniji bio uzvodno-nizvodni gradijent, koji obuhvaća nadmorsku visinu vodotoka, sastav supstrata dna vodotoka, dubinu i širinu vodotoka te temperaturu vode. Zajednice riba su se duž tog gradijenta mijenjale iz hladnovodnih reofilnih specijalista do toplovodnih generalista u koje su spadale i strane vrste. Hidromorfološke izmjene vodotoka pod utjecajem čovjeka su na pojedinim vodotocima prekinule takav prirodni kontinuitet promjene zajednica. Klen (*Squalius cephalus*) i dunavska krkuša (*Gobio obtusirostris*) su bile najbrojnije vrste u istraživanju i vrste koje su imale najveći utjecaj kod odvajanja zajednica riba različitih tipova staništa. Utvrđeno je da je vjerojatnost pojavnosti invazivne bezribice najveća u bogatim zajednicama sporih vodotoka, a vjerojatnost pojavnosti sunčanice raste s dubinom vodotoka. Rezultati ovog istraživanja doprinose boljem poznavanju raspodjela ribljih zajednica u kontinentalnoj Hrvatskoj s obzirom na prirodne i izmijenjene značajke staništa.

**Ključne riječi:** slatkovodna staništa, strane vrste, zavičajne vrste, ekologija riba, nadmorska visina, hidromorfološke modifikacije

## EXTENDED SUMMARY

# IMPACT OF MULTIPLE STRESSORS ON HABITATS AND COMPOSITION OF FISH COMMUNITIES IN THE STREAMS OF SAVA RIVER BASIN, CROATIA

The composition of fish communities in a certain area depends on the diverse environmental features of the habitats within that area. Anthropogenic changes to the environment lead to alterations in aquatic ecosystems that impact both the biodiversity of freshwater fish and the composition of their communities.

Despite Croatia being one of the richest countries in Europe in terms of freshwater ichthyofauna, very little research focuses on fish ecology and the distribution of fish communities, and even fewer on the human impact on changes in fish communities and their distribution. To resolve this, a two-year research (2019-2020) was carried out to determine the most significant natural and anthropogenic habitat features that influence the composition of freshwater fish species within the Sava River basin of Croatia, and how these features affect the distribution of these species. Additionally, the occurrence of two invasive fish species in relation to habitat features in the studied area was analyzed.

In the *Introduction*, the question of the ever-changing habitats' negative impact on the freshwater ichthyofauna was discussed. Croatia, specifically Danube basin, was discussed in a perspective of European freshwater fish diversity and the problem of the lack of specific ecological studies of this area was highlighted.

History of the freshwater ichthyofauna ecology research and current knowledge on the matter was presented in the beginning of the *Overview of the previous research* chapter. The most important habitat features that influence the freshwater fish assemblages on the global scale were listed and discussed in detail. The list included presence of predators and competitors, elevation, water velocity, depth, bed substrate, aquatic plants, water temperature, oxygen concentration and water quality (pH, conductivity). Second part of this chapter was focused on the current knowledge on the stressors which are impacting fish assemblages. Pollution, hydromorphological modifications (dams, weirs, channelization, embankment) and invasive species were covered. Also, "urban streams" as a result of several simultaneous stressors were mentioned and discussed. Final part was specifically aimed towards the state of fish assemblages in Sava river basin in Croatia and related studies. Those studies were mostly inventory ones; some are covering impacts of

pollutants on specific species and there are several regarding alien freshwater fish species. In this area, topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) and pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) were recognized as the most abundant invasive fish species from a List of invasive alien species of Union concern. Their habitat preferences, according to literature, were presented.

In the *Material and methods* chapter the research period, area, and methodology was presented. Research was conducted from June 2019 to September 2020. Fish sampling using electrofishing was carried out at a total of 111 locations across 84 different watercourses for which there were insufficient available data on freshwater ichthyofauna. Simultaneously, basic physico-chemical water characteristics and morphological stream features were recorded. Biodiversity was calculated as Shannon-Wiener index and it was compared between different types of habitats with Mann-Whitney-U test. Impact of the habitat features and stressors on fish assemblages was analysed using the canonical correspondance analysis or redundancy analysis, depending on the structure of the dependant data. Bray-Curtis similarity was used to compare the fish assemblages on the same watercourses in different state. It was also used to generate similarity matrices in cluster analysis, analysis of similarities and similarity percentages. Cluster analysis was done on the complete set of data to divide them into interpretable subunits, regarding to the habitat features and stressors. Analysis of similarities and similarity percentages were used to determine the difference between fish assemblages of different types of watercourses (regarding their habitat features and present stressors). The probability of occurrence of invasive fish species was modelled using a generalized linear model. Statistical data processing was performed using the PAST, CANOCO, and R software packages.

Results were presented in the *Results* chapter and compared to similar studies in the *Discussion* chapter, finally resulting with a set of conclusions. A total of 42 fish species were recorded, of which 20 rare species were excluded from further analysis. The research determined that the most significant factor influencing community distribution was the upstream-downstream gradient, encompassing stream elevation, streambed substrate composition, stream depth and width, and water temperature. Along this gradient, fish communities shifted from cold-water rheophilic specialists to warm-water generalists, including non-native species. Hydromorphological alterations to watercourses influenced by humans disrupted such natural continuity of community changes in certain watercourses. European chub (*Squalius cephalus*) and Danube gudgeon (*Gobio obtusirostris*) were the most numerous species in the study and had the greatest impact on the separation of fish communities in different habitat types. The probability of occurrence of invasive topmouth gudgeon was highest in rich communities of slow watercourses, while the probability of occurrence of pumpkinseed increased with stream depth. The results of this research

contribute to a better understanding of the distribution of fish communities in the watercourses of the continental Croatia in relation to natural and altered habitat features. This study also describes the habitats in which the invasive alien fish species are most likely to occur and provides the basis for the future research.

**Keywords:** freshwater habitats, alien species, native species, fish ecology, elevation, hydromorphological modifications

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja.....	3
2. PREGLED RELEVANTNE LITERATURE.....	4
2.1. Interakcija značajki okoliša i zajednica slatkovodnih riba.....	4
2.2. Utjecaj stresora na vodeni okoliš i zajednice slatkovodnih riba.....	8
2.3. Stanje zajednica slatkovodnih riba savskog slijeva u Hrvatskoj.....	11
3. MATERIJAL I METODE RADA.....	15
3.1. Područje istraživanja .....	15
3.2. Prikupljanje uzoraka riba i okolišnih podataka .....	22
3.3. Standardizacija i priprema podataka .....	23
3.4. Statistička obrada podataka .....	24
3.4.1. Raznolikost i sastav ihtiofaune u odnosu na stanište i stresore .....	24
3.4.1.1. Procjena bioraznolikosti ihtiofaune .....	24
3.4.1.2. Odabir i primjena odgovarajuće multivarijatne metode ekološke statistike.....	25
3.4.2. Sličnost zajednica .....	27
3.4.2.1. Bray-Curtis sličnost .....	27
3.4.2.2. Klaster (cluster) analiza .....	27
3.4.2.3. Analiza sličnosti (analysis of similarities, ANOSIM) i analiza postotaka sličnosti (similarity percentages, SIMPER) .....	28
3.4.3. Generalizirani linearni model (GLM) .....	29
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	32
4.1. Sastav vrsta i raznolikost ribljih zajednica.....	32
4.1.1. Sastav ihtiofaune.....	32
4.1.2. Biološka raznolikost ihtiofaune po lokacijama.....	35
4.2. Povezanost značajki okoliša i sastava ribljih zajednica.....	38
4.2.1. Ukupan sastav zajednica i identifikacija okolišnih stresora .....	38
4.2.2. Utjecaj predatorskih vrsta .....	42
4.2.3. Utjecaj stranih vrsta.....	46
4.2.4. Utjecaj okolišnih značajki na rasprostranjenost stranih vrsta .....	50
4.2.5. Najvažnije značajke okoliša u multivarijatnim analizama .....	54
4.3. Grupiranje postaja uzorkovanja prema sastavu ribljih zajednica.....	59
4.4. Usporedba zajednica s lokacija na istim vodotocima .....	64

4.5.	Analiza indeksa bioraznolikosti u različitim tipovima vodotoka.....	68
4.6.	Analiza sličnosti ribljih zajednica u različitim tipovima vodotoka.....	70
4.7.	Pojavnost invazivnih vrsta riba .....	78
4.7.1.	Pojavnost bezribice .....	78
4.7.2.	Pojavnost sunčanice .....	79
5.	RASPRAVA.....	82
6.	ZAKLJUČCI.....	93
7.	POPIS LITERATURE .....	95
8.	ŽIVOTOPIS .....	118
9.	PRILOZI .....	126



## **POPIS SLIKA**

Slika 1. Lokacije uzorkovanja (crne točke) smještene unutar savskog slijeva Hrvatske (tamnosivo)

Slika 2. Detaljan prikaz zapadnog dijela područja istraživanja s označenim lokacijama uzorkovanja (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

Slika 3. Detaljan prikaz središnjeg dijela područja istraživanja s označenim lokacijama uzorkovanja (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

Slika 4. Detaljan prikaz istočnog dijela područja istraživanja s označenim lokacijama uzorkovanja (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Grafikon 1. Postotni udio broja jedinki pojedinih vrsta riba u standardiziranom ulovu (broj jedinki na 100 m uzorkovanja). Crno je označen udio stranih vrsta. Vrste koje su isključene iz seta zavisnih varijabli zbog rijetke pojavnosti po bilo kojem od navedenih kriterija su označene s \*

Grafikon 2. Biplot prve dvije osi interactive forward selection CCA na ukupnom sastavu vrsta (SWI: Shannon – Wiener indeks; *A\_bip*: *Alburnoides bipunctatus*; *A\_alb*: *Alburnus alburnus*; *Barbat*: *Barbatula barbatula*; *B\_bal*: *Barbus balcanicus*; *B\_bar*: *Barbus barbus*; *C\_gib*: *Carassius gibelio*; *C\_els*: *Cobitis elongatoides*; *C\_ela*: *Cobitis elongata*; *C\_gob*: *Cottus gobio*; *C\_car*: *Cyprinus carpio*; *G\_obt*: *Gobio obtusirostris*; *L\_gib*: *Lepomis gibbosus*; *L\_idu*: *Leuciscus idus*; *P\_flu*: *Perca fluviatilis*; *P\_lum*: *Phoxinus lumaireul*; *P\_par*: *Pseudorasbora parva*; *R\_ama*: *Rhodeus amarus*; *R\_rut*: *Rutilus rutilus*; *S\_bal*: *Sabanejewia balcanica*; *S\_ery*: *Scardinius erythrophthalmus*; *S\_gla*: *Silurus glanis*; *S\_cep*: *Squalus cephalus*)

Grafikon 3. Smještaj lokacija uzorkovanja unutar biplota prve dvije osi interactive forward selection CCA na ukupnoj zajednici (kodovi lokacija odgovaraju onima iz tablice 3; SWI: Shannon-Wiener indeks)

Grafikon 4. Biplot prve dvije osi interactive forward selection CCA na sastavu zajednice bez uključenih predatorskih vrsta, s prisutnosti predatora kao kovarijablom (kratice odgovaraju onima iz Grafikona 4)

Grafikon 5. Smještaj lokacija uzorkovanja unutar interactive forward selection CCA biplota na prve dvije osi za sastav zajednice bez uključenih predatorskih vrsta, s prisutnosti predatora kao kovarijablom (kodovi lokacija odgovaraju onima iz tablice 3; SWI: Shannon-Wiener indeks)

Grafikon 6. Biplot prve dvije osi interactive forward selection CCA na sastavu zajednice bez uključenih stranih vrsta, s brojnošću stranih vrsta kao kovarijablom (kratice odgovaraju onima iz grafikona 2, uz dodatno visoka rip veg: prisutnost visoke riparijske vegetacije; vodeno bilje: prisutnost vodenog bilja; brojnost strane: brojnost jedinki stranih vrsta)

Grafikon 7. Smještaj lokacija uzorkovanja unutar interactive forward selection CCA biplota na prve dvije osi za sastav zajednice bez uključenih stranih vrsta, s brojnošću stranih vrsta kao kovarijablom (kodovi lokacija odgovaraju onima iz tablice 3; SWI: Shannon-Wiener indeks; visoka rip veg: prisutnost visoke riparijske vegetacije; vodeno bilje: prisutnost vodenog bilja; brojnost strane: brojnost jedinki stranih vrsta)

Grafikon 8. Biplot prve dvije osi interactive forward selection RDA na sastavu zajednice stranih vrsta, (kratice odgovaraju onima iz grafikona 2; udaljenost uzg rib: udaljenost od uzgojnog ribnjaka)

Grafikon 9. Smještaj lokacija uzorkovanja unutar interactive forward selection RDA biplota na prve dvije osi za sastav zajednice stranih vrsta (kodovi lokacija odgovaraju onima iz tablice 3; udaljenost uzg rib: udaljenost od uzgojnog ribnjaka)

Grafikon 10. Klaster dijagram lokacija generiran na temelju Bray-Curtis mjere sličnosti; sivo su označeni mali vodotoci, a crno su označeni veći vodotoci po tipizaciji Hrvatskih voda; iscrtano je naznačena granica Bray-Curtis sličnosti od 0,30 (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

Grafikon 11. Klaster dijagram lokacija generiran na temelju Bray-Curtis mjere sličnosti; zeleno su označene lokacije u prirodnom stanju, crveno su označene modificirane lokacije; iscrtano je naznačena granica Bray-Curtis sličnosti od 0,30 (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

Grafikon 12. Klaster dijagram lokacija generiran na temelju Bray-Curtis mjere sličnosti; crveno su označene lokacije na najnižoj nadmorskoj visini (ispod 100 m), plavo su označene lokacije na srednjoj nadmorskoj visini (100-119 m), tirkizno su označene lokacije na najvišoj nadmorskoj visini (iznad 119 m); iscrtano je naznačena granica Bray-Curtis sličnosti od 0,30 (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

Grafikon 13. Usporedba prosjeka Shannon Wiener indeksa između (M) modificiranih i (P) prirodnih staništa s prikazanom standardnom devijacijom; različita slova označavaju statistički značajnu razliku

Grafikon 14. Usporedba prosjeka Shannon-Wiener indeksa između vodotoka na različitim kategorijama nadmorske visine (visoka: lokacije iznad 119 mnm; srednja: lokacije od 100-119 mnm; niska: lokacije ispod 100 mnm) s prikazanom standardnom devijacijom; različita slova označavaju statistički značajnu razliku

Grafikon 15. Usporedba prosjeka Shannon-Wiener indeksa između prirodnih (P) i modificiranih (M) vodotoka na različitim kategorijama nadmorske visine (visoka: lokacije iznad 119 mnm; srednja: lokacije od 100-119 mnm; niska: lokacije ispod 100 mnm) s prikazanom standardnom devijacijom; različita slova označavaju statistički značajnu razliku

Grafikon 16. Grafički prikaz vjerojatnosti pojavljivanja bezribice u području istraživanja prema najoptimalnijem modelu

Grafikon 17. Grafički prikaz vjerojatnosti pojavljivanja sunčanice u području istraživanja prema najoptimalnijem modelu

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Značajke okoliša povezane s pojavnošću i/ili brojnošću bezribice navedene u literaturi

Tablica 2. Značajke okoliša povezane s pojavnošću i/ili brojnošću sunčanice navedene u literaturi

Tablica 3. Lokacije uzorkovanja s istaknutim kodom lokacije, duljinom uzorkovanja, datumom uzorkovanja i koordinatama

Tablica 4. Predloženi modeli za IT pristup odabira najboljeg modela, s objašnjenjem za svaki model pojavnosti bezribice (nadmorska visina – nadmorska visina lokacije uzorkovanja; šljunak – prisutnost šljunka u supstratu dna kao pokazatelj uvjeta protoka; predator – prisutnost predatorskih vrsta riba; ribnjak – udaljenost od najbližeg uzgojnog ribnjaka; vegetacija – razina vodene vegetacije; SWI – Shannon Wiener indeks kao mjera raznolikosti ribljih zajednica; provodljivost – provodljivost ili konduktivitet vode, mjera kvalitete vode; NNS – prisutnost stranih vrsta riba (osim *P. parva*); modifikacija – hidromorfološko stanje vodotoka: prirodno ili modificirano)

Tablica 5. Predloženi modeli za IT pristup odabira najboljeg modela, s objašnjenjem za svaki model pojavnosti sunčanice (turbiditet – turbiditet vode na mjestu uzorkovanja: bistra ili mutna/zamućena; šljunak – prisutnost šljunka u supstratu dna kao pokazatelj uvjeta protoka; predator – prisutnost predatorskih vrsta riba; naselje – prisutnost naselja neposredno uz lokaciju; drveće – prisutnost drveća u riparijskoj vegetaciji; dubina – maksimalna dubina na lokaciji uzorkovanja; modifikacija – hidromorfološko stanje vodotoka: prirodno ili modificirano; vegetacija – razina vodene vegetacije)

Tablica 6. Popis zabilježenih vrsta riba u ukupnom ulovu i njihovih ekoloških stanišnih preferencija (prema Aarts i Nienhuis, 2003; Mihaljević i sur., 2011; Rauch, 2022); vrste koje su isključene iz daljnje analize zbog rijetke pojavnosti po bilo kojem od navedenih kriterija su označene s \*

Tablica 7. Bogatstvo vrsta i Shannon-Wiener indeks na uzorkovanim lokacijama (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

Tablica 8. Rezultati CCA ukupne zajednice za prve četiri kanoničke osi

Tablica 9. Rezultati *stepwise forward selection* metode odabira samo statistički značajnih okolišnih varijabli u CCA ukupne zajednice

Tablica 10. Rezultati *stepwise forward selection* CCA ukupne zajednice za prve četiri kanoničke osi

Tablica 11. Rezultati CCA zajednice bez uključenih predatorskih vrsta, s prisutnosti predatora kao kovarijablom, za prve četiri kanoničke osi

Tablica 12. Rezultati *stepwise forward selection* metode odabira samo statistički značajnih okolišnih varijabli u CCA zajednice bez uključenih predatorskih vrsta, s prisutnosti predatora kao kovarijablom

Tablica 13. Rezultati *stepwise forward selection* CCA zajednice bez uključenih predatorskih vrsta, s prisutnosti predatora kao kovarijablom, za prve četiri kanoničke osi

Tablica 14. Rezultati CCA zajednice bez uključenih stranih vrsta, s brojnošću stranih vrsta kao kovarijablom, za prve četiri kanoničke osi

Tablica 15. Rezultati *stepwise forward selection* metode odabira samo statistički značajnih okolišnih varijabli u CCA zajednice bez uključenih stranih vrsta, s brojnošću stranih vrsta kao kovarijablom

Tablica 16. Rezultati *stepwise forward selection* CCA zajednice bez uključenih stranih vrsta, s brojnošću stranih vrsta kao kovarijablom, za prve četiri kanoničke osi

Tablica 17. Rezultati RDA zajednice stranih vrsta za prve četiri kanoničke osi

Tablica 18. Rezultati *stepwise forward selection* metode odabira samo statistički značajnih okolišnih varijabli u RDA zajednice stranih vrsta

Tablica 19. Rezultati *stepwise forward selection* RDA zajednice stranih vrsta za prve četiri kanoničke osi

Tablica 20. Najvažnije okolišne značajke korištene u analizama za svaku lokaciju (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

Tablica 21. Usporedba Shanon Wiener indeksa i Bray-Curtis sličnosti lokacija s istog vodotoka (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

Tablica 22. Rezultati ANOSIM pairwise usporedbe sastava zajednica lokacija između različitih kategorija hidrološke modifikacije i nadmorske visine (P: prirodno; M: modificirano; visoka: lokacije iznad 119 mnm; srednja: lokacije od 100-119 mnm; niska: lokacije ispod 100 mnm)

Tablica 23. Rezultati SIMPER analize razlike zajednica riba između modificiranih i prirodnih lokacija uzorkovanja

Tablica 24. Rezultati SIMPER analize razlike zajednica riba između lokacija uzorkovanja na različitim nadmorskim visinama

Tablica 25. Tablica 25. Rezultati SIMPER analize razlike zajednica riba između značajno različitih grupa lokacija koje uključuju obje značajke (nadmorska visina i hidromorfološka modifikacija; kratice odgovaraju onima iz tablice 22)

Tablica 26. Modeli pojavnosti bezribice rangirani prema valjanosti od najboljeg do najgoreg (značajke su objašnjene u tablici 4)

Tablica 27. Sažetak Bernoullijevog GLM za predviđanje vjerojatnosti pojavljivanja bezribice u području istraživanja

Tablica 28. Modeli pojavnosti sunčanice rangirani prema valjanosti od najboljeg do najgoreg (značajke su objašnjene u tablici 5)

Tablica 29. Sažetak Bernoullijevog GLM za predviđanje vjerojatnosti pojavljivanja sunčanice u području istraživanja

## **POPIS PRILOGA**

Prilog 1. Popis zabilježenih vrsta riba (retci) u ukupnom ulovu po lokacijama uzorkovanja (stupci; kodovi lokacija preuzeti iz tablice 3); vrste koje su isključene iz daljnje analize zbog rijetke pojavnosti po bilo kojem od navedenih kriterija su označene s \*

Prilog 2. Ostale okolišne značajke korištene u analizama za svaku lokaciju (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

# 1. UVOD

Sastav ribljih zajednica oblikovan je raznolikošću staništa, značajkama okoliša i ljudskim aktivnostima (Cheng i sur., 2019). Ti su utjecaji često međusobno povezani, a kompleksne zajednice riba su specifično oblikovane zbog kombinacije hidrauličkih, trofičkih i bihevioralnih preferencija pojedinih vrsta unutar zajednice (Meffe i Sheldon, 1988). Slatkovodni ekosustavi se drastično mijenjaju pod utjecajem čovjeka i bioraznolikost slatkovodnih ekosustava opada brže nego u bilo kojem kopnenom ekosustavu (Dudgeon i sur., 2006), a bilo kakvo narušavanje prirodne ravnoteže određenog vodenog staništa direktno utječe na sastav lokalnih ribljih zajednica (Wang i sur., 2006). Čovjek mijenja i pregrađuje tokove, smanjuje kvalitetu vode i staništa te unosi strane vrste što negativno utječe na zavičajnu bioraznolikost, uključujući i ribe (Bierschenk i sur., 2018). Posljedično, brojnost slatkovodnih riba opada (Mueller i sur., 2018) te su one jedna od najugroženijih skupina kralješnjaka (Reid i sur., 2013). Degradacija u kvaliteti vodenog staništa najčešće dovodi do smanjenja broja zavičajnih vrsta riba, a pogoduje stranim vrstama (Kennard i sur., 2005; Radinger i sur., 2018) te tako riblje zajednice postaju homogene što dovodi do smanjenja biološke raznolikosti.

Hrvatska ima bogatu slatkovodnu ihtiofaunu koja broji 118 zavičajnih i 19 naturaliziranih stranih vrsta riba i po ukupnom broju vrsta se vodi kao treća zemlja Europe, iza Turske i Grčke (Zogaris i Giakoumi, 2007; Čaleta i sur., 2019; Čižek i sur., 2020). Bogatstvo vrsta slatkovodnih riba je posljedica velike ekološke, geomorfološke i klimatske raznolikosti Hrvatske te zemljopisnog položaja koji obuhvaća jadranski i crnomorski (dunavski) slijev (Čaleta i sur., 2015). Kao i u svijetu, ihtiofauna u Hrvatskoj je također ugrožena djelovanjem čovjeka (Mrakovčić i sur., 2006). Na ugroze su osobito osjetljive endemske vrste riba zbog svojeg ograničenog područja rasprostranjenosti. U Hrvatskoj nalazimo 49 vrsta endemskih slatkovodnih riba od čega ih je 13 u crnomorskom i 36 u jadranskom slijevu (Čaleta i sur., 2019).

Crnomorski slijev u Hrvatskoj zauzima 35,132 kvadratna kilometra što čini 62% ukupne površine Hrvatske (NN, 91/08). Na europskoj razini, najvažnija rijeka crnomorskog slijeva je rijeka Dunav. Dunavski bazen se po bioraznolikosti smatra najbogatijim područjem u Europi i unutar njega su zabilježene 103 vrste slatkovodnih riba (Mrakovčić i sur., 2006). Najveći i najvažniji prtok Dunava u Hrvatskoj je rijeka Sava. Slijev rijeke Save u Hrvatskoj ima površinu od 25.770 kvadratnih kilometara što znači da Sava sa svojim pritocima drenira najveći dio kopnenog područja Hrvatske (NN, 91/08). Kao posebno značajno stanište u slijevu rijeke Save se ističe Lonjsko polje, koje je jedna od najbolje očuvanih poplavnih nizina u Europi i predstavlja vrlo važno mrijestilište



za repopulaciju riba ovog dijela dunavskog slijeva (Mrakovčić i sur., 2002). Sava je sa svojim pritocima još uvijek u relativno očuvanom stanju ako se usporedi s drugim europskim riječnim slijevovima koji su pod većim antropogenim utjecajem (Schwarz, 2016).

Većina ihtioloških istraživanja koja su provedena na području Republike Hrvatske obuhvaćaju inventarizaciju ihtiofaune, distribuciju različitih taksonomskih kategorija riba i filogenetska istraživanja riba, dok vrlo malo njih proučava utjecaj okoliša na sastav i raspodjelu ribljih zajednica. Osim toga, većina istraživanja provedena je u glavnom toku rijeke Save, dok su istraživanja njenih pritoka ostala neistražena u ihtiološkom smislu.

## 1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja

S obzirom na ihtiološki značaj savskog slijeva na nacionalnoj i regionalnoj razini, te uz pretpostavku da se značajke okoliša koje se povezuju sa sastavom ihtiofaune prostorno razlikuju (Wang i sur., 2006; Bierschenk i sur., 2019), u ovom su istraživanju postavljene sljedeće hipoteze:

1. Značajke staništa i stresori koji utječu na sastav ribljih zajednica su specifični za savski slijev Hrvatske.
2. Postoje značajne razlike u sastavu vrsta riba između dva morfološki različita segmenta istog vodotoka kao i između tipova istraživanih vodotoka.
3. Zavičajne vrste će, osobito one endemske i osjetljive, prevladavati u prirodnim, najmanje izmijenjenim staništima dok će staništa degradirana utjecajem čovjeka pogodovati tolerantnijim i stranim vrstama.
4. Vjerojatnost pojavnosti invazivnih vrsta riba se može povezati sa specifičnim značajkama okoliša u savskom slijevu Hrvatske.

Ciljevi ovog rada bili su:

1. Pronaći značajke staništa i definirati stresore koji utječu na sastav ribljih zajednica istraživanih vodotoka.
2. Utvrditi razlike između sastava ribljih zajednica unutar jednog vodotoka i onih u različitim tipovima vodotoka.
3. Definirati tip staništa koje pogoduje zavičajnim, odnosno unesenim (stranim) vrstama slatkovodnih riba u savskom slijevu Hrvatske.
4. Utvrditi okolišne značajke koje se povezuju s vjerojatnošću pojavnosti invazivne bezribice *Pseudorasbora parva* i sunčanice *Lepomis gibbosus* u savskom slijevu Hrvatske

## 2. PREGLED RELEVANTNE LITERATURE

### 2.1. Interakcija značajki okoliša i zajednica slatkovodnih riba

Istraživanja zajednica riba se temelje na pretpostavci da sastav vrsta na nekom području diktiraju biotičke značajke staništa (predacija i kompeticija između vrsta riba), abiotičke značajke (fizikalno-kemijske karakteristike staništa) i njihova kombinacija (Jackson i sur., 2001). S obzirom da se temeljni okolišni uvjeti koji oblikuju zajednice riba i negativni utjecaji na staništa regionalno razlikuju, nemoguće je odrediti univerzalne okolišne prediktore koji se dovode u vezu s promjenama u zajednicama riba, već su oni specifični na više razina (Mondal i Bhat, 2020). Od 1970-ih se istraživanja povezanosti okolišnih značajki i sastava vrsta slatkovodnih riba temelje na objektivnim multivarijatnim statističkim metodama koje su se s vremenom usvršavale i postale sve primjenjivije, te se kao takve globalno upotrebljavaju u ihtiološkim istraživanjima (Matthews i Heins, 1987; Jackson i sur., 2001).

Prvo takvo istraživanje je provedeno u SAD-u, u kojima su autori povezanost sastava ihtiofaune i staništa ispitali korištenjem analize glavnih komponenata (PCA), te su zabilježene vrste svrstali u karakteristične zajednice s različitim ekološkim preferencijama: zajednice gornjeg, srednjeg i donjeg toka tekućice (Smith i Powell, 1971). Novija istraživanja provedena diljem svijeta u analizu uključuju više okolišnih prediktora kako bi odgovorili na cijeli niz različitih hipoteza vezanih uz ekologiju slatkovodnih riba na više razina, u različitim tipovima staništa i pod različitim antropogenim pritiscima. Jackson i sur. (2001) su pregledom istraživanja zajednica riba tekućica i stajaćica Sjeverne Amerike utvrdili da je utjecaj predatora najvažnija značajka koja utječe na sastav vrsta slatkovodnih riba nekog područja. Također napominju da u istraživanjima malog područja veću važnost imaju biotičke značajke poput kompeticije, dok istraživanja koja obuhvaćaju veliko područje značajniji utjecaj imaju abiotičke značajke staništa. Smatraju da takav rezultat dolazi zbog različitog pristupa istraživača pri provođenju jednog i drugog tipa istraživanja. U vrlo velikim sustavima, u kojima je varijabilnost okolišnih uvjeta puno veća i kumulativno je prisutan veći utjecaj čovjeka, na sastav zajednice značajniji utjecaj imaju regionalne značajke, poput izrazite razlike u nadmorskoj visini (Cheng i sur., 2019), prevladavajuće poljoprivredne kulture (Bierschenk i sur., 2018) i upotrebe zemljišta unutar slijeva (Wang i sur., 2006). Vehanen i sur. (2020) i Blanck i sur. (2007) su također podržali takav hijerarhijski pristup, koji lokalne riblje zajednice interpretira kao rezultat selekcije na različitim prostornim razinama. Zaključili su da su značajke više prostorne razine, poput ekoregije, bolji prediktori zajednica riba nego što su to varijable nižih prostornih razina, poput pojedinih slijevova unutar ekoregija. Temelj ovakvog

pristupa istraživanju je premisa da je svaki lokalni sastav vrsta slatkovodnih riba rezultat „filtriranja“ ribljih zajednica od najviših prema sve nižim prostornim razinama, te da su regionalne značajke zapravo glavni regulatori lokalnih zajednica slatkovodnih riba. Radinger i Wolter (2015) su razvili model pojavnosti vrsta koji pokazuje da rasprostranjenost svake vrste najviše ovisi o mogućnosti širenja vrste i prikladnosti staništa; u kratkom vremenskom periodu pojava vrste najviše ovisi o postojanju bliske populacije iz koje se može širiti, no kasnije uvjeti staništa diktiraju hoće li se vrsta održati na određenom području.

Na lokalnoj razini, Meffe i Sheldon (1988), Oberdorff i Porcher (1992), Blanck i sur. (2007) i Kruk (2007a) razliku u sastavu vrsta dovode u vezu s brzinom strujanja vode i dubinom, bilo to direktno ili indirektno (uzvodno-nizvodni gradijent, morfologija korita, tip supstrata). Brzina struje i dubina u tekućicama najvećim dijelom su odgovorni varijabilnost sastava zajednica riba: sastav zajednice se mijenja od vrsta koje su svojim prilagodbama (fiziologija, prehrana, mrijest) prilagođene na život u bržim vodama s tvrdim dnom pa do zajednice vrsta koje obitavaju u dubljim, sporijim dijelovima tekućica s mekim dnom. Takva je promjena duž uzvodno-nizvodnog gradijenta u uvjetima staništa postupna, pa se i sastav vrsta postupno mijenja. Tako se u Europi vodotoci od izvora do ušća često dijele na zonu pastrve, lipljena, mreene, deverike, ovisno koja vrsta ekološkim i biološkim prilagodbama prevladava u tom dijelu toka (Huet, 1959). Sličnu zonaciju su koristili i Aarts i Nienhuis (2003) te su opisali stanišne preferencije brojnih europskih vrsta slatkovodnih riba. Jackson i sur. (2001) iznose da je kontinuirano povećanje broja vrsta duž uzvodno-nizvodnog gradijenta uobičajen uzorak u većim riječnim sustavima, gdje nizvodniji, širi i dublji dijelovi tekućica višeg reda obično pružaju veću raznolikost i stabilnost staništa za veći broj vrsta, dok manji pritoci nižeg reda predstavljaju stanište za manji broj vrsta prilagođenih specifičnim lokalnim uvjetima. Simonović i sur. (2017) su ustanovili takvu pojavu i za ihtiofaunu rijeke Save, utvrdivši da se broj vrsta riba od gornjeg toka u Sloveniji progresivno povećava prema ušću u Dunav u Srbiji.

Važna komponenta koja doprinosi heterogenosti vodenog staništa je vodeno bilje. Prema pregledu Thomaz i Cunha (2010), slatkovodni makrofiti povećavaju bioraznolikost stvarajući kompleksna staništa koji vodenim organizmima, pa tako i ribama, pružaju zaklon i područja za hranjenje. Vodena vegetacija je, između ostalog, ključna za uspješan mrijest fitofilnih vrsta riba koje na nju odlažu ikru (Brysiewicz i sur., 2020). Mihaljević i sur. (2011) od 85 vrsta slatkovodnih riba u Hrvatskoj korištenih za potrebe izračunavanja hrvatskog indeksa biotičkog integriteta, navode da su 32 vrste fitofilne ili fitofilno/litofilne vrste što znači da velik udio slatkovodnih ribljih vrsta u Hrvatskoj koristi vodeno bilje za odlaganje ikre. Kasnije je vodena vegetacija često potrebna za rast juvenilnih jedinki koje ovdje nalaze zaklon od predatora: Bučas i sur. (2022) su u svom istraživanju baltičke lagune zaključili da su juvenilne populacije 7 vrsta europskih

slatkovodnih riba značajno brojnije u područjima bogatima vegetacijom. Iako vodena vegetacija često pruža zaklon od predatora, ona isto tako može biti i pogodno hranilište za predatore koje love iz zasjede; tako su Jacobsen i Perrow (1998) u svojem eksperimentu pokazali da predatori koriste vegetaciju za zasjedu i uzrokuje izbjegavanje takvih područja od strane plijena. Uz prednosti za ribe koje pruža vodena vegetacija, nekoliko autora navodi da vrlo visoka gustoća vodenog bilja negativno utječe na ribe, pogoršavajući fizikalne i kemijske uvjete sredine (Wang i sur., 2013; Mitsuo i sur., 2014; Brysiewicz i sur., 2020).

Tipovi slatkovodnih staništa obično su definirani hidrološkim i geomorfološkim karakteristikama. Međutim, više istraživanja je pokazalo da sastav vrsta ovisi i o fizikalno-kemijskim značajkama kvalitete vode, poput temperature, koncentracije otopljenog kisika, provodljivosti i pH vrijednosti (Wang i sur., 2006; Hu i sur., 2019; Vieira i Tejerina-Garro, 2020; Benoit i sur., 2021). Coutant (1987). Comte i Grenouillet (2013) ističu da temperatura vode ima značajan utjecaj na fiziologiju i ponašanje riba; za svaku je vrstu moguće odrediti optimalnu temperaturu i ekstreme koje podnosi, stoga su sastavi zajednica riba vezani uz temperaturu određenog područja. Magnusen i sur. (1979) iznose da se u znanstvenim istraživanjima slatkovodnih riba, prema preferiranoj temperaturi, ribe tradicionalno dijele na hladnovodne (coldwater) vrste, prijelazne (coolwater) vrste i toplovodne (warmater) vrste. Hladnovodna i toplovodna staništa odgovaraju vrstama riba sa suprotnog spektra temperaturnih preferencija, a prijelazna staništa se definiraju kao ona u kojima obitavaju i hladnovodne i toplovodne vrste. Ovakva se podjela često koristi u ekološkim istraživanjima riba umjerenih klimatskih područja, poput sjeverne Amerike (Lyons i sur., 1996; Wehrly i sur., 2003) i Europe (Blanck i sur., 2007), gdje zbog klimatoloških i geografskih čimbenika postoje izražene razlike u temperaturi staništa.

Količina otopljenog kisika u vodi je povezana s temperaturom vode i ograničavajući je faktor za mnoge vodene organizme, među ostalim i ribe. Kao anoksična sredina obično se smatra voda s manje od 1 mg otopljenog kisika po litri vode (Nürnberg, 2019), dok je hipoksična sredina vodeno stanište od 1 do 2 mg otopljenog kisika po litri vode (Chesney i sur., 2000). Ribe mogu preživjeti samo kratko vrijeme u anoksičnim uvjetima ukoliko nemaju posebne prilagodbe za život u takvom staništu (Agostinho i sur., 2021). Tolerancija na nisku razinu otopljenog kisika se razlikuje od vrste do vrste, a granične vrijednosti za velik broj vrsta riba su određene u laboratorijskim uvjetima (Franklin, 2014). Poff i sur. (2002) navode da do smanjenja količine otopljenog kisika u staništu može doći zbog prirodnih uzroka poput pojačanog razvoja algi, termalne stratifikacije i ledenog pokrova, ali može biti i uzrokovano ljudskim djelovanjem poput ulijevanja onečišćene vode iz industrije i poljoprivrede te globalnog zatopljenja. Dickey i sur. (2021) su utvrdili da invazivne vrste slatkovodnih riba uvjete niske razine otopljenog kisika podnose bolje od pojedinih zavičajnih vrsta

u umjerenim klimatskim područjima, pa tako i Ruppert i sur. (2017) navode da se invazivne vrste u novim područjima uspješno šire, između ostalog, zbog otpornosti na hipoksične uvjete sredine. Ovi primjeri upućuju na zaključak da pad razine otopljenog kisika u staništu može olakšati kolonizaciju invazivnim vrstama i tako utjecati na promjene u zajednicama riba.

Provodljivost vode često se koristi kao mjera za praćenje koncentracije otopljenih krutih tvari u kopnenim vodama jer pri nižem salinitetu precizno odražava količinu soli u vodenom okolišu što je jedan od parametara kvalitete vode (Dunlop i sur., 2005). Reakcija slatkovodnih riba na promjene u provodljivost vode nije do kraja razjašnjena, no više autora navodi da povećane vrijednosti provodljivosti dovode do promjena u sastavu vrsta te se u nekoliko slučajeva navodi narušavanje integriteta ribljih zajednica. Vrijednosti iznad kojih se mijenja sastav vrsta se razlikuju: Zhang i sur. (2019) navode da se integritet zajednica riba mijenja na lošije kod vrijednosti provodljivosti iznad 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , dok Morgan II i sur. (2012) bilježe sličnu pojavu kod vrijednosti od 230 – 540  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Promjenu u sastavu vrsta ustanovili su i Hitt i Chambers (2014) kada vrijednost provodljivosti prijeđe 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Rezultat istraživanja, u kojem se bogatstvo vrsta i abundancija riba prvo povećava i zatim smanjuje duž gradijenta provodljivosti, Zhang i sur. (2019) objašnjavaju trendom „okolišnog subvencioniranja“. Ovu pojavu prvi su opisali Odum i sur. (1979) jer su uočili da poremećaji okoliša mogu pružati iskoristive resurse za određenu zajednicu do određenog stupnja, ali kada prijeđu iskoristivu količinu onda imaju negativan utjecaj. Tako je i provodljivost vode direktan produkt otopljenih tvari u vodi koje u manjim količinama mogu podržati biotu određenog područja, no u prevelikoj količini negativno utječu na organizme izazivajući osmotsku neravnotežu što je obično posljedica zagađenja (Cañedo-Argüelles i sur., 2013).

Kvaliteta vode, pa tako i kvaliteta staništa za riblje zajednice, se, osim već opisanim varijablama, može opisati i praćenjem razine pH vrijednosti. Niska razina pH vrijednosti može negativno utjecati na ribe, smanjiti raznolikost i promijeniti sastav ribljih zajednica (Tate, 2000). Rahel i sur. (1983) su proveli laboratorijsko testiranje osjetljivosti više vrsta riba na niski pH ( $\text{pH} < 7$ ) te povezali rezultate s pojavnošću istraživanih vrsta u zajednicama kiselih jezera Sjeverne Amerike. Zaključili su da pojavnost riba u takvim jezerima upućuje na velike razlike u otpornosti vrsta na nisku pH vrijednost, te da većina ciprinida ne podnosi pH ispod 6,2. Također, navode da je pH vrijednost usko veže s drugim okolišnim faktorima koji također utječu na rasprostranjenost vrsta, poput veličine i dubine jezera te koncentraciju kisika. Serafy i Harrell (1993) su u laboratorijskom istraživanju ustanovili da ribe izbjegavaju visoku razinu pH vrijednosti ( $\text{pH} > 9$ ) jer oštećuje površinska tkiva i uzrokuje općeniti stres kod riba. Prema Popoviću (2020), podnošljivi raspon pH vrijednosti je za većinu riba od 5,0 - 9,0, a vrijednosti pH su vrlo varijabilne, sezonski i dnevno, osobito u vodama bogatim vodenom vegetacijom te one izložene izvorima zagađenja.

## 2.2. Utjecaj stresora na vodeni okoliš i zajednice slatkovodnih riba

Negativni antropogeni utjecaji koji se u literaturi najčešće spominju u kontekstu kopnenih voda su zagađenje, izmjena protoka, degradacija staništa i unos stranih vrsta koji mogu djelovati zasebno ili u kombinaciji te predstavljaju stres za okoliš i zajednice u okolišu (Dudgeon i sur., 2006; Mrakovčić i sur., 2006; Bierschenk i sur., 2019; Mueller et al., 2020).

Zagađenje je često posljedica urbanizacije (kanalizacija, industrija) (Eklov i sur., 1998; Walsh i sur., 2005; Brown i sur., 2009) ili poljoprivrednih aktivnosti (gnojidba, pesticidi) (Eklov i sur., 1998; Sutela i Vehanen, 2010; Špelić i sur., 2022) koje rezultiraju promjenom kvalitete vode. Degradacija u kvaliteti vode i prisutnost toksina dovode do promjena u ribljim zajednicama, no takve promjene je teško pripisati isključivo zagađenju jer su odnosi okoliša i vrsta kompleksni (Schmölz i sur., 2022). de Zwart i sur. (2006) su u svojem radu uspjeli u direktnu vezu dovesti različite stresore i lokalno osiromašene riblje zajednice, te su zaključili da su zagađivači poput otpadnih voda iz kućanstva i industrije stresori s ponekad dominantnim utjecajem na ihtiocenoze. Eklov i sur. (1998) su usporedili podatke o ihtiofauni u razdoblju od 30 godina i utvrdili da se riblje zajednice zagađenih vodotoka mogu dovesti u proces oporavka prestankom zagađenja i poboljšanjem kvalitete vode. Poboljšana kvaliteta vode omogućava rekolonizaciju osjetljivijim vrstama, što dovodi do smanjenja broja tolerantnih vrsta koje su dominantne u lošim uvjetima sredine. Osim što direktno utječe na sastav vrsta, zagađenje vode posredno može olakšati invaziju stranim vrstama riba koje su otpornije na štetne tvari, što su opisali Gomes-Silva i sur. (2020) i na taj način se ubrzava promjena ihtiocenoze određenog područja.

Prema Poff i sur. (1997), izmjenom protoka se smatra svaki zahvat u koritu koji prouzročuje promjene u prirodnom vodnom režimu vodenog tijela: izgradnja brana i pregrada, kanaliziranje, izgradnja nasipa, korištenje podzemnih voda te kompleksni procesi poput urbanizacije koji utječu na brzinu otjecanja oborinskih voda. Ovi zahvati se također povezuju s degradacijom staništa, poput uklanjanja obalne vegetacije, uklanjanja prirodnog sedimenta iz korita, povećanog taloženja finog sedimenta kopnenog porijekla koji „guši“ dno, a sedimentacijom na obalama onemogućava redovno plavljenje obalnog područja (Dudgeon i sur., 2006). Izmjena protoka u pravilu ima značajan utjecaj na promjene u sastavu vrsta riba. Kruk (2007a) je utvrdio da degradacija (izmjena protoka i onečišćenje) odsječka vodotoka ima dominantnu ulogu u oblikovanju zajednice riba i zaključio je da je antropogena degradacija poremetila prirodnu raspodjelu ribljih zajednica duž uzvodno-nizvodnog gradijenta.

Izgradnja brana utječe na sezonalnost i varijabilnost protoka što dovodi do promjena u sastavu vrsta zajednica riba, jer se zavičajne vrste koje su se kroz povijest prilagodile prirodnim

fluktuacijama protoka ne mogu prilagoditi na novonastale uvjete (Meador i Carlisle, 2012) i tim se otvaraju nove niše koje obično okupiraju strane vrste (Olden i sur., 2006; Mims i Olden, 2013). Više autora navodi da se kod pregrađivanja tokova često smanjuje brojnost reofilnih vrsta riba koje preferiraju lotička staništa u tekućicama, a povećava se broj generalista i limnofila kojima odgovaraju novi uvjeti usporenog toka (Poddubny i Galat, 1995; Šmejkal i sur., 2023). Osim što utječu na protok, brane i pragovi prekidaju kontinuitet rijeke te otežavaju migraciju riba (Fullerton i sur., 2010). Reidy Liermann i sur. (2015) su napravili pregled utjecaja brana na migraciju riba na globalnoj razini te utvrdili da predstavljaju prijetnju za smanjenje brojnosti i nestanak anadromnih i katadromnih vrsta. Kruk i sur. (2016) navode da se poboljšanjem kvalitete vode zajednica može djelomično oporaviti, no izmjena protoka (prisutnost brane) onemogućuje potpun oporavak zbog neodgovarajućih uvjeta za migratorne vrste. S druge strane, Branco i sur. (2012) su razvili modele predviđanja prisutnosti potamodromnih, rezidentnih i stranih slatkovodnih vrsta riba te ni jedan model nije prepoznao diskontinuitet rijeke (prisutnost brane) kao značajnu varijablu koja utječe na prisutnost vrste, no navode da on potencijalno može utjecati na sastav zajednice kroz promjene u brojnostima pojedinih vrsta. Sličan rezultat, gdje na rasprostranjenost i zajednicu riba fragmentacija vodotoka ima nikakav ili minoran utjecaj, su dobili i Radinger i Wolter (2015) te Van Looy i sur. (2014). Radinger i Wolter (2015) navode da u njihovom istraživanju nije bilo uključenih migratornih vrsta riba te da je zabilježena distribucija riba dugotrajni proces koji uključuje i ekstremne poplave i antropogene translokacije koji mogu „maskirati“ utjecaj fragmentacije; Van Looy i sur. (2014) napominju da je u njihovom istraživanju prisutan velik broj prirodnih i antropogenih varijabli od kojih neki stresori, poput onečišćenja, imaju značajniji utjecaj na degradaciju zajednica riba, što također može relativno umanjiti utjecaj fragmentacije.

Uz izgradnju brana, čest uzrok promjene i degradacije vodnog režima i staništa je kanaliziranje vodotoka i utvrđivanje obala. Takvi zahvati uzrokuju gubitak kompleksnosti staništa, ujednačavaju dinamiku protoka i smanjuju raznolikost dostupnih mikrostaništa, što rezultira promjenama u ribljim zajednicama (Oscoz i sur., 2005; Knight i sur., 2012). Lau i sur. (2006) navode glavne probleme s kojima se nosi ihtiofauna kanaliziranih vodotoka: jednolik oblik korita i jednolik supstrat (povećan udio mulja) utječu na dostupnost hrane, smanjuju broj pogodnih mrijestilišta za litofilne vrste, povećava se smrtnost jaja i usporava rast ličinki; nedostatak raznolikosti staništa omogućava brz i jednolik protok vode nakon padalina što također negativno utječe na uspješan mrijest nekih vrsta; uklanjanje riparijske vegetacije povećava zagrijavanje površinskog sloja vode što dovodi do cvjetanja algi i drastičnog pada količine kisika što utječe na osjetljive vrste. Zbog ovih razloga su Kruk (2007b) i Johansson (2013) utvrdili da se u zajednicama ovako izmijenjenih staništa smanjuje brojnost osjetljivih vrsta riba, a povećava dominacija tolerantnih i prilagodljivih vrsta. Kruk



(2007b) u osjetljive vrste na ovakve uvjete svrstava nepsamofilne reofile (vrste koje preferiraju brži tok, a ne mrijeste se na pijesku) čiji broj se u kanaliziranjem degradiranim staništima višestruko smanjuje, a povećava se broj generalista i osobito psamofilnih reofila (preferiraju brži tok i mrijeste se na pijesku) koji su indikatori degradacije malih vodotoka

Invazivne strane vrste riba predstavljaju jedan od glavnih stresora za zavičajne zajednice riba (Ribeiro i Leunda, 2012). Prema Marchetti i sur. (2004), najuspješnije invazivne vrste riba su ekološki generalisti širokih fizioloških tolerancija, a Kennard i sur. (2005), Kiernan i sur. (2012), Maceda-Veiga i sur. (2017) su utvrdili da su zbog tih osobina strane vrste riba često uspješne u degradiranim staništima. Arthington i sur. (1983; 1990) kao degradirana staništa pogodna za naseljavanje stranim vrstama riba navode akumulacije, umjetne kanale, kanalizirane i regulirane rijeke, zatim dijelove toka s uklonjenom riparijskom vegetacijom, pretjeranom erozijom obale i sedimentacijom, prisutnim stranim vrstama makrofita te kemijski i termalno zagađene vodotoke. Kennard i sur. (2005) brojnost stranih vrsta u takvim staništima pripisuju njihovoj blizini urbaniziranim područjima gdje je i veća mogućnost da čovjek strane vrste unesu u takav vodotok gdje im njihova tolerancija na loše uvjete i velika mogućnost prilagodbe omogućava da opstanu na mjestima gdje zavičajne vrste to ne mogu. Autori napominju da u takvim situacijama zavičajne vrste nestaju zbog poremećaja u staništu, a strane vrste zatim popunjavaju novonastale niše i uzrokuju dodatni poremećaj u sustavu. Dodatni problem je što jednom kada strana vrsta ribe uspostavi populaciju u otvorenom vodotoku, praktički ju je nemoguće ukloniti (Kennard i sur., 2005; Braysher, 2006). Elton (1958) je postavio hipotezu o biotičkoj otpornosti koja polazi od ideje da su, generalno, bogate prirodne zavičajne zajednice u očuvanim staništima najotpornije na invaziju stranih vrsta. Kasnija istraživanja su pokazala da u takvim uvjetima češće vrijedi suprotna teorija o „bogatim staništima koja postaju još bogatija“, odnosno „teorija prihvaćanja“. Ta teorija govori o situaciji u kojoj staništa bogata resursima omogućuju suživot raznolikih zajednica zavičajnih i stranih vrsta (Jeschke, 2014). Tu teoriju su svojim istraživanjem na stranim vrstama riba potkrijepili Kennard i sur. (2005) i Rechulicz (2019), no potonji navodi da se u njegovom istraživanju radilo o početnoj fazi invazije što je moglo utjecati na rezultat.

Znanstvenici često polemiziraju o konkretnoj štetnosti stranih vrsta riba na prirodne zavičajne zajednice. Crivelli (1995) navodi tri glavna razloga zašto je teško utvrditi direktan negativan utjecaj: nedostatak podataka o prirodnom stanju zajednica prije unosa strane vrste; unos strane vrste se često vremenski poklapa s ostalim antropogenim stresorima poput izmjene staništa; nakon unosa strane vrste, njen se utjecaj ne prati posebnim monitoringom. Unatoč tome, mnogo je autora do sad opisalo primjere na koje načine strane vrste riba direktno ugrožavaju zavičajnu ihtiofaunu: predacija (Jackson i sur., 2002; Leunda i sur., 2008; Carol i sur., 2009; Han i sur., 2016),

kompeticija za hranu i/ili životni prostor (Lusk i sur., 2010; Lenhardt i sur., 2011; Almeida i sur. 2014; Piria i sur., 2022), hibridizacija (Povž, 1995; Mezhzherin i sur., 2012; Tomljanović, 2014; Škraba Jurlina i sur. 2018), izmjena ekosustava (Spataru i Gophen, 1985; Crivelli, 1995; Dibble i Kovalenko, 2009), unos patogena (Calhoun i sur., 2018; Spikmans i sur., 2020).

Svi negativni utjecaji mogu biti (i često jesu) međusobno povezani te na živi svijet djeluju kao složeni mehanizam višestrukih stresora, osobito u urbanim područjima. Walsh i sur. (2005) su stoga uveli termin „sindrom urbanog vodotoka“. Ovim terminom opisuju vodotoke u koje se slijeva voda urbanih područja i koji u velikom broju slučajeva pokazuju iste simptome ekološke degradacije: frekventne i vrlo izražene promjene u protocima, smanjeni osnovni protok, izražene dnevne fluktuacije u temperaturi i koncentraciji kisika, opterećenje kemijskim onečišćenjem i nutrijentima. Urbani vodotoci često imaju smanjenu kompleksnost korita, pa tako i staništa, zbog antropogenih zahvata (kanaliziranje, obaloutvrde) ili pojačane erozije. Zajednice riba su u tim staništima degradirane; osjetljive vrste nestaju ili im je smanjena brojnost, raznolikost vrsta je mala i prevladavaju vrste tolerantne na takvu degradaciju (Wang i Lyons, 2003). S druge strane, Czeglédi i sur. (2020) su proveli istraživanje na urbanim vodotocima u Mađarskoj i zaključili da su kvaliteta staništa i sastav zajednica riba vrlo malo ovisili o stupnju urbanizacije i da se sastav vrsta nije odvajao na zajednice urbanih i prirodnih područja, što ide u prilog tezi o regionalno specifičnoj interakciji ihtiocenoza i okoliša (Mondal i Bhat, 2020).

### **2.3. Stanje zajednica slatkovodnih riba savskog slijeva u Hrvatskoj**

Sava s pritocima zauzima najveći dio crnomorskog slijeva u Hrvatskoj. Prema novije dostupnim podacima, od ukupnog broja zabilježenih vrsta slatkovodnih riba u Hrvatskoj, 81 vrsta obitava u crnomorskom slijevu, od čega su 64 vrste zavičajne, a preostalih 17 su naturalizirane strane vrste (Ćaleta i sur., 2019). Mihaljević i sur. (2011) su opisali šest tipičnih prirodnih zajednica zavičajnih slatkovodnih riba za pet veličinski kategoriziranih referentnih tipova vodotoka u panonskoj regiji Hrvatske koja spada u crnomorski slijev. Osim toga, isti autori su opisali i stanišne preferencije za većinu vrsta slatkovodnih riba koje nastanjuju vode Hrvatske te ih podijelili na reofile koji preferiraju tekućice sa izraženom strujom vode, limnofile koji obitavaju u mirnijim vodama te euritope (generaliste) koji nemaju posebne preferencije i obitavaju u oba tipa staništa.

Ihtiofauna dijelova toka nekoliko tekućica savskog slijeva, prije svega rijeka, je dobro istražena: Sava (Habeković i sur., 1997; Ćaleta, 2007; Simonović i sur., 2017; Piria i sur. 2018), Sutla (Kapuano, 2002; Marčić i sur., 2020), Krapina (Kapuano, 2002), Una (Duplić i sur., 2012), Ilova (Delić, 1989; Jelić i sur., 2009), Česma (Jelić i sur., 2010). Od manjih vodotoka, Bašić (2009) i

Piria i sur. (2009) su popisali ihtiofaunu pojedinih potoka u okolici Zagreba, istraživani su vodotoci Zrinske gore (Bučar i sur., 2010) i južne padine Psunja (Jugović i sur., 2005)

Prema Crvenoj knjizi slatkovodnih riba Hrvatske (Mrakovčić i sur., 2006), glavni razlozi ugroženosti ihtiofaune u Hrvatskoj su unos stranih vrsta, onečišćenja uzrokovana urbanizacijom i industrijalizacijom, regulacije vodotoka i melioracije, izgradnja brana, prelov, klimatske promjene, eksploatacija sirovina, devastacija šuma, ribogojilišta, turizam i ihtiofagne ptice. Autori općenito govore o ugrozama, no malobrojna su konkretna istraživanja koja se bave stresorima vezanim uz riblje zajednice u Hrvatskoj. Bošnjir i sur. (2007), Kopjar i sur. (2008), Pavlica i sur. (2015), Kolarević i sur. (2016) istražuju razinu zagađivača u okolišu i ribama savskog slijeva, no ne spominju konkretne učinke na riblje zajednice. Piria i sur. (2019) su usporedbom povijesnih podataka sa sadašnjim stanjem zajednica riba srednjeg toka rijeke Save zaključili da prirodnu zajednicu riba u velikim rijekama dugotrajni konstantni utjecaj višestrukih stresora, poput zagađenja i hidromorfoloških izmjena (brane, obaloutvrde) dovodi do trajnog poremećaja u funkcionalnom sastavu vrsta. Sličan zaključak donose i Trenc i sur. (2019) koji pad u bioraznolikosti rijeke Save u blizini Zagreba, uključujući i bioraznolikost riba, dovode u vezu s antropogenim izmjenama korita i gubitkom raznolikosti staništa. Simonović i sur. (2017) velik broj stranih vrsta riba u donjem toku rijeke Save pripisuju većoj raznolikosti dostupnih staništa koja podržavaju veći broj vrsta, no navode i mogućnost da je u ovom dijelu povećana aktivnost čovjeka uz rijeku, što ujedno i povećava rizik od unosa stranih vrste koje ovdje mogu biti indikator stresa u zajednicama riba.

Više se autora bavi stranim vrstama riba: Radočaj i sur. (2019) i Piria i sur. (2016) su proveli procjenu rizika za postojeće i potencijalne strane vrste slatkovodnih riba u Hrvatskoj te su, među ostalim, odredili najrizičnije strane vrste prisutne u crnomorskom slijevu. Piria i sur. (2017) su napravili pregled povijesti unosa stranih vrsta riba, a Mihinjač i sur. (2019) navode njihovu distribuciju i potencijalne utjecaje u Hrvatskoj. Jakšić i sur. (2016) putem analize prehrane opisuju odnos stranih vrsta glavoča i zajednica bentičkih riba savskog slijeva.

Prema Popisu invazivnih stranih vrsta koje izazivaju zabrinutost na razini Europske unije (Europska komisija, 2016, 2019), u vrijeme istraživanja su u Hrvatskoj bile prisutne bezribica, sunčanica i rotan *Perccottus glenii* (Ćaleta i sur., 2019), s time da je rotan zabilježen samo jednom u savskom slijevu, a prisutan je u dravskom slijevu (Horvatić i sur., 2022). Naknadno su na popis Europske unije 2022. godine, među ostalima, dodani crni somić *Ameiurus melas* i gambuzija *Gambusia holbrooki* (Europska komisija, 2022) koji su također prisutni u Hrvatskoj (Ćaleta i sur., 2019). Zbog velike brojnosti i široke rasprostranjenosti, bezribica i sunčanica predstavljaju jednu

od glavnih ugroza za zavičajne vrste u Hrvatskoj (Mihinjač i sur., 2019), a ubrzo će se primjenjivati i Program praćenja na nacionalnoj razini za obje vrste (vlastiti podaci). Ekološki zahtjevi ove dvije vrste su od ranije opisani za pojedine invadirane dijelove Europe (tablica 1 i 2), dok za Hrvatsku takvi podaci nedostaju.

Dosadašnja malobrojna istraživanja utjecaja okoliša i različitih stresora na slatkovodne riblje zajednice unutar Hrvatske uglavnom su vezana uz rijeku Savu, dok potpuno nedostaju istraživanja ostalih tekućica. Osim toga, ne postoji niti jedno istraživanje u Hrvatskoj koje na široj geografskoj razini analizira formiranje i raspodjelu ribljih zajednica unutar prirodnih i izmijenjenih tekućica.

Tablica 1. Značajke okoliša povezane s pojavnošću i/ili brojnošću bezribice navedene u literaturi

<b>Značajka okoliša</b>	<b>Utjecaj</b>	<b>Izvor</b>
Prisutnost grabežljivih vrsta riba	Negativan na brojnost	Csorbai i sur., 2014; Lemmens i sur., 2015; Verhelst i sur., 2016
Uvjeti sporog protoka (uvjeti slični lentičkim)	Pozitivan na pojavnost i brojnost	Pollux i Korosi, 2006; Carosi i sur., 2016
Prisutnost vodene vegetacije	Pozitivan na brojnost	Wolfram-Wais i sur., 1999; Kapusta i sur., 2008
Bogata zajednica riba – teorija prihvaćanja (Jeschke, 2014)	Pozitivan na pojavnost	Beyer i sur., 2007; Rechulicz, 2019
Prisutnost zavičajnih vrsta riba, hipoteza o biotičkoj otpornosti (Elton 1958)	Negativna na pojavnost	Britton, 2012
Niska kvaliteta vode (visoka provodljivost vode, velika količina nutrijenata)	Pozitivan na brojnost	Carosi i sur., 2016
Prisutnost ostalih stranih vrsta riba	Pozitivan na brojnost	Carosi i sur., 2016
Nadmorska visina	Negativan na brojnost	Carosi i sur., 2016
Blizina uzgojnih ribnjaka	Pozitivna na pojavnost	Boršić i sur., 2014

Tablica 2. Značajke okoliša povezane s pojavnošću i/ili brojnošću sunčanice navedene u literaturi

<b>Značajka okoliša</b>	<b>Utjecaj</b>	<b>Izvor</b>
Bistra voda	Pozitivan na pojavnost	Top i sur., 2016
Uvjeti sporog protoka (uvjeti slični lentičkima)	Pozitivan na pojavnost i brojnost	Top i sur., 2016; Stakėnas i sur., 2013
Prisutnost grabežljivih vrsta riba	Negativan na brojnost	van Kleef i Jongejans, 2014
Blizina urbanih područja	Pozitivan na pojavnost	van Kleef i sur., 2008
Drveće u riparijskoj zoni	Negativan na brojnost	Klaar i sur., 2004
Dubina	Pozitivan na brojnost	Klaar i sur., 2004
Hidromorfološke modifikacije	Pozitivan na brojnost	Almeida i sur., 2009
Prisutnost vodene vegetacije	Pozitivan na pojavnost i brojnost	Petr, 2000

### 3. MATERIJAL I METODE RADA

#### 3.1. Područje istraživanja

U plan istraživanja su bile uključene tekućice (kanali, potoci, rijeke) u hrvatskom dijelu slijeva rijeke Save (središnja i istočna Hrvatska). Lokacije uzorkovanja su unaprijed odabrane na mjestima s kojih nedostaje podataka o slatkovodnoj ihtiofauni. Dodatni uvjeti za daljnju analizu su bili da lokacija ne presušuje, da je pristupačna za uzorkovanje i da je na lokaciji utvrđena prisutnost riba, što je bilo moguće ustanoviti tek s izlaskom na teren i direktnim pregledom lokacija. Također su iz analize isključene lokacije na kojima nisu prikupljeni kompletni okolišni podaci. S primjenom svih kriterija je u istraživanje konačno bilo uključeno ukupno 111 lokacija na 84 tekućice (tablica 3, Slike 1-4).

Tablica 3. Lokacije uzorkovanja s istaknutim kodom lokacije, duljinom uzorkovanja, datumom uzorkovanja i koordinatama

Lokacija	Kod	Duljina lova (m)	Datum lova	X (HTRS96)	Y (HTRS96)
potok Adžamovac uzvodno	Adz1	100	25.05.2020.	575677	5012886
potok Adžamovac nizvodno	Adz2	100	25.05.2020.	576187	5012065
potok Buna Buševac nizvodno	Bb2	100	09.10.2019.	470260	5054567
rječica Bijela Donji Kraj nizvodno	Bi2	100	23.10.2019.	540861	5035239
kanal Biđ	Bid	300	09.07.2020.	662095	5008102
potok Borovac gornji tok nizvodno	Bo1	100	15.10.2019.	549694	5016137
Borovački potok donji tok uzvodno	BoD1	100	29.05.2020.	549401	5015874
Borovački potok donji tok nizvodno	BoD2	100	29.05.2020.	549097	5015502
potok Brebernica uzvodno	Br1	100	27.06.2019.	443400	5059182
potok Breznica Dragotin uzvodno	BrD1	100	24.07.2020.	641064	5016733
potok Breznica Dragotin nizvodno	BrD2	100	24.07.2020.	643369	5014746
potok Breznica Kondrić uzvodno	BrK1	100	23.07.2020.	636800	5018120
potok Breznica Kondrić nizvodno	BrK2	100	23.07.2020.	639384	5017592
ušće potoka Bukovica-Utinja nizvodno	Bu2	100	21.06.2019.	439369	5028448
Kanal Bukovac	Buk	300	02.07.2019.	432777	5045617
Ulazni kanal Crna Mlaka	Cml	300	03.07.2019.	440328	5053260
potok Dubočanac nizvodno	Db1	100	25.05.2020.	577840	5012757

Nastavak tablice 3

Lokacija	Kod	Duljina lova (m)	Datum lova	X (HTRS96)	Y (HTRS96)
potok Dugovac uzvodno	Dg1	100	01.10.2019.	608592	5005730
potok Dolec uzvodno	Do	100	28.06.2019.	450835	5048808
Spojini kanal Draganić	Dra	300	02.07.2019.	433245	5045803
Duboki potok nizvodno	Du1	100	23.07.2020.	638936	5011476
potok Glogovica uzvodno	Gl1	100	18.06.2020.	616873	5012077
potok Glogovica nizvodno	Gl2	100	18.06.2020.	616749	5010767
potok Glogovica Grabarje uzvodno	GIG1	100	26.08.2020.	619551	5009629
potok Glogovica Grabarje nizvodno	GIG2	100	26.08.2020.	620208	5009071
ušće potoka Gonjava-Okićnica nizvodno	Go2	100	03.07.2019.	439010	5056354
potok Gradnica uzvodno	Gr1	100	19.06.2019.	437094	5034788
potok Hotnja nizvodno	Ho2	100	11.07.2019.	471695	5038013
kanal Jelas Sl. Brod	Jel	300	01.10.2019.	612274	5001567
potok Kapraljevac uzvodno	Ka1	100	30.09.2019.	611597	5006229
kanal Berava	kBe	300	08.07.2020.	662501	5000115
kanal Bistra	kBi	300	03.07.2020.	612534	4997829
kanal Crnac šuma	kCs	300	01.07.2020.	587978	4999813
kanal Dubočac Banovci	kDB	300	03.07.2020.	604385	4994566
kanal Drenovača	kDr	300	08.07.2020.	698181	4982261
potok Kikovac uzvodno	Ki1	100	30.09.2019.	610932	5007228
kanal Vočarica	kV	300	15.10.2019.	541897	5018369
kanal istočna Berava	kiB	300	08.07.2020.	665947	5005480
kanal Jasenova	kJA	300	09.07.2020.	699459	4985584
kanal Jelas Strug	KJS	300	28.05.2020.	550449	5007039
kanal Kobaš	kKo	300	03.07.2020.	602424	4994916
kanal Mali Strug	KMS	300	28.05.2020.	550343	5007023
kanal Koritanj	Kor	300	09.07.2020.	700494	4987317
kanal kod Pokotine	kPo	300	15.11.2019.	579406	5009155
potok Krivaja Sunjska nizvodno	Kr2	100	08.11.2019.	506400	5024980
potok Krivaja Živajska nizvodno	KrZ1	100	08.11.2019.	518215	5011660
kanal Sijerača	kSi	300	10.09.2020.	547284	5013225
rječica Kupčina uzvodno	Ku1	100	26.06.2019.	424017	5058320
kanal Veketuš	kVE	300	03.07.2020.	600205	4997316
kanal Lateralac-Brezna	LBr	300	26.08.2020.	630028	5004669
potok Lipnica uzvodno	Li1	100	04.07.2019.	454629	5054763
Kanal Ličnik	Lic	300	03.07.2019.	440070	5049972
Lipovački kanal	Lkn	300	09.07.2020.	702705	4991965
Lateralni kanal Topolje	IkT	300	23.07.2020.	637593	5008219
potok Lomnica uzvodno	Lm1	100	04.07.2019.	460631	5063281
rijeka Lonja nizvodno	Lo2	100	17.07.2019.	497478	5042178
kanal Sava-Odra ušće Lomnice	Lom	300	04.07.2019.	468663	5059812
kanal Lufinja	Luf	300	27.05.2020.	569385	5002502

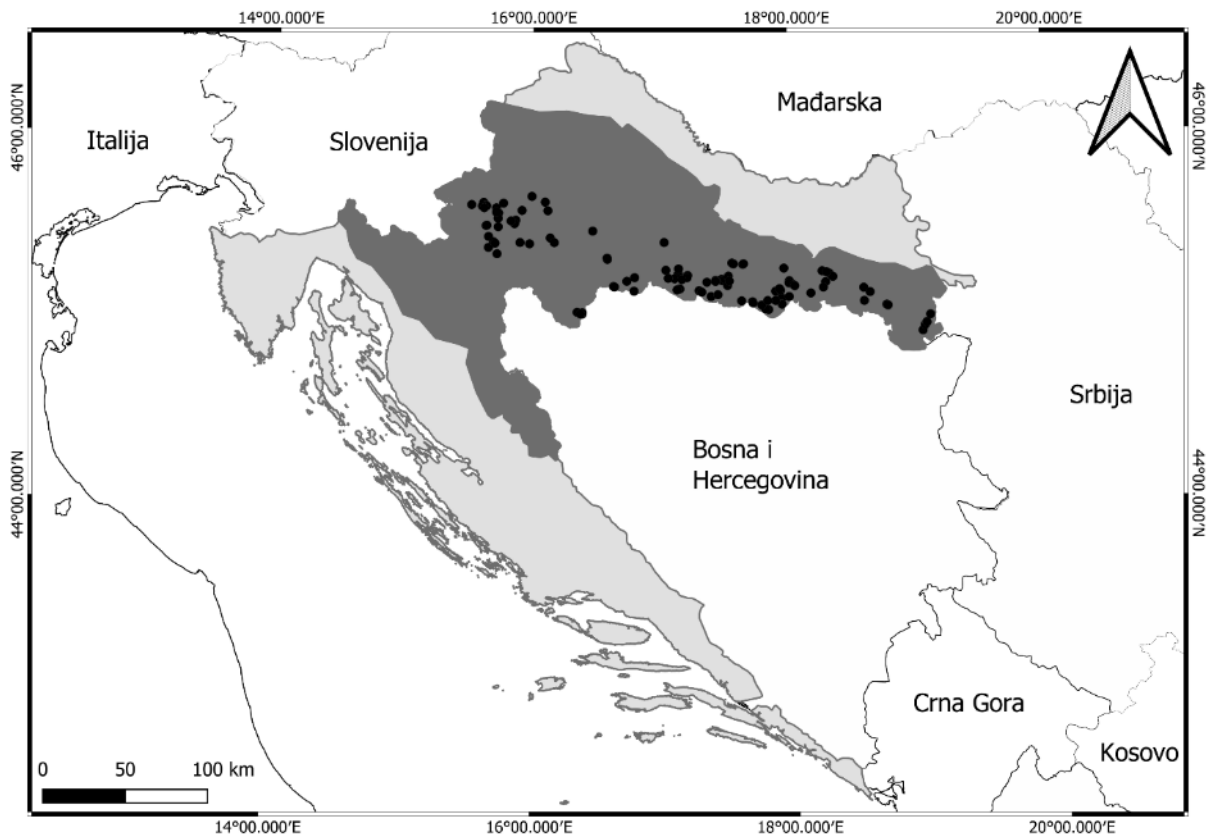
Nastavak tablice 3

Lokacija	Kod	Duljina lova (m)	Datum lova	X (HTRS96)	Y (HTRS96)
potok Malunja uzvodno	Ma1	100	26.06.2019.	431350	5059670
potok Malunja nizvodno	Ma2	100	26.06.2019.	432176	5057910
kanal Mrsunja Sl. Brod	Mrs	300	29.09.2019.	616866	5002486
kanal Mrsunja uzvodno	Mru	300	27.08.2020.	608633	5000053
potok Mala Trepča nizvodno	Mt2	100	06.11.2019.	453351	5035246
potok Orljavica uzvodno	Oc1	100	19.06.2020.	582001	5022785
potok Orljavica nizvodno	Oc2	100	19.06.2020.	582906	5022275
potok Okićnica uzvodno	Ok1	100	03.07.2019.	439089	5053729
rijeka Orljava ušće uzvodno	Or1	100	02.07.2020.	594612	4999325
rijeka Orljava ušće nizvodno	Or2	100	02.07.2020.	594915	4998544
Orljevski kanal	Orlj	300	27.08.2020.	603792	4999977
rijeka Orljava Završje uzvodno	Oz1	100	19.06.2020.	588568	5022007
rijeka Orljava Završje nizvodno	Oz2	100	19.06.2020.	589017	5022320
potok Palaševac nizvodno	Pa2	100	15.10.2019.	549633	5019232
potok Bučica nizvodno	pBu	100	06.11.2019.	459129	5034489
Pisarovina kanal istočno	Pik	300	28.06.2019.	450038	5046688
Pisarovina kanal između ribnjaka	Pir	300	28.06.2019.	447925	5048352
potok Pokotina uzvodno	Po1	100	25.05.2020.	579878	5014840
potok Pokotina nizvodno	Po2	100	25.05.2020.	579671	5014040
potok Rečica uzvodno	Re1	100	02.07.2019.	434229	5038979
potok Rešetarica Rešetari uzvodno	ReR1	100	25.05.2020.	572112	5012258
potok Rešetarica Rešetari nizvodno	ReR2	100	25.05.2020.	572095	5011600
potok Rešetarica ušće uzvodno	ReU1	100	26.05.2020.	573580	5003542
potok Ribnjak uzvodno	Ri1	100	15.11.2019.	580409	5011854
potok Reka nizvodno	Rk2	100	26.06.2019.	433067	5057623
potok Rosinac uzvodno	Ro1	100	18.06.2020.	613563	5019708
kanal Šegotin jarak	SeJ	300	24.10.2019.	522926	5013898
potok Skakavac nizvodno	Sk2	100	02.07.2019.	437187	5035841
potok Soboština uzvodno	Sl1	100	29.05.2020.	555108	5015227
potok Soboština nizvodno	Sl2	100	29.05.2020.	554774	5013883
kanal Starča	Sta	300	28.05.2020.	562080	5005996
rijeka Studva	Stu	100	09.07.2020.	700554	4987123
rijeka Sunja nizvodno	Su2	100	16.10.2019.	506248	5025773
potok Šumetlica uzvodno	Sum1	100	27.05.2020.	566844	5011137
Kanal Tešnjic	Tes	300	02.07.2019.	440113	5044836
potok Trebinja uzvodno	Tr1	100	21.06.2019.	434142	5032319
kanal Trnava	Trn	100	27.05.2020.	563744	5005084
Una Dvor uzvodno	Ud1	100	04.06.2020.	490982	4991677
Una Dvor nizvodno	Ud2	100	04.06.2020.	491128	4992651
Una Dubica nizvodno	Un2	100	13.03.2020.	522549	5005690
Una Slabinja uzvodno	Us1	100	04.06.2020.	510097	5008484
Una Slabinja nizvodno	Us2	100	04.06.2020.	510689	5008266

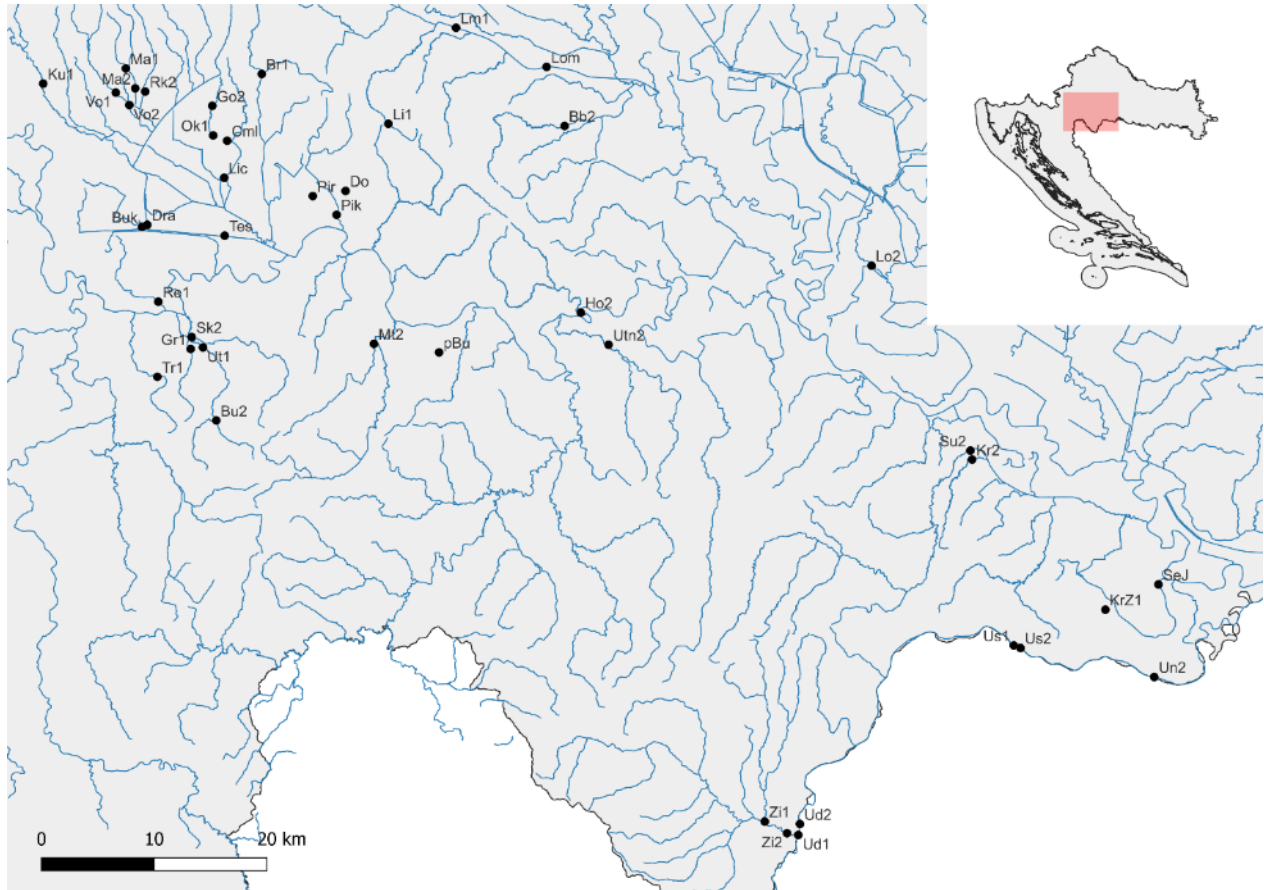


Nastavak tablice 3

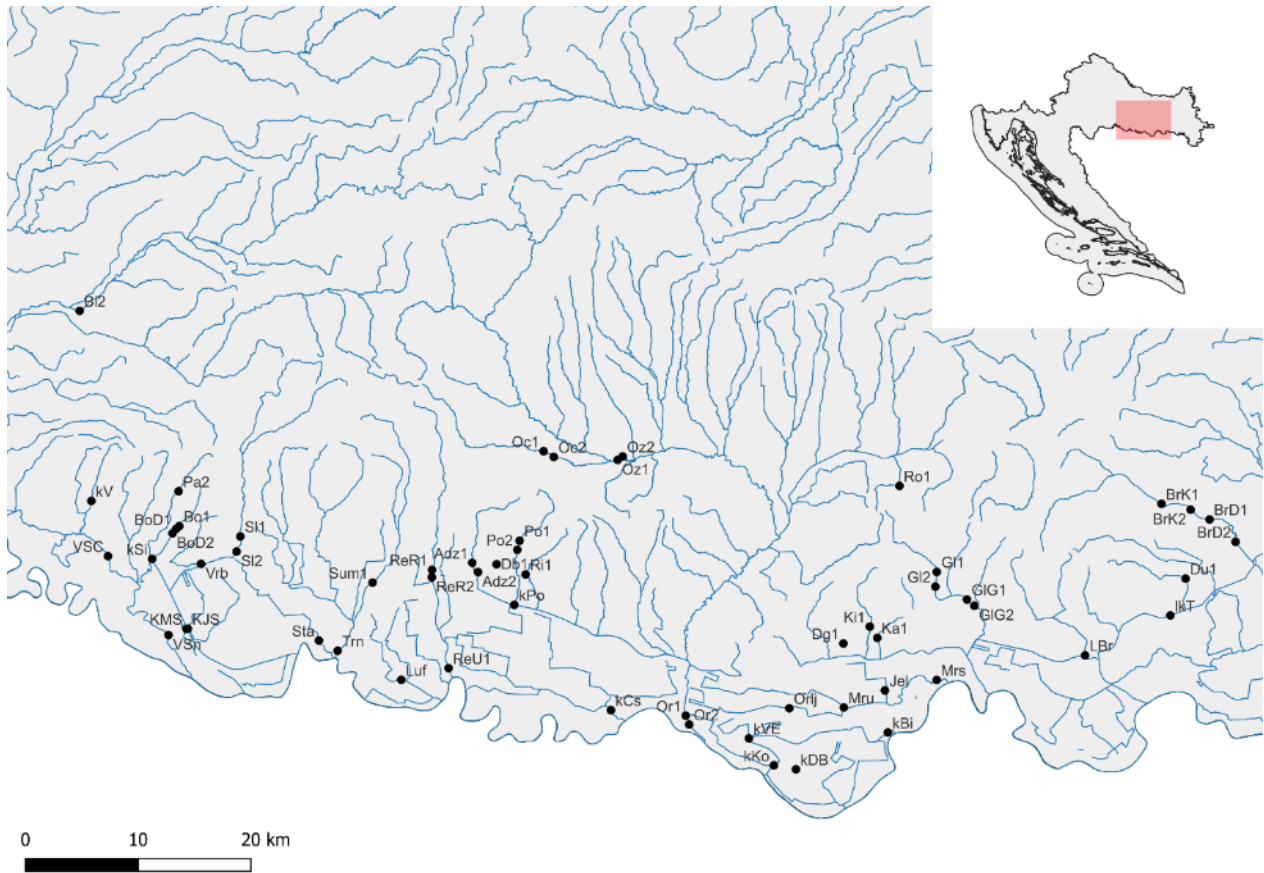
Lokacija	Kod	Duljina lova (m)	Datum lova	X (HTRS96)	Y (HTRS96)
potok Utinja uzvodno	Ut1	100	19.06.2019.	438188	5034926
potok Utina nizvodno	Utn2	100	11.07.2019.	474159	5035169
rječica Virovi uzvodno	Vi1	100	09.07.2020.	676150	4997844
rječica Virovi nizvodno	Vi2	100	09.07.2020.	676904	4997420
potok Volavčica uzvodno	Vo1	100	26.06.2019.	430453	5057526
potok Volavčica-Malunja nizvodno	Vo2	100	26.06.2019.	431654	5056429
kanal Vrbovljani	Vrb	300	29.05.2020.	551626	5012792
kanal Veliki Strug Čakrlija	VSC	300	24.10.2019.	543371	5013477
kanal Veliki Strug nizvodno	VSn	300	30.10.2019.	548736	5006478
potok Žirovnica uzvodno	Zi1	100	04.06.2020.	488010	4992863
potok Žirovnica nizvodno	Zi2	100	04.06.2020.	489983	4991836



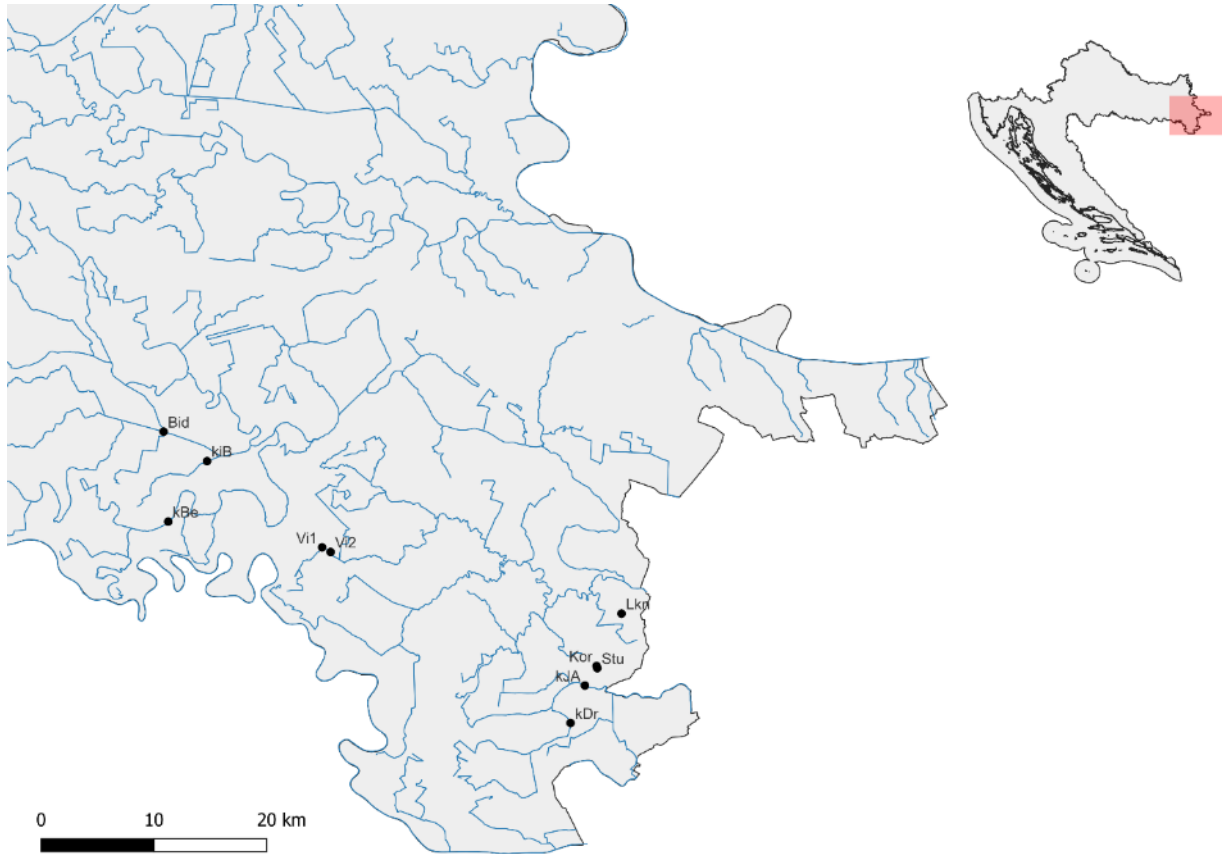
Slika 1. Lokacije uzorkovanja (crne točke) smještene unutar savskog slijeva Hrvatske (tamnosivo)



Slika 2. Detaljan prikaz zapadnog dijela područja istraživanja s označenim lokacijama uzorkovanja (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)



Slika 3. Detaljan prikaz središnjeg dijela područja istraživanja s označenim lokacijama uzorkovanja (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)



Slika 4. Detaljan prikaz istočnog dijela područja istraživanja s označenim lokacijama uzorkovanja (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

## 3.2. Prikupljanje uzoraka riba i okolišnih podataka

Ribe su prikupljene metodom elektroribolova u razdoblju od lipnja 2019. do studenog 2020., s iznimkom zimskih mjeseci (prosinac, siječanj, veljača). Koristio se uređaj za elektroribolov Hans Grassl snage 2,2 kW. Ulov se prikupljao mrežom promjera oka 6 mm postavljenoj na obruču anode promjera 30 cm. Uzorkovanje se provodilo hodanjem u koritu u jednom prolazu na način da su zastupljeni svi tipovi staništa. Prirodni vodotoci su uzorkovani na dva transekta duljine 100 m s minimalno 500 m razmaka između transekata gdje je to bilo moguće. Kanali su se uzorkovali duž jednog transekta duljine 300 m. Vodotoci pri uzorkovanju nisu bili zagrađeni pregradnim mrežama. Svaki transekt na istom vodotoku je zbog mogućih razlika u okolišnim značajkama uključen kao zasebna lokacija u analizi.

Nakon ulova, jedinke su determinirane uz pomoć ključa (Kottelat i Freyhof, 2007), određena im je standardna duljina na najbliži centimetar i zabilježena je brojnost svake vrste. Zavičajne vrste riba su vraćene u stanište, dok su strane vrste uklonjene u skladu sa Zakonom o sprječavanju unošenja i širenja stranih te invazivnih stranih vrsta i upravljanju njima (NN 15/18, 2018; NN 14/19, 2019). Za uzorkovanje je pribavljena dozvola nadležnih Ministarstva poljoprivrede (klasa UP/I-324-05119-03/03, ur. broj 525-1311855-19-2 i klasa UP/I-324-01/20-01/04, ur. broj 525-13/0733-20-2) i Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja (klasa UP/I-612-07/19-48/140, ur. broj 517-05-1-1-19-2).

Multiparametarskim mjernim instrumentom (SI Analytics HandyLab 680) zabilježeni su osnovni fizikalno-kemijski čimbenici kvalitete vode: temperatura, kisik, elektrovodljivost, pH. Nadmorska visina i koordinate lokacija su određene GPS uređajem Garmin GPSMAP 78S (nesigurnost 3-5 metara). Dubina vode je izmjerena tijekom uzorkovanja i zabilježena je kao maksimalna dubina na uzorkovanom transektu. Turbiditet je procijenjen u dvije kategorije: bistra ili zamućena/mutna voda. Vodena vegetacija je izražena kao postotak pokrovnosti uzorkovane površine. Supstrat dna je procijenjen kao postotak pojedinog udjela supstrata na području uzorkovanja (zemlja, mulj, pijesak, šljunak kamen, beton). U postotku prisutnosti na lokaciji uzorkovanja su zabilježene i zasjenjenost vodenog tijela, prisutnost makrofita, prisutnost riparijske vegetacije (drveće, grmlje, trava) te zastupljenost zemljane obale.

Lokacije uzorkovanja su nakon terenskog istraživanja podijeljene u dvije kategorije hidromorfoloških modifikacija: prirodne i izmijenjene. Klasifikacija se izvršila vizualnom procjenom na terenu u kombinaciji s tipizacijom Hrvatskih voda (Hrvatske vode, 2015) na način da su kao prirodne lokacije klasificirane samo one na kojima nije zabilježen nikakav utjecaj čovjeka u koritu i na obalama, a kao izmijenjene lokacije one koje su bile djelomično modificirane (pragovi i/ili

utvrđena obala) i one na konstruiranim kanalima. Vizualna procjena je dodatno korištena jer u podlozi Hrvatskih voda nije sadržana informacija o djelomično modificiranim prirodnim vodotocima. Osim po stupnju modifikacije, vodotoci u panonskoj ekoregiji se tipiziraju i po veličini sliva, nadmorskoj visini i geološkoj podlozi na 10 prirodnih tipova tekućica. U analizama je zbog lakše interpretacije i uravnoteženosti podataka tipizacija Hrvatskih voda pojednostavljena samo na kategorije malih vodotoka te grupiranih srednje velikih i velikih vodotoka, s obzirom da su stupanj modifikacije i supstrat dna već sadržani u zasebnim varijablama. Za modificirane vodotoke za koje nema podataka o veličini je dodatno korištena starija podloga izrađena prema Habdija i sur. (2009) u kojoj su svi tipizirani vodotoci klasificirani prema veličini sliva.

Naknadno su preko satelitskih snimki utvrđeni prosječna širina vodotoka, prisutnost intenzivne poljoprivrede, prisutnost naselja i udaljenost od uzgojnih ribnjaka. Prisutnost poljoprivrede i naselja su ukazivali na moguće izvore zagađenja, dok su uzgojni ribnjaci mogli biti izvor stanih vrsta riba (Boršić i sur., 2018).

### **3.3. Standardizacija i priprema podataka**

Kvantitativni podaci o ribama su standardizirani na broj jedinki prikupljenih na 100 metara uzorkovanja, na način da se broj prikupljenih riba bez obzira na duljinu uzorkovanja preračunao u broj prikupljenih riba u ribolovnom naporu od 100 metara, i zatim transformirani logaritmiranjem  $\log(x+1)$  kako bi se umanjio utjecaj velikog broja jedinki iste vrste na pojedinim lokacijama.

Vizualnom analizom podataka u programu *Excel, Microsoft Office 2019* je utvrđena eventualna prisutnost neuobičajenih vrijednosti (outliers) ili nejednolike distribucije u kontinuiranim nezavisnim podacima. Zbog postojanja neuobičajenih vrijednosti, i razlike u redu veličine mjerenja, podaci o dubini i širini vodotoka, nadmorskoj visini i udaljenosti od uzgojnih ribnjaka transformirani su logaritmiranjem s bazom 10. Podaci izraženi u postotku (udio finog supstrata, udio vodene vegetacije, udio visoke riparijske vegetacije, udio zemljane obale i zasjenjenost) su transformirani arcsine transformacijom, zbog stabilizacije varijance. Nadmorska visina je korištena kao kontinuirana varijabla u analizi kanoničke korespondencije i u generaliziranim linearnim modelima, dok je za potrebe ostalih analiza transformirana u faktor s tri uravnotežene razine: nadmorska visina manja od 100 m, od 100-120 m te više od 120 m. Granica od 100 metara je otprilike odvajala aluvijalne vodotoke u dolini Save od onih u brežuljkastom području, dok je granica od 120 metara odvojila najviše kanale u pokupskom bazenu od ostalih vodotoka na višim nadmorskim visinama, odnosno iznad nadmorske visine od 120 metara nije uzorkovan ni jedan umjetni kanal.

U analizama su se kao zavisne varijable koristili podaci o brojnosti ili prisutnosti vrste uz uvjet da je vrsta prisutna na barem pet uzorkovanih lokacija (~5% od ukupno uzorkovanih lokacija) i da je na najmanje jednoj lokaciji zabilježeno 5 ili više jedinki u 100 metara uzorkovanja. Na taj način se smanjio broj zavisnih varijabli (brojnost prisutnih vrsta riba) i utjecaj rijetkih vrsta na krajnji rezultat analize (Wang i sur., 2006). Prisutnost rijetkih vrsta je iznimno korištena kao nezavisni prediktor u analizi kanoničke korespondencije utjecaja predatorskih vrsta i kod generaliziranog linearnog modeliranja pojavnosti bezribice, kada su se predatorske vrste bilježile bez obzira jesu li kasnije isključene kao rijetke vrste, zato što je biomasa vodenih predatora često mala u malim ekosustavima (McIntosh i sur., 2018).

## **3.4. Statistička obrada podataka**

### **3.4.1. Raznolikost i sastav ihtiofaune u odnosu na stanište i stresore**

#### **3.4.1.1. Procjena bioraznolikosti ihtiofaune**

Za procjenu bioraznolikosti koristila se mjera bogatstva vrsta i Shannon-Wienerov indeks bioraznolikosti ( $H'$ ). Bogatstvo vrsta je ukupni broj vrsta zabilježen na lokaciji, dok je Shannon-Wiener indeks najčešće korištena mjera raznolikosti riba (Clarke i Warwick, 2001) i izračunat je prema formuli:

$$H' = - \sum (p_i) (\ln p_i)$$

gdje je  $p_i$  udio određene vrste u ukupnom uzorku, a u sumu ulaze sve vrste prisutne u uzorku sa jedne lokacije (Nolan i Callahan, 2006). Što je Shannon-Wiener indeks veći, to je veća bioraznolikost zajednice koju opisuje. Ovaj indeks uzima u obzir udio svake vrste u proučavanoj prostornoj jedinici, stoga bolje opisuje raznolikost od same mjere bogatstva vrsta. Ako dvije proučavane lokacije sadrže isti broj vrsta, vrijednost Shannon-Wiener indeksa može ukazati na dominaciju jedne ili nekoliko vrsta te kao biološki raznolikiju lokaciju vrednuje onu s ujednačenijim brojem jedinki svake vrste (Margalef, 1957 prema Konopiński, 2020). Zbog kolinearnosti Shannon-Wiener indeksa i bogatstva vrsta, kao mjera bioraznolikosti je zadržan samo Shannon-Wiener indeks jer uz brojnost vrsta na njega utječe i dominacija vrste što ga čini boljim pokazateljem bioraznolikosti (Margalef, 1957 prema Konopiński, 2020). Shannon-Wiener indeks se izračunao posebno za ukupne zajednice i posebno za zajednice s isključenim rijetkim vrstama. Usporedba Shannon-Wiener indeksa (računatog bez rijetkih vrsta, kako bi bilo usporedivo s ostalim analizama) između tipova i kategorija vodotoka je izvršena neparametrijskim Mann-Whitney-U testom za dva uzorka i Kruskal Wallis testom za više uzoraka i (Mueller i sur., 2018).

Značajke po kojima su podijeljene testirane lokacije uključuju one na kojima su se bazirale hipoteze: tipizacija vodotoka, modifikacija vodotoka, a dodatno je uključena i nadmorska visina vodotoka koja se u naknadnim analizama pokazala kao najznačajniji okolišni čimbenik. Statistički testovi su napravljeni u programu Past 4.03 (Hammer i sur., 2001). Kao prag značajnosti usvojena je vrijednost  $p = 0,05$ .

Shannon-Wiener indeks i bogatstvo vrsta zajednica s isključenim rijetkim vrstama su također korišteni kao pokazatelji bioraznolikosti kod usporedbe lokacija istraživanja s istih vodotoka. Kako bi se utvrdila razlika zajednica sa lokacija na istom vodotoku, korišten je Mann-Whitney-U test za analiziranje razlika između lokacija iste morfologije (prirodno stanje i ista razina nadmorske visine) i lokacija različite morfologije (barem jedna lokacija u drugačijem hidromorfološkom stanju modifikacije ili različita razina nadmorske visine). Između uzoraka su testirane vrijednosti maksimalne razlike između Shannon Wiener indeksa sa lokacija na istom vodotoku. Kao prag značajnosti usvojena je vrijednost  $p = 0,05$ .

#### **3.4.1.2. Odabir i primjena odgovarajuće multivarijatne metode ekološke statistike**

Odgovarajuća multivarijatna analiza je odabrana na temelju testiranja podataka detrendiranom analizom korespondencije (DCA). Preko duljine prve DCA osi se u jedinicama standardne devijacije procjenjuje homogenost, odnosno heterogenost, podataka i odabire se odgovarajuća multivarijatna analiza: linearna analiza redundancije (RDA) za homogene podatke (duljina prve DCA osi manja od 4 standardne devijacije) ili unimodalna kanonička analiza korespondencije (CCA) za heterogenu skupinu podataka (duljina prve DCA osi veća od 4 standardne devijacije) (Lepš i Šmilauer, 2003). CCA i RDA su metode kvantitativne ekološke statistike koje omogućuje analizu kompleksnih setova ekoloških podataka. Ova analiza gradijenta pojavnost vrsta direktno dovodi u vezu s okolišnim varijablama (ter Braak, 1986). Značajnost dobivenih modela se testirala Monte Carlo permutacijskim testom s 499 permutacija. Radi se o postupku nasumičnog preslagivanja podataka o vrstama (zavisna varijabla) te usporedbi statistike dobivene na realnim podacima s onom slučajno generiranom permutacijama. U slučaju značajne razlike između realnog i slučajno generiranih setova podataka, može se zaključiti da je model statistički značajan (Šmilauer i Lepš, 2014). Kao prag značajnosti usvojena je vrijednost  $p = 0,05$ . CCA i RDA su najprije provedene sa uključenim svim značajkama okoliša, a naknadno se koristila *stepwise forward selection* metoda odabira statistički značajnih okolišnih prediktora kako bi se smanjila kompleksnost analize i olakšala interpretacija rezultata. Tom metodom se kroz više koraka odabrao minimalan adekvatan podskup okolišnih prediktora koje objašnjavaju podatke o vrstama približno dobro kao i kompletan set te se na taj način pojednostavljuje interpretacija veze



između okoliša i zajednica; svaka okolišna varijabla se testirala Monte Carlo permutacijskim testom (499 permutacija) kako bi se utvrdilo je li utjecaj te varijable na objašnjenu varijaciju zavisnih podataka bio značajniji od pukog slučaja; ako jeste, onda se testirana varijabla uključila u ukupni model (Šmilauer i Lepš, 2014).

Na temelju strukture analiziranih podataka, CCA analiza je upotrijebljena za testiranje povezanosti sastava ribljih zajednica, okolišnih značajki i identifikaciju stresora te utjecaja predatora i brojnosti stranih vrsta na zajednice, dok je RDA bila prikladnija za analiziranje utjecaja okoliša na sastav zajednica stranih vrsta zbog kratke duljine prve osi kod DCA testiranja.

Podaci o brojnosti riba su uključeni kao zavisne varijable dok su okolišne značajke uključene kao nezavisni prediktori. Prisutnost intenzivne poljoprivrede, prisutnost naselja i stupanj izmjene vodotoka su korišteni kao nezavisne kategoričke varijable, dok su sve ostale vrijednosti bile nezavisne kontinuirane varijable. Sve nezavisne varijable su prije analize standardizirane na jedinicu varijance, odnosno srednja vrijednost im je svedena na nulu a varijanca na jedan (Lepš i Šmilauer, 2003). Vrijednost kisika je isključena iz analize jer mjerenja nisu vršena u isto doba dana te nisu usporediva zbog velikih fluktuacija otopljenog kisika tokom dana (Wylie i Jones, 1987). Varijabla temperature zadržana usprkos sezonalnosti uzorkovanja jer je većina uzorkovanja ipak obavljena tijekom topijeg dijela godine (svibanj-rujan), a gradijent temperature je često bitan prediktor ribljih zajednica. Sastav supstrata je uključen kao udio finog supstrata (pijesak, mulj, zemlja) na uzorkovanom području s obzirom da je fini supstrat bio zastupljen na svim lokacijama i u literaturi se navodi kao značajan prediktor sastava ribljih zajednica (Mullen et al., 2011; Walrath et al., 2016) te kako bi se smanjio broj nezavisnih varijabli. Riparijska vegetacija je uključena kao postotak visoke riparijske vegetacije (zbroj udjela drveća i grmlja), također kako bi se smanjio broj nezavisnih varijabli i olakšala interpretacija analize. Parametri bioraznolikosti su također predstavljali nezavisne kontinuirane varijable. Prisutnost predatorskih vrsta riba i brojnost stranih vrsta riba koje korištene su kao kovarijable. To su biotički prediktori koji često imaju utjecaj na raspodjelu zajednica ihtiofaune. Kao predatori su uključeni klen *Squalius cephalus*, štika *Esox lucius*, grgeč *Perca fluviatilis*, smuđ *Sander lucioperca*, mladica *Hucho hucho*, potočna pastrva *Salmo trutta*, som *Silurus glanis*. S obzirom da su predatorske vrste korištene kao kovarijabla, jednike tih vrsta su izbačene iz analize zajednice kako bi se izbjegao kružni argument (predatorske vrste iz zajednice bi se grupirale uz varijablu prisutnosti predatorskih vrsta).

Kao strane vrste su uključene samo česte vrste koje su uspostavile populacije diljem istraživanog područja što predstavlja značajan stresor nativnoj ihtiofauni. Za ovu kovarijablu identificirane su sunčanica, babuška i bezribica. Brojnost stranih vrsta je korištena kao kovarijabla

u dodatnoj CCA, pa su jednike tih vrsta izbačene iz analize zajednice kako bi se izbjegao kružni argument (strane vrste bi se grupirale uz varijablu brojnosti stranih vrsta).

Za testiranje povezanosti stranih vrsta i okolišnih značajki, kao zavisna varijabla je korištena samo brojnost stranih vrsta.

Rezultati su grafički prikazani u obliku biplota. ter Braak (1986) i Maret (1997) su opisali interpretaciju ekološkog biplota: okolišni gradijenti su funkcije okolišnih varijabli i u biplotu se prikazuju u obliku vektora; vrste koje su pozitivno korelirane s okolišnom varijablom se nalaze u blizini vrha odgovarajućeg vektora, dok se negativno korelirane vrste nalaze u suprotnom smjeru od vrha vektora; duljina vektora ukazuje na snagu povezanosti između okolišne varijable i sastava vrsta, što je vektor duži to je varijabla važnija jer se duž njenog gradijenta više mijenja sastav vrsta.

Multivarijatna analiza, testovi analiza i grafički prikazi napravljeni su putem statističkog programa CANOCO 5 (ter Braak i Šmilauer, 2012).

### **3.4.2. Sličnost zajednica**

#### **3.4.2.1. Bray-Curtis sličnost**

Sličnost zajednica između lokacija na istom vodotoku je analizirana računanjem Bray-Curtis indeksa sličnosti. Bray-Curtis indeks je odabran kao odgovarajuća mjera sličnosti zato što se bazira na pojavnosti i na brojnosti istih vrsta u uzorcima, za razliku od Euklidske udaljenosti koja odsutnost istih vrsta također interpretira kao sličnost između uzoraka što dovodi do prividne sličnosti između nepovezanih uzoraka. Bray-Curtis sličnost se također lako interpretira: vrijednost 0 označava apsolutnu različitost između uzoraka, a vrijednost 100 označava dva potpuno jednaka uzorka. Ova mjera se općenito pokazala kao jedna od najrobusnijih i najpouzdanijih metoda procjene sličnosti u ekologiji (Clark, 1993). Bray-Curtis indeks je izračunat u programu Past 4.03 (Hammer i sur., 2001).

Na temelju Bray-Curtis indeksa sličnosti provedena je i klaster analiza za usporedbu lokacija s istih vodotoka, te je provedena analiza sličnosti (analysis of similarities, ANOSIM) i analiza postotaka sličnosti (similarity percentages, SIMPER) za utvrđivanje sličnosti lokacija.

#### **3.4.2.2. Klaster (cluster) analiza**

Klaster analiza je postupak podjele uzoraka u podgrupe u kojima su uzorci povezani po određenom kriteriju (Clarke & Green, 1988). Postoji više metoda generiranja klastera, a u ovom

istraživanju je hijerarhijskim algoritmom generiran dendrogram metodom povezivanja po prosjeku grupa. Zbog velikog broja lokacija i preglednosti, isti klaster dijagram je reproduciran za svaku značajku od interesa zasebno i u svakom su lokacije označene različitom bojom, ovisno o broju razina korištene kategoričke varijable. Značajke po kojima su označene lokacije uključuju one na kojima su se bazirale hipoteze: tipizacija vodotoka, modifikacija vodotoka, a dodatno je uključena i nadmorska visina koja se u CCA pokazala kao najznačajniji okolišni čimbenik za ukupne zajednice. S obzirom da je nadmorska visina bila kontinuirana varijabla, za potrebe analize je podijeljena u kategorije kako je opisano ranije. Klaster analiza nije napravljena posebno za svaku kategoriju tipizacije zato što nije postojala značajna razlika u sastavu zajednica između različitih tipova vodotoka podijeljenih po veličini. U svrhu lakše interpretacije pojedinih grupa unutar dendrograma, odabrana je arbitrarna granična (cut-off) vrijednost koja dijeli klastere lokacija u interpretabilne podskupine. Klaster analiza je napravljena u programu Past 4,03 (Hammer i sur., 2001).

#### **3.4.2.3. Analiza sličnosti (analysis of similarities, ANOSIM) i analiza postotaka sličnosti (similarity percentages, SIMPER)**

ANOSIM je statistička metoda kojom se uspoređuje sličnost između dvije ili više grupa uzoraka bazirana na matrici udaljenosti ili različitosti. Metoda računa parametar R koja poprima vrijednost između -1 i 1. Vrijednost blizu 1 ukazuje da je sličnost unutar grupa veća nego između grupa (grupe se značajno razlikuju), a vrijednost blizu -1 ukazuje na veću sličnost uzoraka između grupa nego unutar grupa (grupe se ne razlikuju). Značajnost analize se testira permutacijskim testom (Clarke, 1993). Matrica različitosti je u ovom istraživanju bila bazirana na vrijednostima Bray-Curtis indeksa sličnosti između parova lokacija. Ispitane su razlike između grupa temeljenih na hipotezama (tipizacija vodotoka i hidromorfološka modifikacija) te na nadmorskoj visini kao najznačajnijem okolišnom čimbeniku za raspodjelu ukupnih zajednica prema CCA. U slučaju značajnosti više od jednog faktora, napravljena je dodatna uparena analiza svih kombinacija značajnih faktora kako bi se objasnio njihov utjecaj.

SIMPER je analiza sličnosti koja prepoznaje utjecaj varijabli ili faktora na različitost između grupa te se često koristi u kombinaciji s ANOSIM metodom (Clarke, 1993). U ovom istraživanju se metoda koristila za identifikaciju vrsta koje najviše utječu na odvajanje statistički značajno različitih grupa uzoraka.

ANOSIM i SIMPER analize su provedene u programu Past 4.03 (Hammer i sur., 2001). Neparometrijski test bazirao se na 9999 permutacija, a kao prag značajnosti usvojena je vrijednost  $p = 0,05$ .

### 3.4.3. Generalizirani linearni model (GLM)

S obzirom da su bezribica i sunčanica prepoznate kao najraširenije strane vrste koje su ujedno i navedene na Popisu invazivnih stranih vrsta koje izazivaju zabrinutost na razini Europske unije (Europska komisija, 2016, 2019), za njih je razvijen generalizirani linearni modeli (GLM) pojavnosti. Korišteni su podatci o pojavnosti zato što ni jedna od te dvije vrste nije bila prisutna na svim lokacijama istraživanja. Za svaku se vrstu utvrdio model koji najbolje predviđa njenu pojavnost ovisno o odabranim značajkama okoliša.

Odabir modela se bazirao na pristupu teorijske informacije (information-theoretic, IT). Ovaj pristup se bazira na pregledu literature i ranijem poznavanju vrste te formiranju skupa različitih biološki prihvatljivih modela; iz tog skupa se odabire model koji najbolje opisuje analizirane podatke (Burnham & Anderson, 2002). Podaci iz pregleda literature (tablice 1 i 2) su nadopunjeni sa prethodnim znanjem autora doktorskog rada o analiziranim vrstama. To je rezultiralo s formiranjem *a priori* modela za predviđanje pojavnosti obje vrste: 12 modela za bezribicu (tablica 4) i 9 modela za sunčanicu (tablica 5).

S obzirom da obje vrste imaju preferencije prema lentičkim staništima, lokacije na kojima nije bilo šljunka i gdje je bio prisutan samo sitni supstrat (mulj i/ili pijesak) su predstavljale staništa slična lentičkima. Naime, u uvjetima sprog protoka mulj i pijesak prekrivaju dno vodotoka pa je odsutnost šljunka korištena za prepoznavanje takvih staništa (Coulombe-Pontbriand & Lapointe 2004; Earle, 2019). S obzirom na navedeno, značajka prisutnosti pojedinog tipa supstrata je u GLM zamijenjena kategoričkom varijablom prisutnosti šljunka. Pokrovnost vodenog bilja je zbog nužne uravnoteženosti za potrebe modeliranja transformirana u kategoričku varijablu i podijeljena u 6 kategorija: 0 – nije prisutna; 1: do 5%; 2: 6–25%; 3: 26–50%; 4: 51–75%; 5: više od 75% pokrovnosti. Zbog istog razloga je udio drveća u riparijskoj zoni transformiran u kategoričku varijablu prisutnosti drveća. Osim već navedenih, hidromorfološka modifikacija vodotoka, prisutnost naselja, turbiditet, prisutnost predatora i prisutnost stranih vrsta su uključene kao kategoričke varijable, dok su ostali prediktori u modelu uključeni kao kontinuirane varijable. Predatorske vrste su bile štika, mladica, grgeč, potočna pastrva, smuđ, som i klen. Babuška i sunčanica su uključeni kao strane vrste kod modeliranja pojavnosti bezribice.

Podaci su modelirani u programu R, verzija 4.2.1 (R Core Team, 2022). Zavisna varijabla je bila pojavnost vrste (binomna varijabla), stoga se za opis tog tipa podataka koristio Bernoullijev generalizirani linearni model (Bernoulli GLM). Odabir najboljeg statističkog modela se izvršio Akaike-ovim informacijskim kriterijem (AIC): obično što je manja AIC vrijednost, to model bolje opisuje podatke (Burnham & Anderson, 2002), s tim da se modeli kojima se AIC vrijednosti

razlikuju do dvije AIC jedinice smatraju jednako pogodnima (Greenwood, 2022). Odabrani najbolji model je validiran grafičkim prikazom reziduala modela u odnosu na prilagođene vrijednosti i uvrštene značajke modela.

Tablica 4. Predloženi modeli za IT pristup odabira najboljeg modela, s objašnjenjem za svaki model pojavnosti bezribice (**nadmorska visina** – nadmorska visina lokacije uzorkovanja; **šljunak** – prisutnost šljunka u supstratu dna kao pokazatelj uvjeta protoka; **predator** – prisutnost predatorskih vrsta riba; **ribnjak** – udaljenost od najbližeg uzgojnog ribnjaka; **vegetacija** – razina vodene vegetacije; **SWI** – Shannon Wiener indeks kao mjera raznolikosti ribljih zajednica; **provodljivost** – provodljivost ili konduktivitet vode, mjera kvalitete vode; **NNS** – prisutnost stranih vrsta riba (osim bezribice); **modifikacija** – hidromorfološko stanje vodotoka: prirodno ili modificirano)

Model	Značajke u modelu	Objašnjenje
<b>M1</b>	Bez značajki okoliša	Korišten kao kontrola
<b>M2</b>	predator + šljunak + vegetacija + SWI + nadmorska visina + provodljivost + NNS + ribnjak	Značajke koje se spominju u literaturi
<b>M3</b>	predator + šljunak + vegetacija + SWI	Značajke koje se najčešće spominju u literaturi
<b>M4</b>	šljunak + nadmorska visina + provodljivost	Abiotičke značajke
<b>M5</b>	predator + SWI + NNS + vegetacija + ribnjak	Biotičke značajke
<b>M6</b>	predator + vegetacija + SWI	Ribolovna mjesta na kojima ribolovci vrstu unose kao mamac (prisutnost predatorskih vrsta, velika raznolikost vrsta, mala pokrovnost vodene vegetacije)
<b>M7</b>	šljunak + SWI + provodljivost + modifikacija + NNS	Otporna vrsta u degradiranom staništu (spor protok kao rezultat brana i pregrada, mala raznolikost vrsta, loša kvaliteta vode, prisutnost stranih vrsta)
<b>M8</b>	šljunak + SWI + vegetacija + provodljivost	Uvjeti slični lentičkima (spor protok, puno vodene vegetacije, visoka eutrofikacija, velika raznolikost riba u nizvodnim staništima)
<b>Dodatni modeli uključeni nakon analize mogućih interakcija unutar podataka</b>		
<b>M9</b>	šljunak + ribnjak + šljunak x ribnjak	U blizini ribnjaka, uvjeti protoka imaju manji utjecaj na pojavnost vrste – stalni unos novih jedinki iz ribnjaka čak i u lošim okolišnim uvjetima
<b>M10</b>	vegetacija + ribnjak + vegetacija x ribnjak	U blizini ribnjaka, nedostatak vegetacije ima manji utjecaj na pojavnost vrste – stalni unos novih jedinki iz ribnjaka čak i u lošim okolišnim uvjetima
<b>M11</b>	provodljivost + ribnjak + provodljivost x ribnjak	U blizini ribnjaka, loša kvaliteta vode ima manji utjecaj na pojavnost vrste – stalni unos novih jedinki iz ribnjaka čak i u lošim okolišnim uvjetima

Nastavak tablice 4

Model	Značajke u modelu	Objašnjenje
M12	šljunak + vegetacija + šljunak x vegetacija	U uvjetima slabog protoka, vegetacija ima manji utjecaj na pojavnost vrste nego u uvjetima jakog protoka – kod jakog protoka vrsta dodatno iskorištava prisutnost vegetacije kao zaklon u svrhu uštede energije

Tablica 5. Predloženi modeli za IT pristup odabira najboljeg modela, s objašnjenjem za svaki model pojavnosti sunčanice (**turbiditet** – turbiditet vode na mjestu uzorkovanja: bistra ili mutna/zamućena; **šljunak** – prisutnost šljunka u supstratu dna kao pokazatelj uvjeta protoka; **predator** – prisutnost predatorskih vrsta riba; **naselje** – prisutnost naselja neposredno uz lokaciju; **drveće** – prisutnost drveća u riparijskoj vegetaciji; **dubina** – maksimalna dubina na lokaciji uzorkovanja; **modifikacija** – hidromorfološko stanje vodotoka: prirodno ili modificirano; **vegetacija** – razina vodene vegetacije)

Model	Značajke u modelu	Objašnjenje
M1	Bez značajki okoliša	Korišten kao kontrola
M2	turbiditet + šljunak + predator + naselje + drveće + dubina + modifikacija + vegetacija	Značajke koje se spominju u literaturi
M3	šljunak + predator + vegetacija	Značajke koje se najčešće spominju u literaturi
M4	turbiditet + šljunak + naselje + dubina + modifikacija	Abiotičke značajke
M5	predator + drveće + vegetacija	Biotičke značajke
M6	predator + naselje + dubina + vegetacija	Ribolovna mjesta na kojima ribolovci vrstu unose kao mamac (prisutnost predatora, blizina naselja, dubina, malo vegetacije)
M7	turbiditet + šljunak + drveće + modifikacija	Otporna vrsta u degradiranom staništu (nizak protok zbog pregrada na toku, mutna voda, degradirana riparijska vegetacija, izmijenjena staništa)
M8	šljunak + dubina + vegetacija	Pogodna mjesta za gradnju gnijezda (nizak protok, plitka voda, vodena vegetacija)
M9	šljunak + dubina + modifikacija	Staništa iznad pregrada (nizak protok, povećana dubina, izmijenjena staništa)
<b>Dodatni modeli uključeni nakon analize mogućih interakcija unutar podataka</b>		
<b>Nije uočena značajna interakcija između značajki</b>		

## 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### 4.1. Sastav vrsta i raznolikost ribljih zajednica

#### 4.1.1. Sastav ihtiofaune

Istraživanjem je prikupljeno ukupno 6918 jedinki riba koje se mogu svrstati u 42 vrste iz 16 porodica (tablica 6, prilog 1). Od zabilježenih vrsta, pet je strogo zaštićenih prema Pravilniku o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/2013 i 73/2016): dunavska paklara *Eudontomyzon vladykovi*, veliki vijun *Cobitis elongata*, piškur *Misgurnus fossilis*, zlatni vijun *Sabanejewia balcanica* i Keslerova krkuša *Romanogobio kesslerii*. Zabilježeno je i šest stranih vrsta: sunčanica, babuška, bezribica, riječni glavočić *Neogobius fluviatilis*, glavočić okrugljak *Neogobius melanostomus* i crni somić *Ameiurus melas*.

U standardiziranom ukupnom ulovu (broj jedinki na 100 m uzorkovanja) je s preko 20% udjela dominirao klen *Squalius cephalus*, a preko 10% udjela su imale dunavska krkuša *Gobio obtusirostris*, dvoprugasta uklija *Alburnoides bipunctatus* i babuška (grafikon 1). Po ekološkoj preferenciji zabilježeno je najviše reofila, 21 vrsta, zatim 16 vrsta euritopa i 5 vrsta limnofila (tablica 7). U daljnje analize su primjenom kriterija o učestalosti uključene 22 vrste riba, dok ih je 20 isključeno zbog male pojavnosti (tablica 7, tablica 8).

Tablica 6. Popis zabilježenih vrsta riba u ukupnom ulovu i njihovih ekoloških stanišnih preferencija (prema Aarts i Nienhuis, 2003; Mihaljević i sur., 2011; Rauch, 2022); vrste koje su isključene iz daljnje analize zbog rijetke pojavnosti po bilo kojem od navedenih kriterija su označene s \*

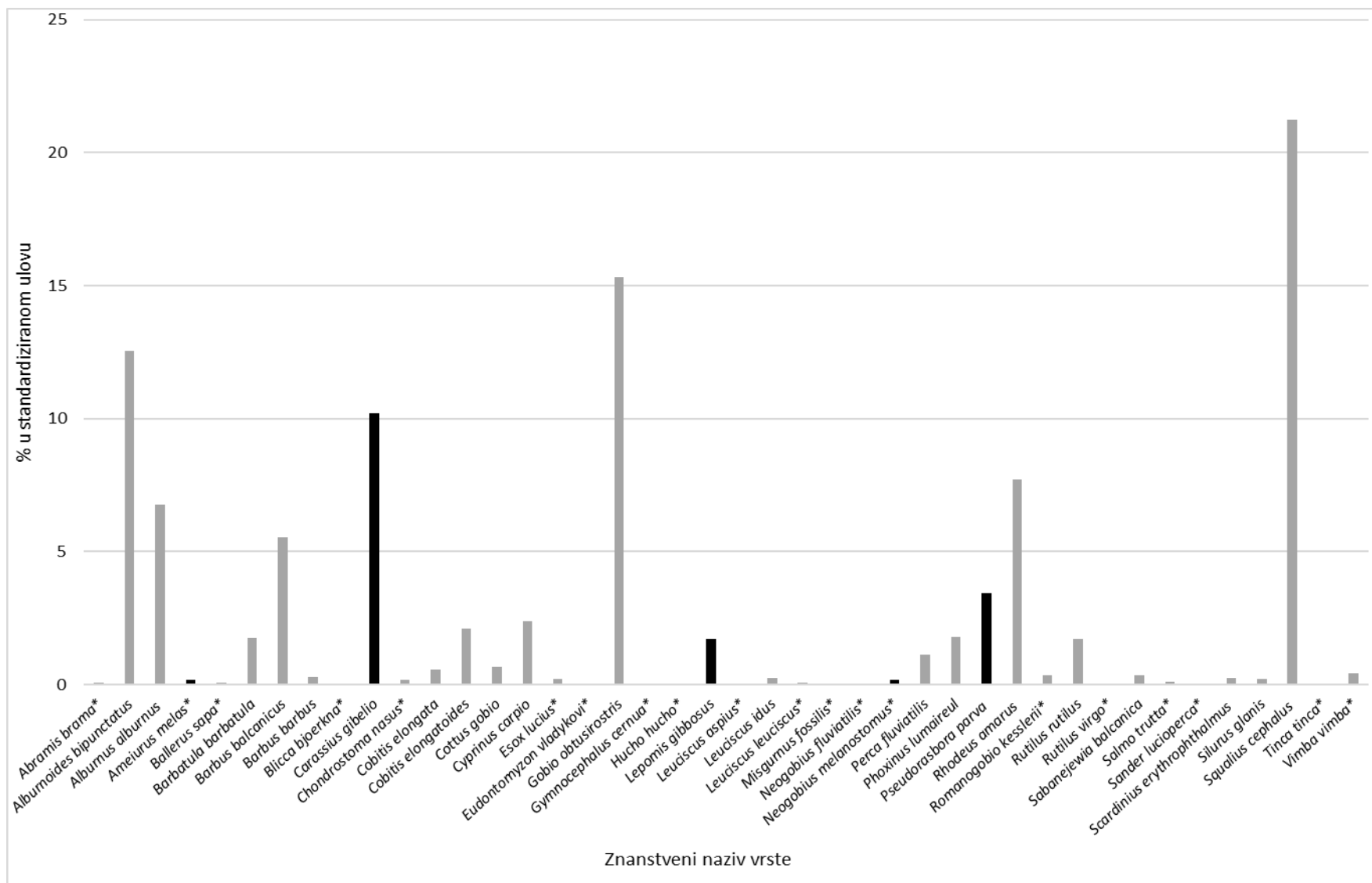
Porodica	Znanstveni naziv	Hrvatski naziv	Stanišna ekološka preferencija
Petromyzontidae	<i>Eudontomyzon vladykovi</i> *	Dunavska paklara	Reofil
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	Sunčanica	Limnofil
Acheilognathidae	<i>Rhodeus amarus</i>	Gavčica	Euritop
Cobitidae	<i>Cobitis elongata</i>	Veliki vijun	Reofil
	<i>Cobitis elongatoides</i>	Vijun	Reofil
	<i>Misgurnus fossilis</i> *	Piškur	Limnofil
	<i>Sabanejewia balcanica</i>	Zlatni vijun	Reofil
Cyprinidae	<i>Barbus balcanicus</i>	Potočna mrena	Reofil
	<i>Barbus barbus</i>	Mrena	Reofil
	<i>Carassius gibelio</i>	Babuška	Euritop
	<i>Cyprinus carpio</i>	Šaran	Euritop

Nastavak tablice 6

<b>Porodica</b>	<b>Znanstveni naziv</b>	<b>Hrvatski naziv</b>	<b>Stanišna ekološka preferencija</b>
Gobionidae	<i>Gobio obtusirostris</i>	Dunavska krkuš	Reofil
	<i>Pseudorasbora parva</i>	Bezribica	Euritop
	<i>Romanogobio kesslerii*</i>	Keslerova krkuš	Reofil
Leuciscidae	<i>Abramis brama*</i>	Deverika	Euritop
	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Dvoprugasta uklija	Reofil
	<i>Alburnus alburnus</i>	Uklija	Euritop
	<i>Ballerus sapa*</i>	Crnooka deverika	Reofil
	<i>Blicca bjoerkna*</i>	Krupatica	Euritop
	<i>Chondrostoma nasus*</i>	Podust	Reofil
	<i>Leuciscus aspius*</i>	Bolen	Reofil
	<i>Leuciscus idus</i>	Jez	Reofil
	<i>Leuciscus leuciscus*</i>	Klenić	Reofil
	<i>Phoxinus lumaireul</i>	Pijor	Reofil
	<i>Rutilus rutilus</i>	Bodorka	Euritop
	<i>Rutilus virgo*</i>	Plotica	Reofil
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Crvenperka	Limnofil
	<i>Squalius cephalus</i>	Klen	Reofil
	<i>Vimba vimba*</i>	Nosara	Reofil
Nemacheilidae	<i>Barbatula barbatula</i>	Brkica	Reofil
Tincidae	<i>Tinca tinca*</i>	Linjak	Limnofil
Esocidae	<i>Esox lucius*</i>	Štuka	Euritop
Gobiidae	<i>Neogobius fluviatilis*</i>	Riječni glavočić	Euritop
	<i>Neogobius melanostomus*</i>	Glavočić okrugljak	Euritop
Cottidae	<i>Cottus gobio</i>	Peš	Euritop
Percidae	<i>Gymnocephalus cernua*</i>	Balavac	Euritop
	<i>Perca fluviatilis</i>	Grgeč	Euritop
	<i>Sander lucioperca*</i>	Smuđ	Euritop
Salmonidae	<i>Hucho hucho*</i>	Mladica	Reofil <sup>1</sup>
	<i>Salmo trutta*</i>	Potočna pastrva	Reofil
Ictaluridae	<i>Ameiurus melas*</i>	Crni somić	Limnofil
Siluridae	<i>Silurus glanis</i>	Som	Euritop

<sup>1</sup>Nema podataka, vjerojatno reofil kao i ostali salmonidi





Grafikon 1. Postotni udio broja jedinki pojedinih vrsta riba u standardiziranom ulovu (broj jedinki na 100 m uzorkovanja). Crno je označen udio stranih vrsta. Vrste koje su isključene iz seta zavisnih varijabli zbog rijetke pojavnosti po bilo kojem od navedenih kriterija su označene s \*

#### 4.1.2. Biološka raznolikost ihtiofaune po lokacijama

Bogatstvo vrsta na temelju ukupnog ulova se kretalo od jedne zabilježene vrste (12 takvih lokacija) do 18 vrsta na lokaciji kanal Sava-Odra kod ušća Lomnice (Lom). Shannon Wiener indeks bioraznolikosti za standardizirani ulov se kretao od nula (lokacije na kojima je zabilježena samo jedna vrsta) do 2,17 na lokaciji Sunja nizvodno (Su2) na kojoj je utvrđeno 12 vrsta riba (tablica 9).

Nakon isključivanja rijetkih vrsta iz analize, izračunato bogatstvo vrsta se kretalo od jedne vrste (13 takvih lokacija) do maksimalno 13 vrsta, također na lokaciji kanal Sava-Odra kod ušća Lomnice (Lom). Istovremeno je Shannon-Wiener indeks bioraznolikosti pokazivao vrijednosti od nula (lokacije na kojima je zabilježena samo jedna vrsta) do 2,08 na lokaciji Utina nizvodno (Utn2) na kojoj je utvrđeno 10 vrsta (tablica 7).

Tablica 7. Bogatstvo vrsta i Shannon-Wiener indeks na uzorkovanim lokacijama (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

Kod	Bogatstvo vrsta s uključenim svim vrstama	Bogatstvo vrsta s isključenim rijetkim vrstama	Shannon-Wiener indeks s uključenim svim vrstama	Shannon-Wiener indeks s isključenim rijetkim vrstama
Adz1	3	3	0,55	0,55
Adz2	3	3	0,77	0,77
Bb2	10	9	1,95	1,91
Bi2	9	8	1,67	1,53
Bid	3	3	1,08	1,08
Bo1	1	1	0,00	0,00
BoD1	2	2	0,64	0,64
BoD2	2	2	0,61	0,61
Br1	5	5	1,24	1,24
BrD1	5	5	1,37	1,37
BrD2	4	4	1,15	1,15
BrK1	3	3	0,79	0,79
BrK2	4	4	1,24	1,24
Bu2	3	3	0,99	0,99
Buk	6	6	1,70	1,70
Cml	11	10	1,67	1,65
Db1	1	1	0,00	0,00
Dg1	2	2	0,33	0,33
Do	3	2	0,90	0,64
Dra	5	5	0,98	0,98
Du1	1	1	0,00	0,00
Gl1	3	3	0,85	0,85
Gl2	3	3	1,03	1,03

Nastavak tablice 7

Kod	Bogatstvo vrsta s uključenim svim vrstama	Bogatstvo vrsta s isključenim rijetkim vrstama	Shannon-Wiener indeks s uključenim svim vrstama	Shannon-Wiener indeks s isključenim rijetkim vrstama
GIG1	4	4	0,84	0,84
GIG2	4	4	0,71	0,71
Go2	13	12	2,02	1,97
Gr1	8	7	1,35	1,29
Ho2	8	8	1,78	1,78
Jel	5	5	1,09	1,09
Ka1	1	1	0,00	0,00
kBe	1	1	0,00	0,00
kBi	3	3	0,77	0,77
kCs	10	5	1,91	1,24
kDB	1	1	0,00	0,00
kDr	6	5	1,56	1,44
Ki1	3	3	1,07	1,07
kV	7	7	1,58	1,58
kiB	3	2	1,08	0,69
kJA	4	4	1,30	1,30
KJS	6	4	1,63	1,16
kKo	7	7	1,77	1,77
KMS	7	5	1,57	1,34
Kor	6	4	1,53	1,30
kPo	7	7	1,31	1,31
Kr2	1	1	0,00	0,00
KrZ1	2	2	0,52	0,52
kSi	6	3	1,36	0,89
Ku1	8	7	0,87	0,75
kVE	6	5	1,62	1,40
LBr	3	2	0,95	0,56
Li1	5	4	1,22	1,16
Lic	8	8	1,55	1,55
Lkn	9	7	1,42	1,26
IkT	1	1	0,00	0,00
Lm1	7	7	1,38	1,38
Lo2	5	5	0,98	0,98
Lom	18	13	2,15	1,63
Luf	2	2	0,35	0,35
Ma1	9	9	1,96	1,96
Ma2	3	3	0,96	0,96
Mrs	5	5	1,06	1,06
Mru	6	6	1,40	1,40
Mt2	5	5	1,07	1,07
Oc1	6	6	1,09	1,09
Oc2	6	6	1,28	1,28
Ok1	8	8	1,62	1,62
Or1	6	5	1,57	1,37

Nastavak tablice 7

Kod	Bogatstvo vrsta s uključenim svim vrstama	Bogatstvo vrsta s isključenim rijetkim vrstama	Shannon-Wiener indeks s uključenim svim vrstama	Shannon-Wiener indeks s isključenim rijetkim vrstama
Or2	7	6	1,44	1,17
Orlj	7	5	1,58	1,32
Oz1	7	7	1,53	1,53
Oz2	5	5	1,40	1,40
Pa2	4	4	1,13	1,13
pBu	4	4	0,86	0,86
Pik	7	6	1,45	1,41
Pir	10	10	1,78	1,78
Po1	1	1	0,00	0,00
Po2	1	1	0,00	0,00
Re1	9	8	1,86	1,76
ReR1	5	5	0,93	0,93
ReR2	4	4	1,19	1,19
ReU1	10	9	1,69	1,64
Ri1	1	1	0,00	0,00
Rk2	2	2	0,05	0,05
Ro1	1	1	0,00	0,00
SeJ	8	7	1,54	1,36
Sk2	5	5	1,33	1,33
Sl1	3	3	0,80	0,80
Sl2	2	2	0,50	0,50
Sta	5	5	1,36	1,36
Stu	3	3	1,00	1,00
Su2	12	9	2,17	1,93
Sum1	5	5	0,59	0,59
Tes	8	8	1,53	1,53
Tr1	6	5	1,18	1,15
Trn	3	2	1,04	0,64
Ud1	5	4	1,26	1,08
Ud2	6	5	1,60	1,47
Un2	10	10	1,47	1,47
Us1	5	4	1,39	1,15
Us2	8	7	1,93	1,81
Ut1	9	7	1,86	1,68
Utn2	10	10	2,08	2,08
Vi1	3	2	0,36	0,18
Vi2	2	1	0,45	0,00
Vo1	5	5	0,95	0,95
Vo2	5	5	1,19	1,19
Vrb	4	3	1,21	0,86
VSC	12	10	1,26	1,12
VSn	9	8	1,76	1,70
Zi1	7	6	1,45	1,35
Zi2	9	8	1,50	1,42

## 4.2. Povezanost značajki okoliša i sastava ribljih zajednica

Rezultat DCA je pokazao da je duljina prve osi iznosila 5,8 standardnih devijacija za ukupne podatke, 5,4 standardnih devijacija za podatke bez uključenih podataka o predatorima, 5,6 standardnih devijacija bez uključenih podataka o stranim vrstama te 2,5 za podatke samo o stranim vrstama. U prva tri slučaja su zavisni podaci bili heterogeni i imali unimodalnu raspodjelu pa je odabrana CCA. Za analizu samo stranih vrsta je prikladnija bila linearna RDA analiza.

### 4.2.1. Ukupan sastav zajednica i identifikacija okolišnih stresora

CCA provedena na ukupnoj zajednici sa svim uključenim značajkama okoliša je pokazala značajnu vezu između mjerenih okolišnih gradijenata i sastava vrsta (pseudo  $F = 0,8$  i  $p < 0,01$  za prvu kanoničku os; pseudo  $F = 2,9$  i  $p < 0,01$  za sve kanoničke osi), odnosno da se promjena u sastavu vrsta može objasniti promjenama u mjerenim značajkama okoliša i da nije slučajna. Ova analiza objašnjava 40,67% ukupne varijabilnosti u sastavu vrsta, a prve četiri kanoničke osi objašnjavaju 28,65% te varijabilnosti (tablica 8). *Stepwise forward selection* metodom, u svrhu pojednostavljenja analize, kao značajne okolišne varijable u analizi cjelokupne zajednice odabrane su: nadmorska visina, dubina vodotoka, udio finog supstrata, širina vodotoka, modifikacija vodotoka, Shannon-Wiener indeks i temperatura vode (tablica 9). Pojednostavljena analiza sa odabranih sedam značajki objašnjava 26,10% varijabilnosti u sastavu vrsta, od čega je većina sadržana u prve četiri kanoničke osi (tablica 10).

Tablica 8. Rezultati CCA ukupne zajednice za prve četiri kanoničke osi

Statistički pokazatelj	1. kanonička os	2. kanonička os	3. kanonička os	4. kanonička os
Svojstvena vrijednost (eigenvalue)	0,56	0,19	0,16	0,12
Objašnjena ukupna varijabilnost (kumulativno)	15,63	20,95	25,35	28,65
Pseudo-kanonička korelacija	0,91	0,82	0,77	0,67
Udio u objašnjenju varijabilnosti (kumulativno)	38,44	51,51	62,34	70,44

Tablica 9. Rezultati *stepwise forward selection* metode odabira samo statistički značajnih okolišnih varijabli u CCA ukupne zajednice

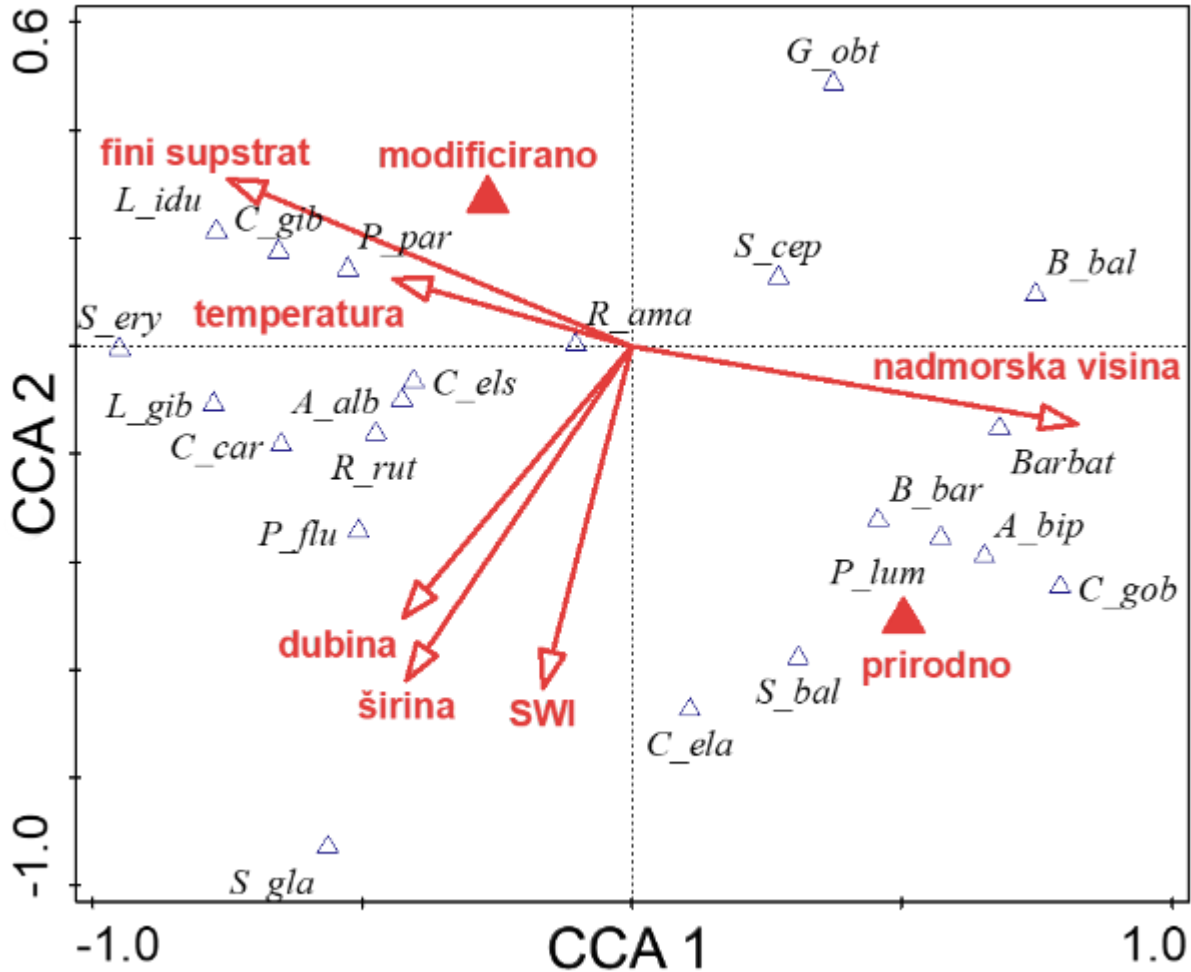
Značajka okoliša	Objašnjen dio ukupne varijabilnosti (%)	Udio u objašnjenoj varijabilnosti (%)	pseudo-F	P
Nadmorska visina	10,5	26,1	12,8	<0,01
Dubina vodotoka	3,3	8,3	4,2	<0,01
Udio finog supstrata	2,8	7,1	3,6	<0,01
Širina vodotoka	2,6	6,5	3,4	0,01
Modifikacija vodotoka	2,5	6,3	3,4	<0,01
Shannon-Wiener indeks	2,2	5,3	3,0	0,01
Temperatura vode	2,1	5,3	3,0	0,01

Tablica 10. Rezultati *stepwise forward selection* CCA ukupne zajednice za prve četiri kanoničke osi

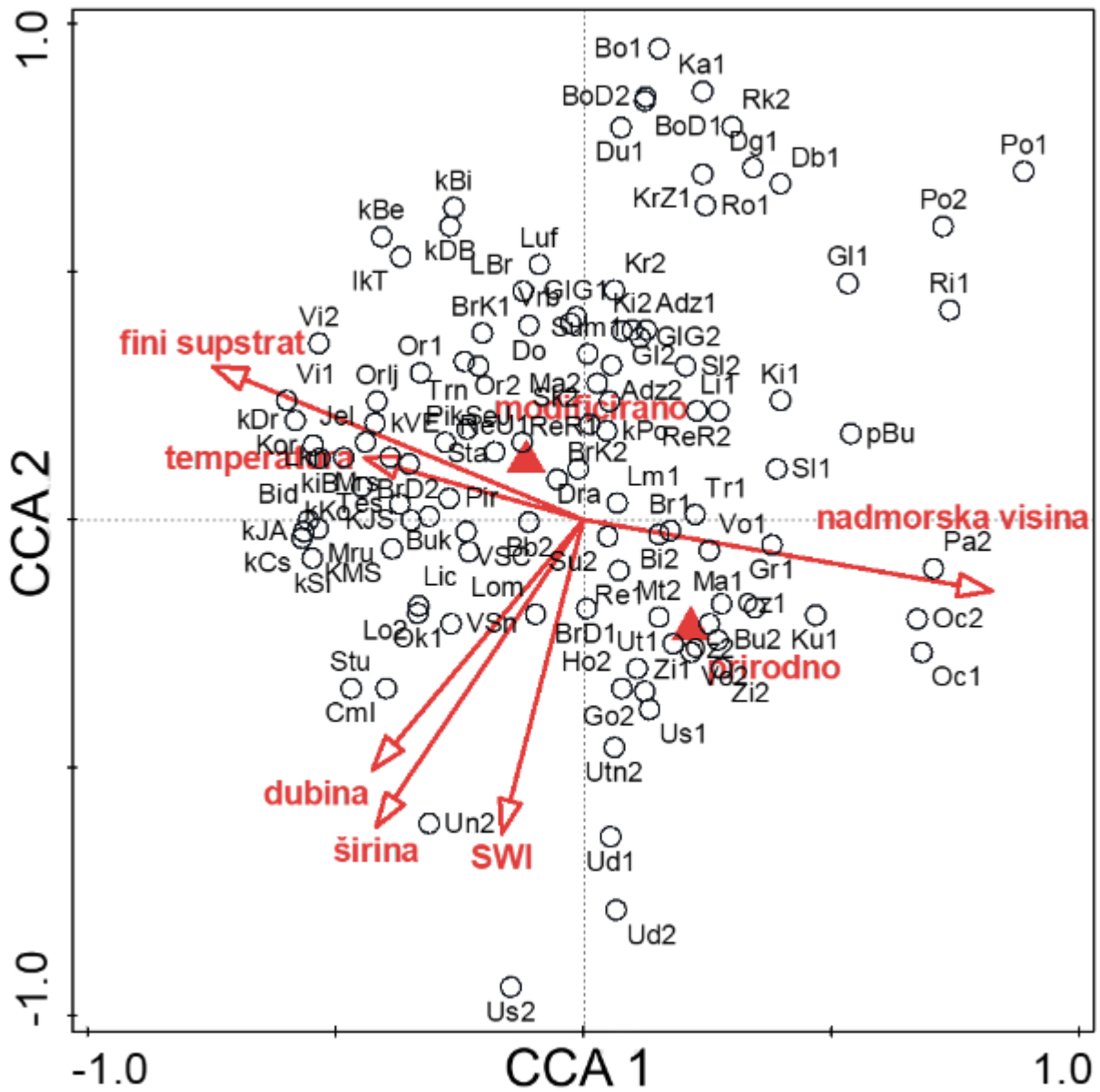
Statistički pokazatelj	1. kanonička os	2. kanonička os	3. kanonička os	4. kanonička os
Svojstvena vrijednost (eigenvalue)	0,53	0,15	0,11	0,08
Objašnjena ukupna varijabilnost (kumulativno)	14,75	18,92	21,88	23,99
Pseudo-kanonička korelacija	0,89	0,73	0,64	0,60
Udio u objašnjenoj varijabilnosti (kumulativno)	56,51	72,48	83,82	91,90

Na oba biplota *stepwise forward selection* CCA (Grafikon 2 i 3) je vidljivo da je duž prve kanoničke osi izražen gradijent nadmorske visine u pozitivnom smjeru, te temperature i finog supstrata u negativnom smjeru. Duž druge osi se najviše mijenja gradijent bioraznolikosti (Shannon-Wiener indeks). Vrste (Grafikon 2) i lokacije (Grafikon 3) u gornjem lijevom kvadrantu su vezane uz nisku nadmorsku visinu, visok udio finog supstrata, visoku temperaturu i izmijenjena (modificirana) staništa. Vrste koje su najbrojnije u takvim staništima su babuška, bezribica i jez. Gornji desni kvadrant obuhvaća vrste, odnosno lokacije, vezane uz plitku vodu, usko korito i malu raznolikost. Generalist klen se nalazi nešto bliže ishodištu biplota, što pokazuje da nema izražene preferencije prema izrazito biološki siromašnim i malim vodotocima poput dunavske krkušice, ili prema lokacijama na visokim nadmorskim visinama kao potočna mrena. Donji desni kvadrant prikazuje zajednice prirodnih vodotoka na većim nadmorskim visinama, s malim udjelom finog supstrata i niskom temperaturom vode. Ovdje su najbrojniji reofili: brkica *Barbatula barbatula*, mrena *Barbus barbus*, pijor *Phoxinus phoxinus*, dvoprugasta uklija, peš *Cottus gobio*, zlatni vijun i veliki vijun. U donjem lijevom kvadrantu su zajednice dubokih i širokih vodotoka, s velikom raznolikošću vrsta, generalista i limnofila: som, grgeč, šaran *Cyprinus carpio*, bodorka, sunčanica,

uklija, vijun, crvenperka. Gavčica *Rhodeus amarus* je vrsta koja se nalazi najbliže ishodištu biplota, što dovodi do zaključka da je ta vrsta generalist s slabo izraženim ekološkim preferencijama prema bilo kojoj okolišnoj značajki uključenoj u ovoj analizi.



Grafikon 2. Biplot prve dvije osi interactive forward selection CCA na ukupnom sastavu vrsta (SWI: Shannon – Wiener indeks; *A\_bip*: *Alburnoides bipunctatus*; *A\_alb*: *Alburnus alburnus*; *Barbat*: *Barbatula barbatula*; *B\_bal*: *Barbus balcanicus*; *B\_bar*: *Barbus barbus*; *C\_gib*: *Carassius gibelio*; *C\_els*: *Cobitis elongatoides*; *C\_ela*: *Cobitis elongata*; *C\_gob*: *Cottus gobio*; *C\_car*: *Cyprinus carpio*; *G\_obt*: *Gobio obtusirostris*; *L\_gib*: *Lepomis gibbosus*; *L\_idu*: *Leuciscus idus*; *P\_flu*: *Perca fluviatilis*; *P\_lum*: *Phoxinus lumaireul*; *P\_par*: *Pseudorasbora parva*; *R\_ama*: *Rhodeus amarus*; *R\_rut*: *Rutilus rutilus*; *S\_bal*: *Sabanejewia balcanica*; *S\_ery*: *Scardinius erythrophthalmus*; *S\_gla*: *Silurus glanis*; *S\_cep*: *Squalus cephalus*)



Grafikon 3. Smještaj lokacija uzorkovanja unutar biplota prve dvije osi interactive forward selection CCA na ukupnoj zajednici (kodovi lokacija odgovaraju onima iz tablice 3; SWI: Shannon-Wiener indeks)



#### 4.2.2. Utjecaj predatorskih vrsta

CCA provedena na zajednici bez predatora sa svim uključenim značajkama okoliša i prisutnosti predatora kao kovarijablom je pokazala značajnu vezu između mjerenih okolišnih gradijenata i sastava vrsta (pseudo  $F = 0,8$  i  $p < 0,01$  za prvu kanoničku os; pseudo  $F = 2,9$  i  $p < 0,01$  za sve kanoničke osi), odnosno da se promjena u sastavu vrsta može objasniti promjenama u mjerenim značajkama okoliša i da nije slučajna. Ova analiza objašnjava 38,98% ukupne varijabilnosti u sastavu vrsta; 28,14% te varijabilnosti je objašnjeno s prve 4 kanoničke osi (tablica 11). *Stepwise forward selection* metodom, u svrhu pojednostavljenja analize, kao značajne okolišne varijable u analizi cjelokupne zajednice odabrane su: nadmorska visina, udio finog supstrata, širina vodotoka, Shannon-Wiener indeks, modifikacija vodotoka i temperatura vode (tablica 12). Ova pojednostavljena analiza sa odabranih šest značajki objašnjava 25,03% varijabilnosti u sastavu vrsta, od čega je većina sadržana u prve četiri kanoničke osi (tablica 13). Prisutnost predatorskih vrsta riba nije prepoznata kao značajka sa značajnim utjecajem na formiranje zajednica.

Tablica 11. Rezultati CCA zajednice bez uključenih predatorskih vrsta, s prisutnosti predatora kao kovarijablom, za prve četiri kanoničke osi

Statistički pokazatelj	1. kanonička os	2. kanonička os	3. kanonička os	4. kanonička os
Svojtvena vrijednost (eigenvalue)	0,59	0,21	0,18	0,14
Objašnjena ukupna varijabilnost (kumulativno)	15,42	21,01	24,90	28,14
Pseudo-kanonička korelacija	0,91	0,79	0,72	0,64
Udio u objašnjenjnoj varijabilnosti (kumulativno)	39,58	53,90	63,88	72,20

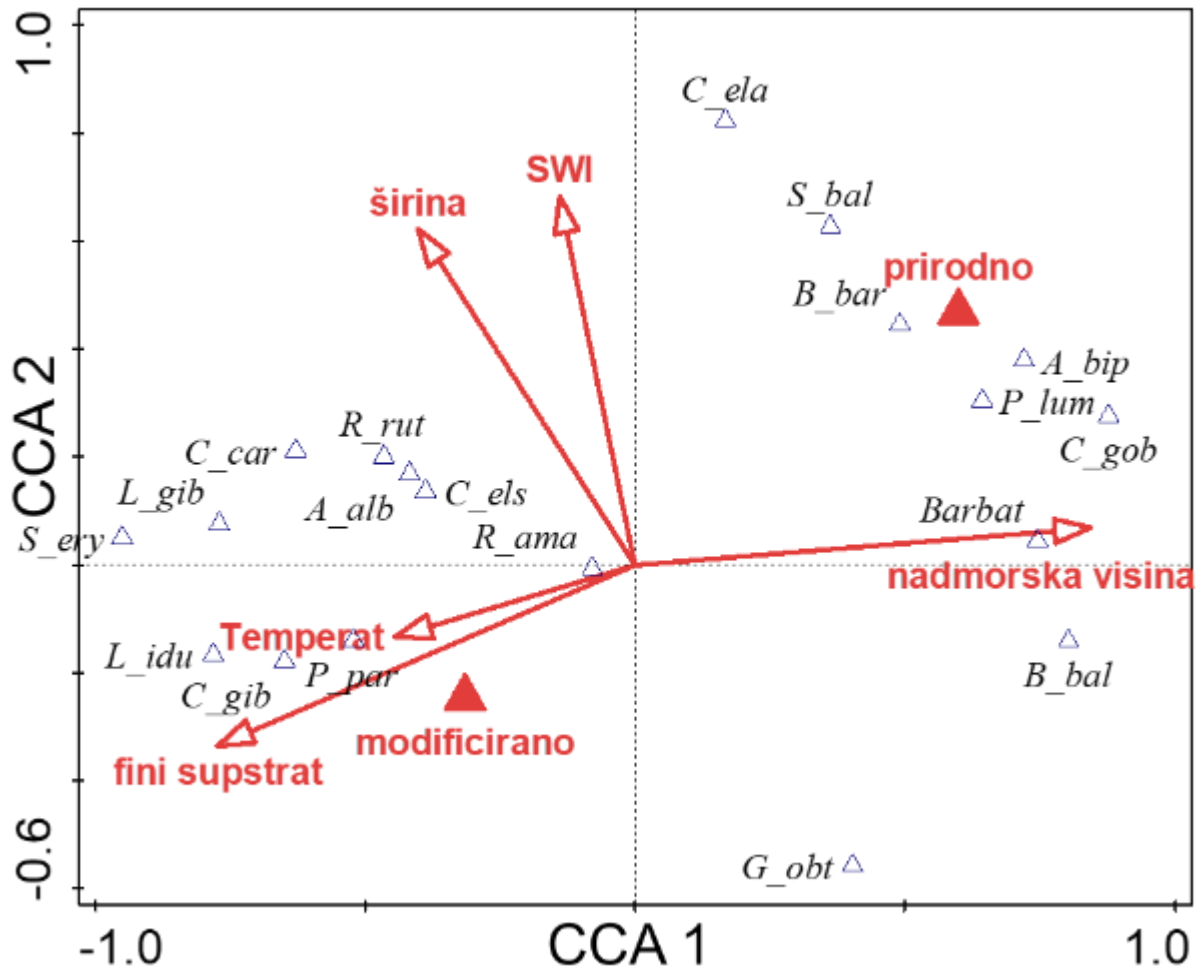
Tablica 12. Rezultati *stepwise forward selection* metode odabira samo statistički značajnih okolišnih varijabli u CCA zajednice bez uključenih predatorskih vrsta, s prisutnosti predatora kao kovarijablom

Značajka okoliša	Objašnjen dio ukupne varijabilnosti (%)	Udio u objašnjenjnoj varijabilnosti (%)	pseudo-F	P
Nadmorska visina	10,8	27,8	13,2	<0,01
Udio finog supstrata	3,2	8,2	4,0	<0,01
Širina vodotoka	3,1	8,0	4,0	<0,01
Shannon-Wiener indeks	2,8	7,1	3,7	<0,01
Modifikacija vodotoka	2,5	6,5	3,4	<0,01
Temperatura vode	2,6	6,6	3,6	<0,01

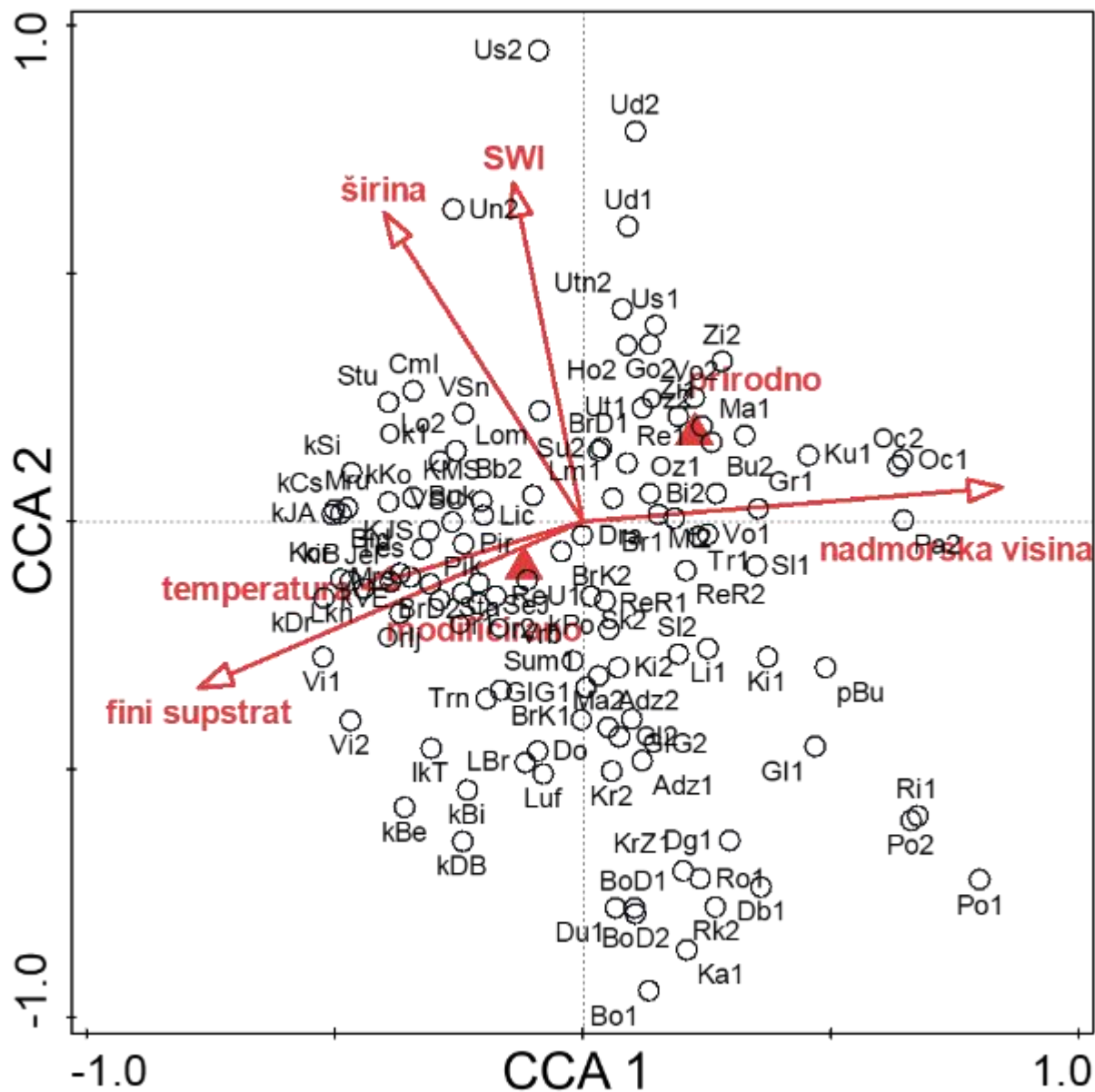
Tablica 13. Rezultati *stepwise forward selection* CCA zajednice bez uključenih predatorskih vrsta, s prisutnosti predatora kao kovarijablom, za prve četiri kanoničke osi

<b>Statistički pokazatelj</b>	<b>1. kanonička os</b>	<b>2. kanonička os</b>	<b>3. kanonička os</b>	<b>4. kanonička os</b>
Svojevredna vrijednost (eigenvalue)	0,56	0,16	0,11	0,06
Objašnjena ukupna varijabilnost (kumulativno)	14,67	18,97	21,76	23,38
Pseudo-kanonička korelacija	0,88	0,71	0,64	0,46
Udio u objašnjenju varijabilnosti (kumulativno)	58,60	75,79	86,95	93,38

Oba biplota ove *stepwise forward selection* CCA su vrlo slična onima za ukupnu zajednicu, osim što u biplotu s vrstama nedostaju predatorske vrste koje su izbačene iz analize, te na oba biplota iz ove analize nedostaje gradijent dubine vodotoka koja u ovom slučaju nije prepoznata kao značajna za raspodjelu zajednica (grafikon 4 i 5). Ujedno je graf zrcalno simetričan preko x-osi tako da su prirodne lokacije s reofilnim vrstama u gornjem desnom kvadrantu; donji desni kvadrant obuhvaća vrste, odnosno lokacije, vezane uz plitku vodu, usko korito i malu raznolikost; u donjem lijevom kvadrantu su vrste i lokacije vezane uz nisku nadmorsku visinu, visok udio finog supstrata, visoku temperaturu i izmijenjena (modificirana) staništa; U gornjem lijevom kvadrantu su zajednice dubokih i širokih vodotoka, s velikom raznolikošću vrsta, generalista i limnofila.



Grafikon 4. Biplot prve dvije osi interactive forward selection CCA na sastavu zajednice bez uključenih predatorskih vrsta, s prisutnosti predatora kao kovarijablom (kratice odgovaraju onima iz Grafikona 2)



Grafikon 5. Smještaj lokacija uzorkovanja unutar interactive forward selection CCA biplota na prve dvije osi za sastav zajednice bez uključenih predatorskih vrsta, s prisutnosti predatora kao kovarijablom (kodovi lokacija odgovaraju onima iz tablice 3; SWI: Shannon-Wiener indeks)

### 4.2.3. Utjecaj stranih vrsta

CCA provedena na zajednici bez stranih vrsta sa svim uključenim značajkama okoliša i prisutnosti stranih vrsta kao kovarijablom je pokazala značajnu vezu između mjerenih okolišnih gradijenata i sastava vrsta (pseudo  $F = 0,7$  i  $p < 0,01$  za prvu kanoničku os; pseudo  $F = 2,6$  i  $p < 0,01$  za sve kanoničke osi), odnosno da se promjena u sastavu vrsta može objasniti promjenama u mjerenim značajkama okoliša i da nije slučajna. Ova analiza objašnjava 40,17% ukupne varijabilnosti u sastavu vrsta; 28,44% te varijabilnosti je objašnjeno s prve 4 kanoničke osi (tablica 14). *Stepwise forward selection* metodom, u svrhu pojednostavljenja analize, kao značajne okolišne varijable u analizi cjelokupne zajednice odabrane su: brojnost stranih vrsta, nadmorska visina, širina vodotoka, postotak prisutnosti visoke riparijske vegetacije, Shannon-Wiener indeks i postotak prisutnosti vodenog bilja (tablica 15). Ova pojednostavljena analiza sa odabranih šest značajki objašnjava 21,85% varijabilnosti u sastavu vrsta, od čega je većina sadržana u prve četiri kanoničke osi (tablica 16).

Tablica 14. Rezultati CCA zajednice bez uključenih stranih vrsta, s brojnošću stranih vrsta kao kovarijablom, za prve četiri kanoničke osi

Statistički pokazatelj	1. kanonička os	2. kanonička os	3. kanonička os	4. kanonička os
Svojtvena vrijednost (eigenvalue)	0,55	0,21	0,18	0,12
Objašnjena ukupna varijabilnost (kumulativno)	14,61	20,21	25,10	28,44
Pseudo-kanonička korelacija	0,93	0,82	0,70	0,71
Udio u objašnjenju varijabilnosti (kumulativno)	36,38	50,33	62,49	70,82

Tablica 15. Rezultati *stepwise forward selection* metode odabira samo statistički značajnih okolišnih varijabli u CCA zajednice bez uključenih stranih vrsta, s brojnošću stranih vrsta kao kovarijablom

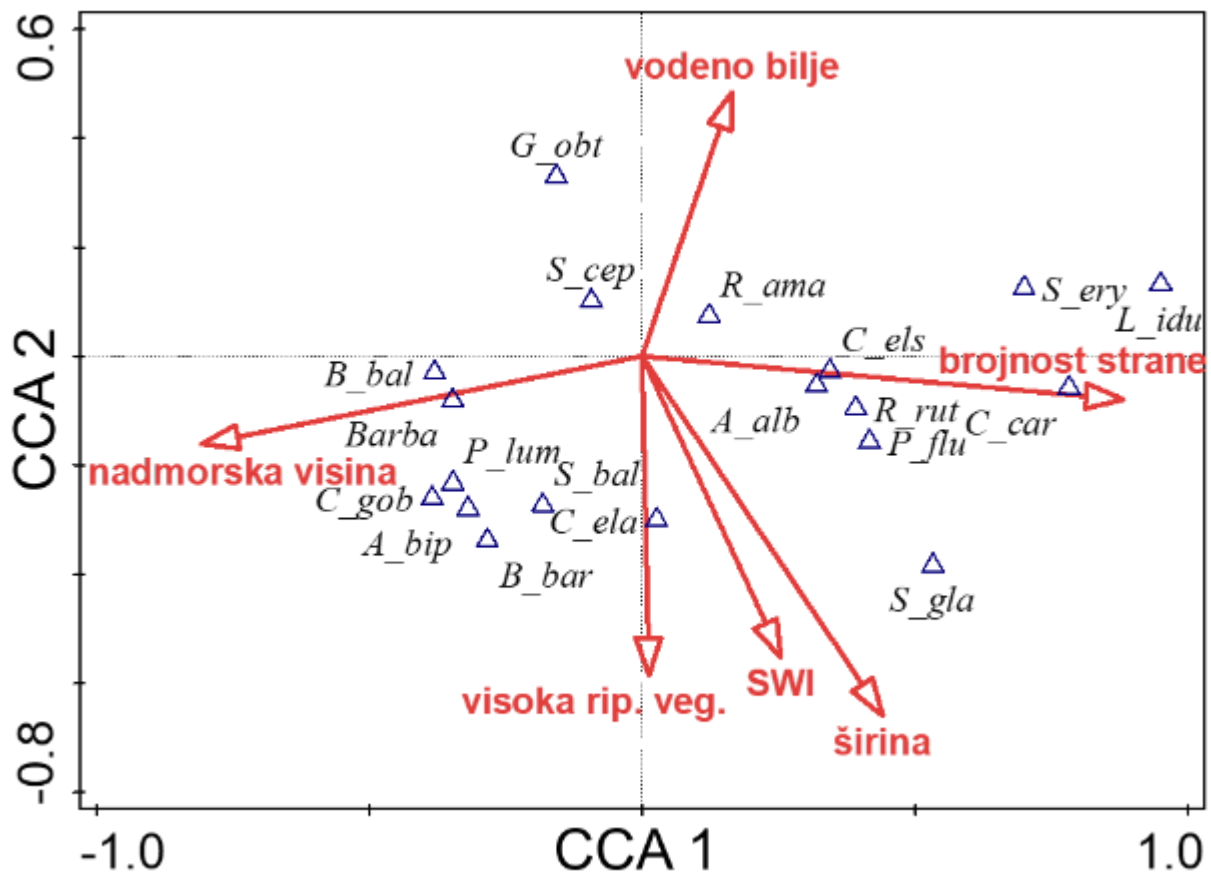
Značajka okoliša	Objašnjen dio ukupne varijabilnosti (%)	Udio u objašnjenoj varijabilnosti (%)	pseudo-F	P
Brojnost stranih vrsta	10,45	25,9	11,8	<0,01
Nadmorska visina	3,9	9,6	4,5	<0,01
Širina vodotoka	2,8	6,9	3,3	<0,01
Postotak prisutnosti visoke riparijske vegetacije	2,4	6,0	3,0	<0,01
Shannon-Wiener indeks	2,2	5,4	2,7	<0,01
Postotak prisutnosti vodenog bilja	2,0	5,0	2,5	0,01

Tablica 16. Rezultati *stepwise forward selection* CCA zajednice bez uključenih stranih vrsta, s prisutnosti stranih vrsta kao kovarijablom, za prve četiri kanoničke osi

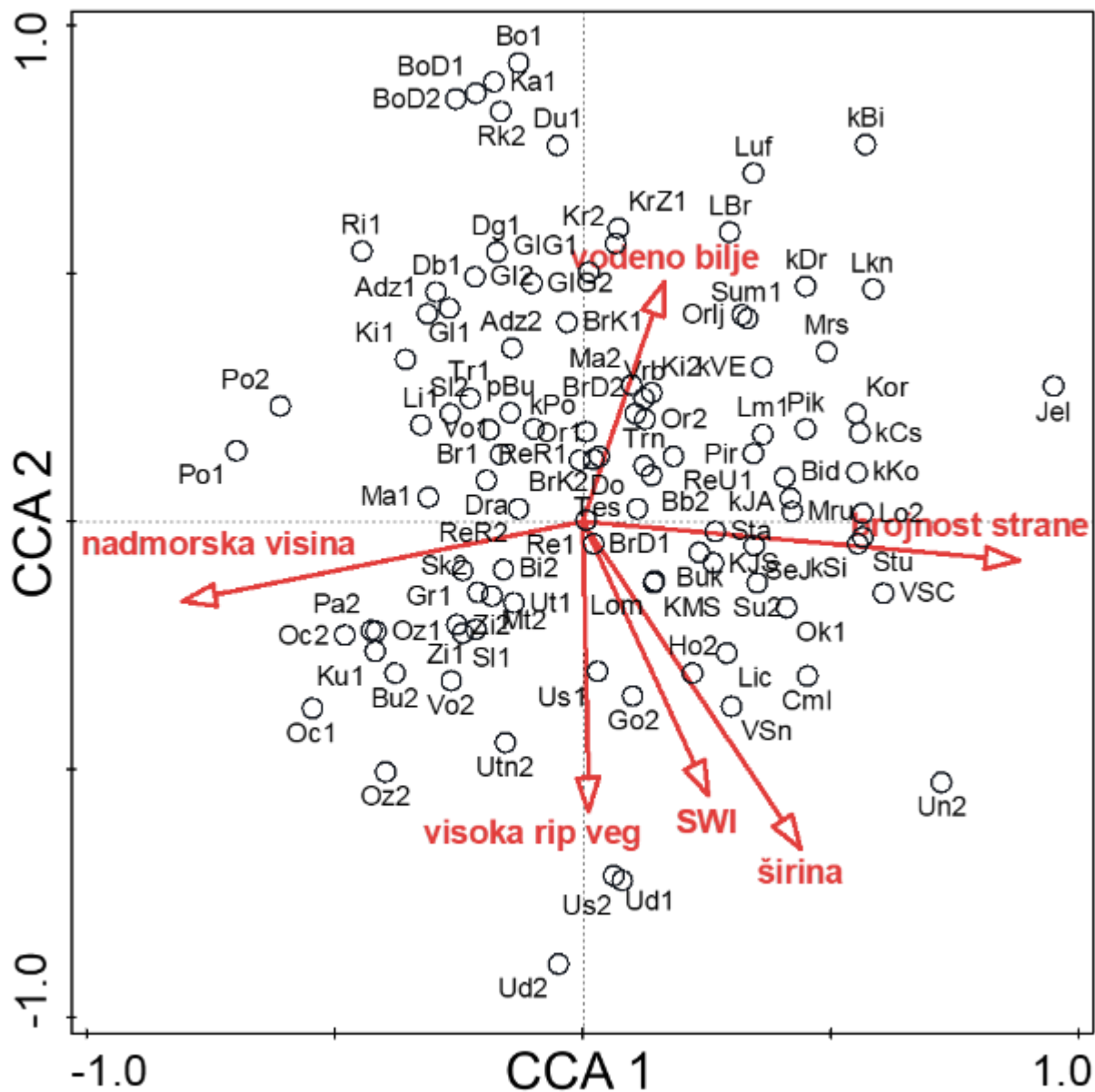
Statistički pokazatelj	1. kanonička os	2. kanonička os	3. kanonička os	4. kanonička os
Svojtvena vrijednost (eigenvalue)	0,48	0,17	0,09	0,07
Objašnjena ukupna varijabilnost (kumulativno)	12,85	17,37	19,84	21,85
Pseudo-kanonička korelacija	0,87	0,74	0,57	0,58
Udio u objašnjenoj varijabilnosti (kumulativno)	54,47	73,65	84,13	92,64

Isključivanjem stranih vrsta iz analize zajednice, odnosno uključivanjem njihove prisutnosti u analizu kao nezavisne okolišne značajke, biplotovi *stepwise forward selection* CCA se razlikuje od prethodnih s obzirom da su drugačije okolišne varijable prepoznate kao značajne (tablica 17, grafikon 6 i 7). Prva kanonička os je vezana uz gradijent brojnosti stranih vrsta i nadmorske visine koji imaju suprotne smjerove. Druga kanonička os se praktički preklapa s gradijentom prisutnosti visoke riparijske vegetacije, te je također vezana uz gradijent prisutnosti vodenog bilja u suprotnom smjeru. Gornji lijevi kvadrant obuhvaća zajednice, odnosno lokacije, na malim vodotocima na višim nadmorskim visinama, u kojima je slabo prisutna visoka riparijska vegetacija. Raznolikost riba je bila mala, kao i brojnost stranih vrsta, a dominiraju krkuš a i klen. Gornji desni kvadrant predstavlja vodotoke na niskoj nadmorskoj visini, s malim udjelom visoke riparijske vegetacije, razvijenom vodenom vegetacijom i s brojnim jedinkama stranih vrsta. Najbrojnije vrste u takvim staništima su bile gavčica, crvenperka i jez. Donji desni kvadrant obuhvaća staništa na većim vodotocima niske nadmorske visine, s visokom riparijskom vegetacijom, velikom

raznolikošću riba i brojnim stranim vrstama. Na takvim lokacijama su brojni zavičajni toplovodni generalisti. Donji lijevi kvadrant predstavlja vodotoke na visokim nadmorskim visinama i s velikim udjelom visoke riparijske vegetacije. U tim staništima je bilo malo stranih vrsta, a dominirali su gotovo svi hladnovodni reofili. Ukoliko bi se povukla okomica na gradijent nadmorske visine kroz ishodište biplota, ona bi odvojila reofilne vrste pozitivno vezane uz gradijent nadmorske visine s lijeve strane od generalista i limnofila na desnoj strani biplota.



Grafikon 6. Biplot prve dvije osi interactive forward selection CCA na sastavu zajednice bez uključenih stranih vrsta, s brojnošću stranih vrsta kao kovarijablom (kratice odgovaraju onima iz grafikona 2, uz dodatno visoka rip veg: prisutnost visoke riparijske vegetacije; vodeno bilje: prisutnost vodenog bilja; brojnost strane: brojnost jedinki stranih vrsta)



Grafikon 7. Smještaj lokacija uzorkovanja unutar interactive forward selection CCA biplota na prve dvije osi za sastav zajednice bez uključenih stranih vrsta, s brojnošću stranih vrsta kao kovarijablom (kodovi lokacija odgovaraju onima iz tablice 3; SWI: Shannon-Wiener indeks; visoka rip veg: prisutnost visoke riparijske vegetacije; vodeno bilje: prisutnost vodenog bilja; brojnost strane: brojnost jedinki stranih vrsta)



#### 4.2.4. Utjecaj okolišnih značajki na rasprostranjenost stranih vrsta

RDA provedena na zajednici samo stranih vrsta je pokazala značajnu vezu između mjerenih okolišnih gradijenata i sastava vrsta (pseudo  $F = 2,0$  i  $p < 0,01$  za prvu kanoničku os; pseudo  $F = 3,1$  i  $p < 0,01$  za sve kanoničke osi), odnosno da se promjena u sastavu stranih vrsta može objasniti promjenama u mjerenim značajkama okoliša i da nije slučajna. Ova analiza objašnjava 43,67% ukupne varijabilnosti u sastavu stranih vrsta; sva varijabilnost je objašnjena s prve tri kanoničke osi, a četvrta os više nije bila funkcija okolišnih varijabli, odnosno nije bila ograničena na način da mora biti objašnjena okolišnim varijablama (tablica 17). *Stepwise forward selection* metodom, u svrhu pojednostavljenja analize, kao značajne okolišne varijable u analizi cjelokupne zajednice odabrane su: nadmorska visina, udaljenost od uzgojnog ribnjaka i dubina (tablica 18). Ova pojednostavljena analiza sa odabranih osam značajki objašnjava 24,19% varijabilnosti u sastavu vrsta sadržane u prve tri kanoničke osi (tablica 19).

Tablica 17. Rezultati RDA zajednice stranih vrsta za prve četiri kanoničke osi

Statistički pokazatelj	1. kanonička os	2. kanonička os	3. kanonička os	4. kanonička os
Svojstvena vrijednost (eigenvalue)	0,33	0,07	0,04	0,33
Objašnjena ukupna varijabilnost (kumulativno)	32,99	39,97	43,76	76,33
Pseudo-kanonička korelacija	0,74	0,55	0,47	0,00
Udio u objašnjenju varijabilnosti (kumulativno)	75,55	91,54	100,00	-

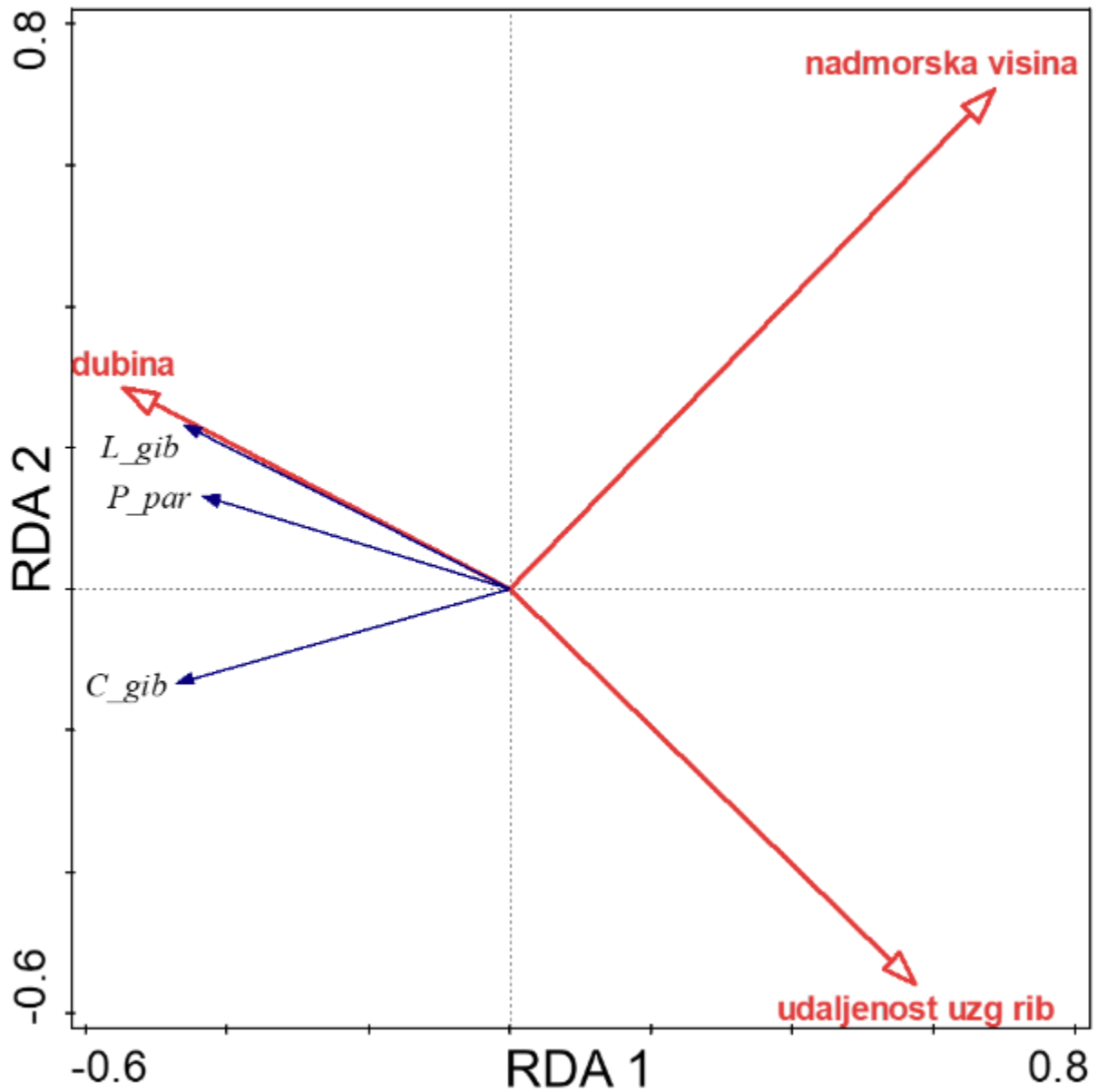
Tablica 18. Rezultati *stepwise forward selection* metode odabira samo statistički značajnih okolišnih varijabli u RDA zajednice stranih vrsta

Značajka okoliša	Objašnjen dio ukupne varijabilnosti (%)	Udio u objašnjenju varijabilnosti (%)	pseudo-F	P
Nadmorska visina	11,1	25,5	13,7	<0,01
Udaljenost uzgojnog ribnjaka	9,8	22,4	13,4	<0,01
Dubina	3,3	7,5	4,6	<0,01

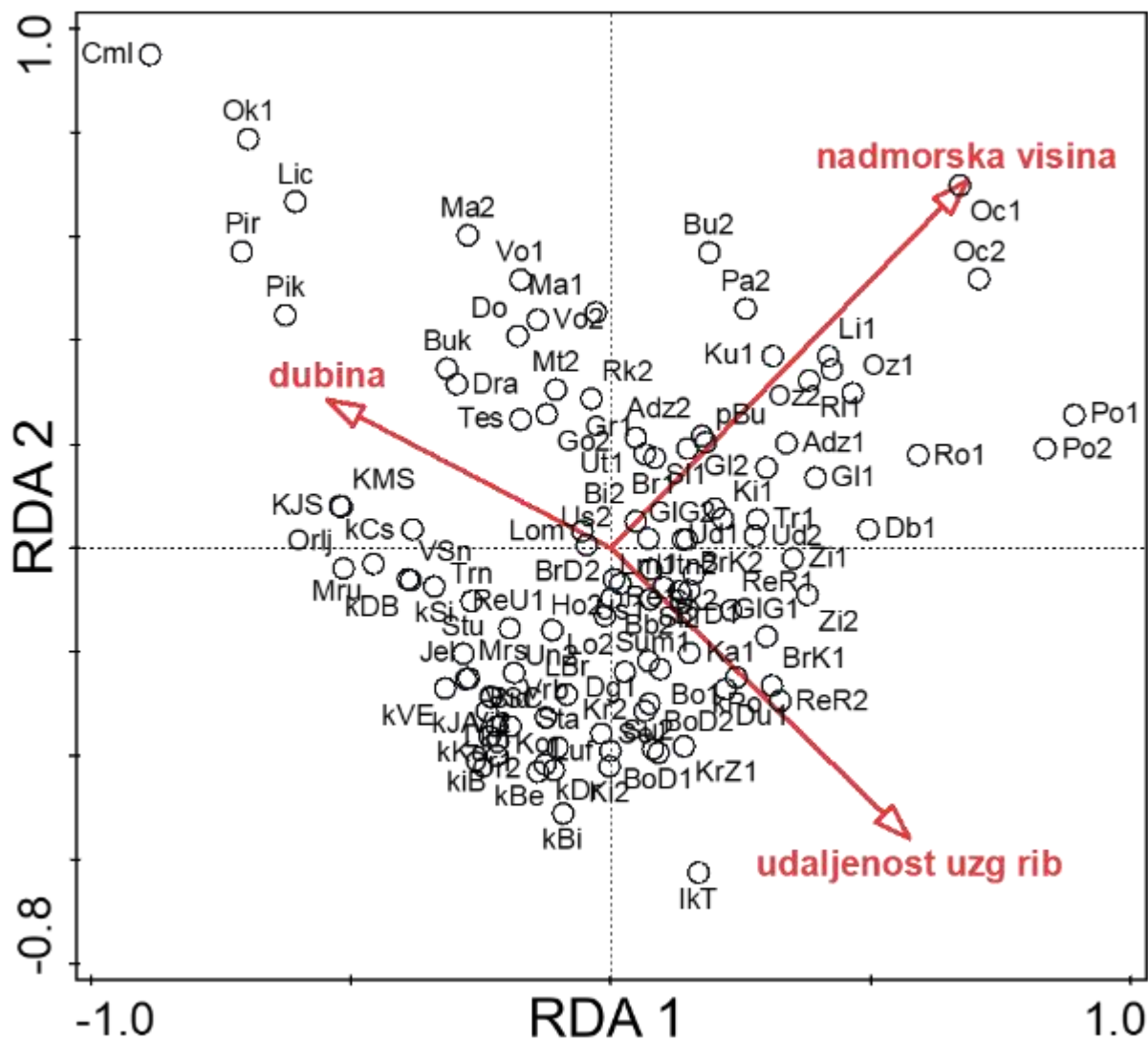
Tablica 19. Rezultati *stepwise forward selection* RDA zajednice stranih vrsta za prve četiri kanoničke osi

<b>Statistički pokazatelj</b>	<b>1. kanonička os</b>	<b>2. kanonička os</b>	<b>3. kanonička os</b>	<b>4. kanonička os</b>
Svojtvena vrijednost (eigenvalue)	0,21	0,02	0,01	0,44
Objašnjena ukupna varijabilnost (kumulativno)	21,16	23,57	24,19	68,25
Pseudo-kanonička korelacija	0,60	0,30	0,20	0,00
Udio u objašnjenjnoj varijabilnosti (kumulativno)	87,49	97,44	100,00	-

Biplot RDA zajednica stranih vrsta pokazuje da je brojnost sve tri vrste u analizi pozitivno korelirana (grafikon 8). Gradijenti dubine i udaljenosti uzgojnog ribnjaka imaju suprotan smjer (grafikon 8 i 9). Brojnost sve tri vrste opada s udaljenošću od uzgojnih ribnjaka i s povećanjem nadmorske visine, a povećava se s dubinom vodotoka. Utjecaj nadmorske visine je izraženiji na brojnost babuške, a dubine i udaljenosti uzgojnog ribnjaka na brojnost bezribice i sunčanice.



Grafikon 8. Biplot prve dvije osi interactive forward selection RDA na sastavu zajednice stranih vrsta, (kratice odgovaraju onima iz grafikona 2; udaljenost uzg rib: udaljenost od uzgojnog ribnjaka)



Grafikon 9. Smještaj lokacija uzorkovanja unutar interactive forward selection RDA biplota na prve dvije osi za sastav zajednice stranih vrsta (kodovi lokacija odgovaraju onima iz tablice 3; udaljenost uzg rib: udaljenost od uzgojnog ribnjaka)

#### 4.2.5. Najvažnije značajke okoliša u multivarijantnim analizama

Okolišne značajke koje su se pokazale značajne u bilo kojoj od analiza su prikazane u tablici 20. Zbog velikog broja mjerenih okolišnih značajki, ostale značajke su navedene u prilogu ovom radu (prilog 2). Sve lokacije u istraživanju su bile na nadmorskoj visini ispod 200 m i spadaju u nizinske tekućice (Hrvatske vode, 2015).

Tablica 20. Najvažnije okolišne značajke korištene u analizama za svaku lokaciju (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

Kod	Tipizacija po veličini	Nadmorska visina (m)	Maksimalna dubina uzorkovanja (cm)	Širina vodotoka na lokaciji (m)	Stanje vodotoka	Udio finog supstrata (%)	Temperatura vode (°C)	Udaljenost uzgojnog ribnjaka (m)	Udio visoke riparijske vegetacije (%)	Udio vodene vegetacije (%)
Adz1	mala	133	50	2	modificirano	100	18,8	24700	0	45
Adz2	mala	122	80	2	modificirano	100	18,9	23500	10	35
Bb2	mala	103	50	2,5	modificirano	85	20	21500	10	20
Bi2	mala	112	40	5	modificirano	60	13	7000	30	10
Bid	veća	78	100	15	modificirano	100	23,6	49000	70	90
Bo1	mala	105	15	0,7	modificirano	100	18,5	5140	10	70
BoD1	mala	99	10	0,5	modificirano	100	16,7	4900	0	5
BoD2	mala	99	10	0,5	modificirano	100	16,7	4500	0	0
Br1	mala	121	40	2	prirodno	50	23,8	5170	10	5
BrD1	mala	104	60	4	prirodno	80	20	30840	70	1
BrD2	mala	97	80	5	modificirano	100	24,8	33560	10	50
BrK1	mala	110	20	3	modificirano	100	25	28000	5	95
BrK2	mala	107	50	5	modificirano	75	20,1	29400	20	95
Bu2	mala	141	150	4	prirodno	80	18,40	18830	100	0
Buk	mala	112	50	4	modificirano	100	25,8	515	50	5
Cml	mala	113	180	12	modificirano	100	24,8	25	50	20
Db1	mala	138	20	1,5	modificirano	90	15,5	21725	50	70
Dg1	mala	103	20	1,5	modificirano	30	16,9	7000	40	10
Do	mala	119	70	2	modificirano	100	25,9	1450	100	20
Dra	veća	111	50	8	modificirano	10	26,8	640	0	5
Du1	mala	103	30	1,5	modificirano	80	23,7	36900	20	85

Nastavak tablice 20

Kod	Tipizacija po veličini	Nadmorska visina (m)	Maksimalna dubina uzorkovanja (cm)	Širina vodotoka na lokaciji (m)	Stanje vodotoka	Udio finog supstrata (%)	Temperatura vode (°C)	Udaljenost uzgojnog ribnjaka (m)	Udio visoke riparijske vegetacije (%)	Udio vodene vegetacije (%)
GI1	mala	136	30	1	modificirano	10	18,2	17440	10	80
GI2	mala	130	40	1	modificirano	100	21,1	16540	0	90
GIG1	mala	115	20	2	modificirano	100	19,6	18400	0	95
GIG2	mala	112	50	2,5	modificirano	85	18,1	18750	0	80
Go2	mala	115	50	3	prirodno	40	20,9	1930	100	0
Gr1	mala	116	70	2	prirodno	10	19,5	12115	100	0
Ho2	mala	100	70	5	prirodno	30	19,4	23390	100	0
Jel	mala	82	60	7	modificirano	100	23,1	9080	50	90
Ka1	mala	107	20	1	modificirano	90	17,6	9800	0	50
kBe	mala	79	70	6	modificirano	100	26,5	55960	0	97
kBi	mala	83	20	1,5	modificirano	100	23,5	9740	10	85
kCs	mala	86	150	10	modificirano	100	27,8	8670	20	100
kDB	mala	84	100	4	modificirano	100	24	6160	50	100
kDr	mala	77	100	3	modificirano	100	29,8	92210	5	85
Ki1	mala	122	30	0,7	prirodno	60	18,6	9800	50	0
kV	mala	90	20	1	modificirano	90	12,1	10730	90	10
kiB	mala	75	100	17	modificirano	100	22,9	53500	0	95
kJA	veća	76	180	10	modificirano	100	24,4	90800	60	60
KJS	mala	86	100	10	modificirano	100	18,7	1750	90	12
kKo	mala	84	30	4	modificirano	100	23	5260	80	100
KMS	veća	86	100	10	modificirano	100	19,5	1800	90	35
Kor	veća	76	100	5	modificirano	100	26,3	90400	70	45
kPo	mala	108	20	3	modificirano	100	11,5	18660	20	60
Kr2	mala	95	30	8	modificirano	100	9,6	19680	0	90
KrZ1	mala	97	20	1	modificirano	100	9	19000	60	10
kSi	veća	88	60	30	modificirano	100	24	3300	50	100
Ku1	veća	146	40	8	prirodno	10	17,7	7500	60	0
kVE	veća	84	30	4	modificirano	100	23,6	2400	20	90
LBr	mala	87	60	3	modificirano	100	17,1	27130	30	100

Nastavak tablice 20

Kod	Tipizacija po veličini	Nadmorska visina (m)	Maksimalna dubina uzorkovanja (cm)	Širina vodotoka na lokaciji (m)	Stanje vodotoka	Udio finog supstrata (%)	Temperatura vode (°C)	Udaljenost uzgojnog ribnjaka (m)	Udio visoke riparijske vegetacije (%)	Udio vodene vegetacije (%)
Li1	mala	155	30	1,5	modificirano	80	20,2	7860	5	90
Lic	mala	113	100	4	modificirano	100	22,7	112	100	0
Lkn	mala	75	170	5	modificirano	100	23,8	89100	0	55
IkT	veća	88	15	10	modificirano	100	24,7	35150	10	100
Lm1	mala	108	60	5,5	modificirano	5	23,8	18300	0	75
Lo2	veća	94	150	10	prirodno	100	24,2	29480	50	0
Lom	veća	100	100	10	modificirano	40	20	22340	10	10
Luf	mala	89	30	4	modificirano	100	15,8	19280	0	100
Ma1	mala	132	50	1	prirodno	20	22,3	1430	20	20
Ma2	mala	130	50	2	modificirano	90	24,4	230	20	80
Mrs	veća	81	75	8	modificirano	100	20,3	13770	0	22
Mru	mala	82	120	8	modificirano	100	25,4	5200	60	10
Mt2	mala	110	150	4	prirodno	100	11,5	12000	100	0
Oc1	mala	193	60	3	prirodno	15	17,5	25600	90	30
Oc2	mala	185	35	2	prirodno	15	17,5	24620	70	60
Ok1	mala	113	150	6	modificirano	100	25,1	90	50	5
Or1	veća	85	20	3	modificirano	90	25	2670	80	2
Or2	veća	85	20	4	modificirano	61	25	3000	50	5
Orlj	mala	85	50	3	modificirano	100	25,5	865	0	5
Oz1	veća	149	40	6	modificirano	40	16,3	21770	0	5
Oz2	veća	148	50	9	modificirano	30	17,3	21880	70	0
Pa2	mala	146	60	2	prirodno	10	12	8200	100	0
pBu	mala	124	60	1	prirodno	70	11,5	15280	100	80
Pik	mala	105	50	2,5	modificirano	100	25,3	72	50	73
Pir	mala	106	70	2	modificirano	100	24,6	52	50	95
Po1	mala	188	10	1	modificirano	10	14,7	21215	90	0
Po2	mala	178	10	2	modificirano	20	15,6	20870	20	10
Re1	mala	110	30	1,5	prirodno	80	20,8	7170	90	40
ReR1	mala	112	30	4	modificirano	80	18,2	21130	10	10

Nastavak tablice 20

Kod	Tipizacija po veličini	Nadmorska visina (m)	Maksimalna dubina uzorkovanja (cm)	Širina vodotoka na lokaciji (m)	Stanje vodotoka	Udio finog supstrata (%)	Temperatura vode (°C)	Udaljenost uzgojnog ribnjaka (m)	Udio visoke riparijske vegetacije (%)	Udio vodene vegetacije (%)
ReR2	mala	111	15	4	modificirano	20	16,6	21000	50	25
ReU1	veća	86	100	2	modificirano	100	16,3	23050	80	0
Ri1	mala	144	50	1	prirodno	60	11,8	19060	20	20
Rk2	mala	125	30	1	modificirano	30	26,6	1088	0	100
Ro1	mala	154	20	1,5	modificirano	100	20,9	20020	0	20
SeJ	mala	90	30	4	modificirano	100	12,9	15440	100	2
Sk2	mala	113	30	2,5	modificirano	80	20,3	11170	100	0
Sl1	mala	125	40	8	modificirano	10	13,5	6650	90	5
Sl2	mala	113	20	7	modificirano	50	15,1	5550	0	0
Sta	mala	86	30	4	modificirano	100	16,5	11150	100	5
Stu	veća	76	250	20	prirodno	100	22,2	90590	90	80
Su2	veća	96	30	4	modificirano	40	14,9	19550	80	25
Sum1	mala	98	50	5	modificirano	80	17,6	15700	0	0
Tes	mala	107	100	3	modificirano	100	28,6	5230	50	15
Tr1	mala	125	30	2	prirodno	60	21,60	13690	5	50
Trn	mala	86	100	5	modificirano	100	18,3	13040	100	0
Ud1	veća	114	85	60	prirodno	20	17,5	51140	100	20
Ud2	veća	117	60	70	prirodno	10	16,7	50300	100	15
Un2	veća	90	80	140	modificirano	80	10,8	23800	10	20
Us1	veća	100	70	20	prirodno	5	18	25960	80	30
Us2	veća	99	100	100	prirodno	20	17	25790	30	22
Ut1	mala	116	80	3	prirodno	80	18,3	12454	70	0
Utn2	mala	111	60	4	prirodno	80	16	26800	100	0
Vi1	mala	77	150	20	modificirano	100	28,2	65870	50	40
Vi2	mala	77	150	15	modificirano	100	27,5	66640	50	45
Vo1	mala	125	80	3	prirodno	50	21,1	1220	40	70
Vo2	mala	124	60	7	prirodno	10	23	1180	90	0
Vrb	mala	92	15	4	modificirano	70	18,1	2450	70	65
VSC	veća	88	40	15	modificirano	100	12,6	6780	85	2



Nastavak tablice 20

Kod	Tipizacija po veličini	Nadmorska visina (m)	Maksimalna dubina uzorkovanja (cm)	Širina vodotoka na lokaciji (m)	Stanje vodotoka	Udio finog supstrata (%)	Temperatura vode (°C)	Udaljenost uzgojnog ribnjaka (m)	Udio visoke riparijske vegetacije (%)	Udio vodene vegetacije (%)
VSn	veća	86	70	12	modificirano	100	11,9	3170	100	0
Zi1	mala	120	45	5	prirodno	60	17,8	52380	80	5
Zi2	mala	119	35	7	prirodno	10	18,1	51730	30	0

### 4.3. Grupiranje postaja uzorkovanja prema sastavu ribljih zajednica

Klaster dendrogram na temelju Bray-Curtis sličnosti je kodiran bojom na temelju veličine tekućice po tipizaciji Hrvatskih voda (grafikon 10), modifikacije vodotoka (grafikon 11) i nadmorske visine (grafikon 12). Nakon postavljanja arbitrarne cut-off vrijednosti na Bray-Curtis sličnosti 0,30, zajednice su se odvojile na šest većih funkcionalnih grupa (klastera) i osam nesvrstanih lokacija. Ako se tih šest grupa analizira sa aspekta svake značajke posebno, može se utvrditi koja razina pojedine značajke dominira u pojedinoj grupi.

Grupa A tako obuhvaća male prirodne i modificirane vodotoke na srednjoj i višoj nadmorskoj visini u slavonskom sredogorju; iznimka je rijeka Una kod Dubice. Ove lokacije karakterizira mala brojnost jedinki i pojavnost potočne mreže. Osim nje često se bilježi i klen.

Grupa B obuhvaća uglavnom male prirodne vodotoke na višoj nadmorskoj visini, uz male vodotoke ovdje se nalaze i dvije lokacije na rijeci Orljavi (Oz1 i Oz2) i jedna na Kupčini (Ku1). Grupa se odvaja zbog reofilnih vrsta koje se u većem broju pojavljuju na ovim lokacijama: najčešće dvoprugasta uklija, ali na više lokacija i peš, pijor, brkica, zlatni vijun.

Grupa C se sastoji od uglavnom malih modificiranih vodotoka. Zastupljeni su vodotoci sa svih nadmorskih visina, ali dominiraju oni sa srednjih. Radi se o vrlo raznolikim zajednicama u kojima je teško uočiti obrazac pojavnosti i brojnosti pojedinih vrsta. Zajednička vrsta u podgrupi s lijeve strane grupe (Bo1 do Sum1) je dunavska krkušica, a u desnoj podgrupi (BrD2 do Do) gavčica. U grupi C se na nekoliko lokacija pojavljuju i strane vrste poput babuške i bezribice.

Grupa D obuhvaća uglavnom modificirane male i velike vodotoke na srednjoj i nižoj nadmorskoj visini, iznimka su prirodni Gonjava (Go2), Hotnja (Ho2), Rečica (Re1) i Studva (Stu). S lijeve strane su grupirani vodotoci pokupskog bazena dok su na desnoj strani vodotoci s istoka Hrvatske. Velika je raznolikost vrsta, a one koje definiraju grupu su generalist i limnofili: brojne su jedinke uklije *Alburnus alburnus*, babuške, česta je prisutnost bezribice, sunčanice, žutooke *Rutilus rutilus* i grgeča.

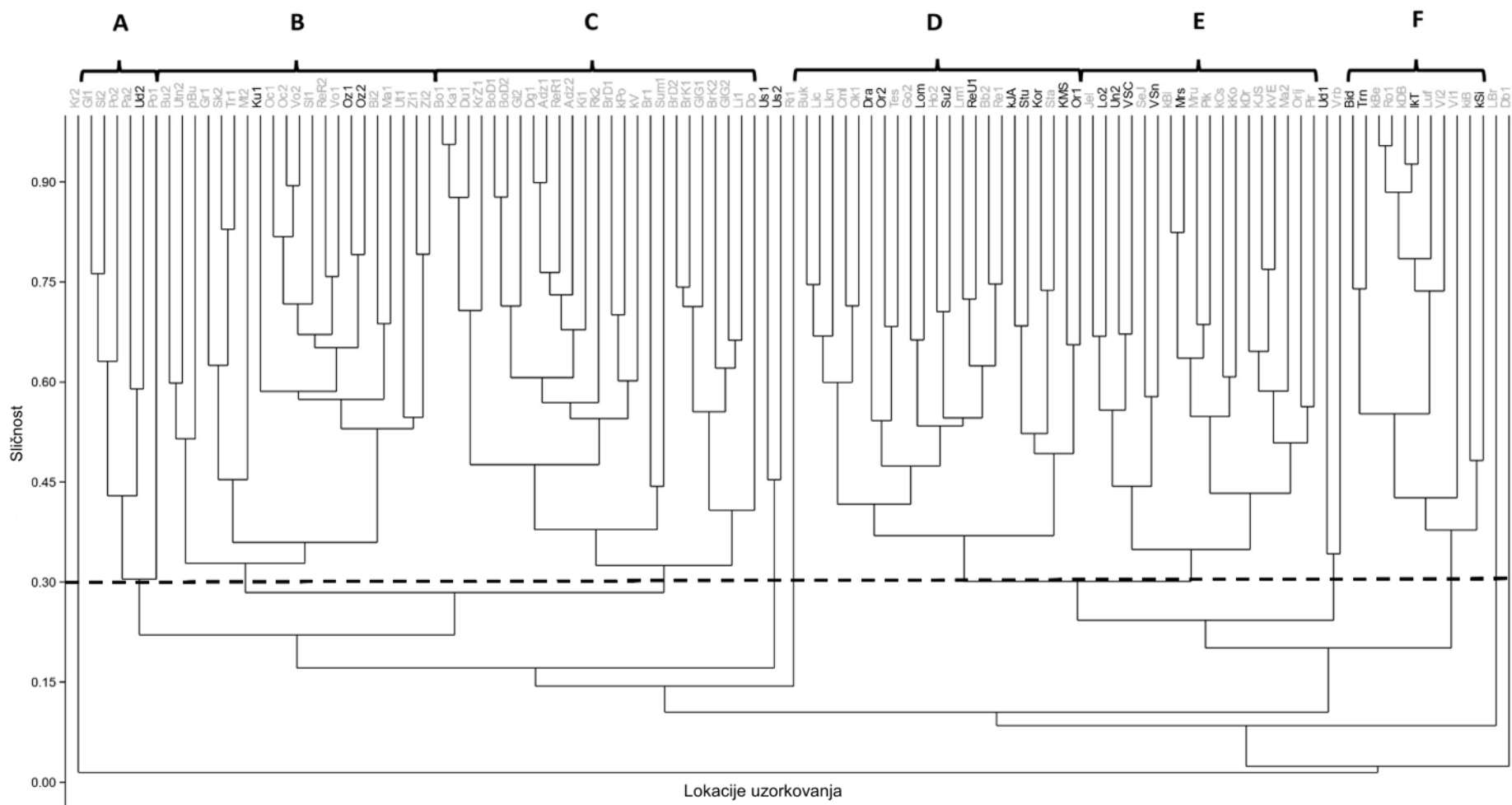
Grupa E obuhvaća male i velike modificirane vodotoke uglavnom sa nižih nadmorskih visina, iznimka su prirodna Lonja te modificirana Malunja s više nadmorske visine. Sastav vrsta je sličan prethodnoj grupi, s tim da je puno manja brojnost uklije a česta je prisutnost običnog vijuna i gavčice. U ovoj grupi se na nekoliko lokacija bilježio som i šaran.

Posljednja grupa F sadrži također uglavnom male modificirane vodotoke na nižim nadmorskim visinama s iznimkom većih kanala Biđ, Trnava, Topolje i Sijerača te potoka Rosinac

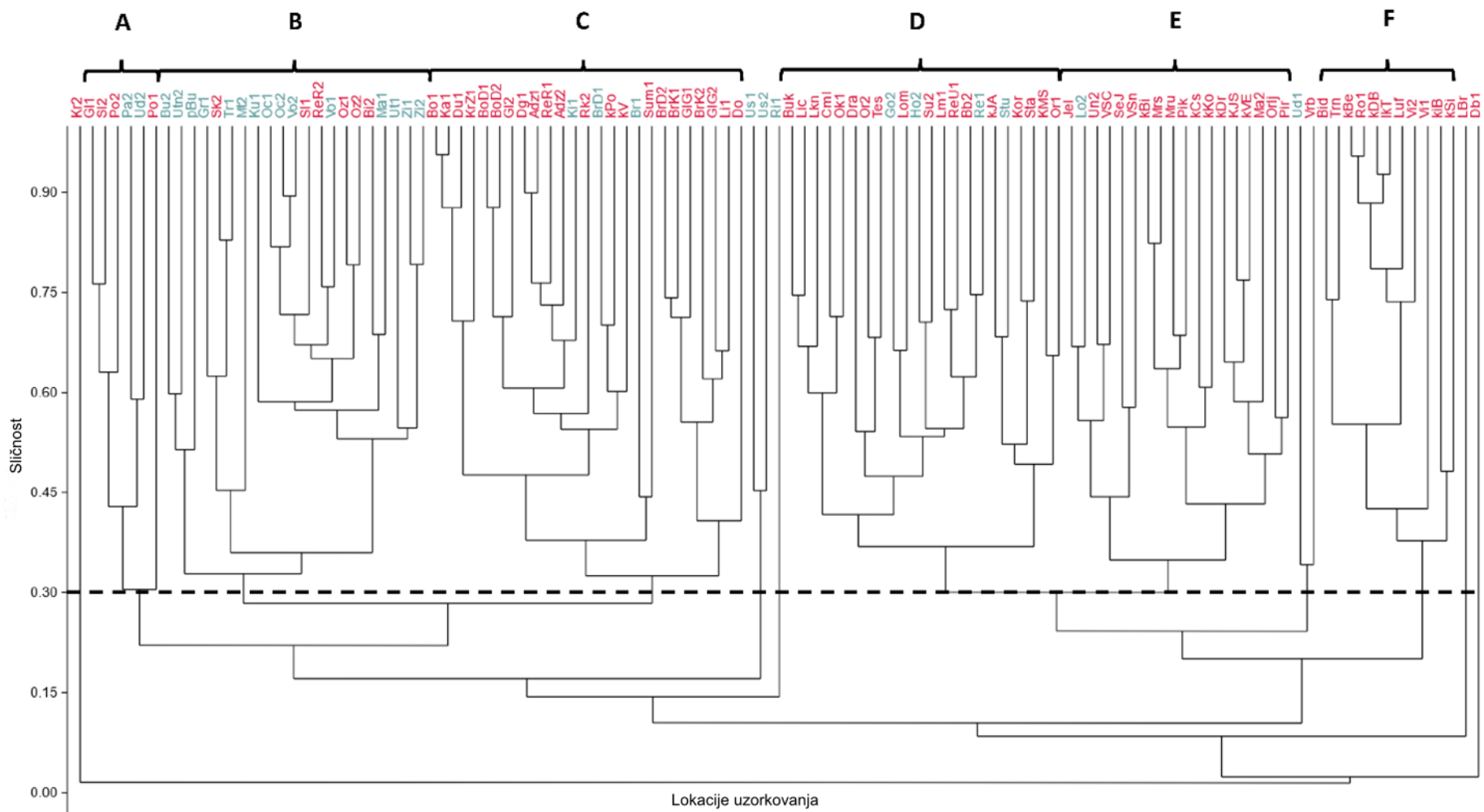
s više nadmorske visine. To su redom staništa s degradiranom zajednicom, s malo vrsta i malo jedinki, a u većini je babuška najbrojnija vrsta.

Od lokacija koje nisu svrstane ni u jednu grupu čak su tri lokacije s rijeke Une. Negrupirani vodotoci su oni u kojima je zabilježena samo jedna vrsta (Kr2, Db1, Ri1) ili više vrsta u kombinacijama i brojnostima drugačijima nego u bilo kojoj od grupa (Us1, Us2, Ud1, Vrb, LBr).

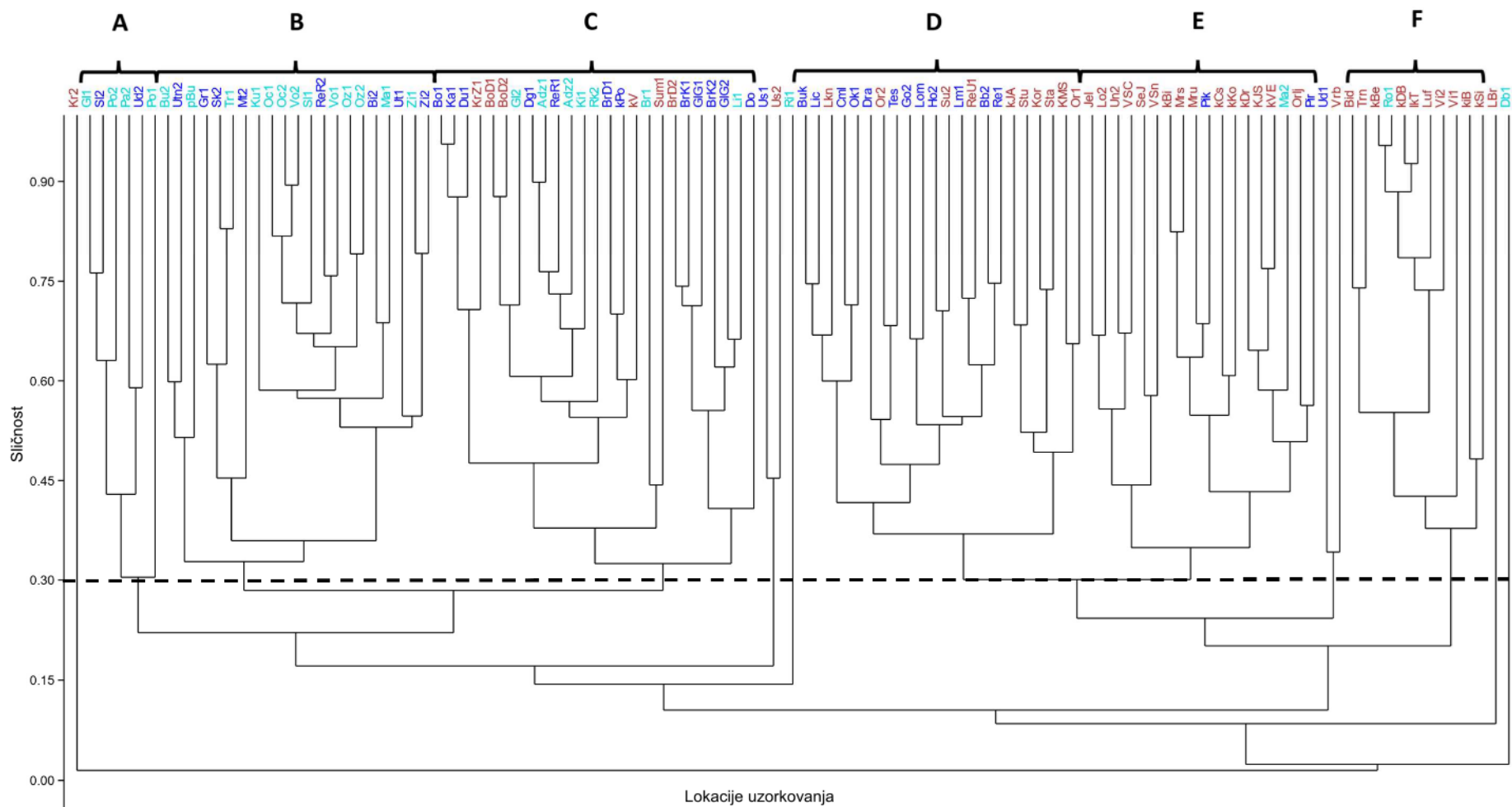
Generalno je i u dendrogramu najvidljiviji utjecaj nadmorske visine. Lijeva strana (grupe A i B) sadrže samo lokacije sa srednjih i viših nadmorskih visina, grupe C i D su "prijelazne" i zatim s desne strane u grupi E i F dominiraju lokacije s niže nadmorske visine.



Grafikon 10. Klaster dijagram lokacija generiran na temelju Bray-Curtis mjere sličnosti; sivo su označeni mali vodotoci, a crno su označeni veći vodotoci po tipizaciji Hrvatskih voda; iscrtano je naznačena granica Bray-Curtis sličnosti od 0,30 (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)



Grafikon 11. Klaster dijagram lokacija generiran na temelju Bray-Curtis mjere sličnosti; zeleno su označene lokacije u prirodnom stanju, crveno su označene modificirane lokacije; iscrtano je naznačena granica Bray-Curtis sličnosti od 0,30 (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)



Grafikon 12. Klaster dijagram lokacija generiran na temelju Bray-Curtis mjere sličnosti; crveno su označene lokacije na najnižoj nadmorskoj visini (ispod 100 m), plavo su označene lokacije na srednjoj nadmorskoj visini (100-119 m), tirkizno su označene lokacije na najvišoj nadmorskoj visini (iznad 119 m); iscrtano je naznačena granica Bray-Curtis sličnosti od 0,30 (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

#### 4.4. Usporedba zajednica s lokacija na istim vodotocima

Od istraživanih vodotoka, na njih su 16 su uzorkovane dvije ili više lokacija. U tablici 21 je uspoređen Shannon Wiener indeks između lokacija na istim vodotocima te prikazana Bray-Curtis sličnost za svaki par lokacija s istog vodotoka. Mann-Whitney-U test je pokazao da je razlika između najvećeg i najmanjeg Shannon-Wiener indeksa unutar istog vodotoka bila značajno različita između dva uzorka ( $p = 0,02$ ). Lokacije na istom vodotoku u istom hidromorfološkom stanju i s istom kategorijom nadmorske visine su imale sličniju bioraznolikost (prosječna razlika Shannon-Wiener indeksa je bila 0,25) nego lokacije na istom vodotoku s različitom hidromorfologijom i/ili nadmorskom visinom (prosječna razlika Shannon-Wiener indeksa je bila 0,52).

Najveće vrijednosti Bray-Curtis sličnosti su općenito zabilježene između hidromorfološki sličnih lokacija u istoj kategoriji nadmorske visine. Sličnosti iznad 0,75 su zabilježene na potoku Borovac, potoku Orljavica, rijeci Orljavi, potoku Rešetarici i Volavčici. Najveća sličnost između dvije hidromorfološki različite lokacije na istom vodotoku te dvije lokacije različite kategorije nadmorske visine na istom vodotoku je zabilježena na potoku Breznica (0,67, odn. 0,74). Najmanje vrijednosti Bray-Curtis sličnosti za isti vodotok su zabilježene na rijeci Uni (vrijednost 0 za slične lokacije i po nadmorskoj visini i po hidromorfologiji) te na Malunji (0,09 za hidromorfološki različite lokacije u istoj kategoriji nadmorske visine).

Tablica 21. Usporedba Shannon-Wiener indeksa i Bray-Curtis sličnosti lokacija s istog vodotoka (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

Vodotok	Lokacija	Kategorija elevacije	Stanje vodotoka	Shannon-Wiener indeks	Maksimalna razlika SWI	Bray-Curtis sličnost između lokacija			
potok Adžamovac						Adz2			
	Adz1	3	modificirano	0,55	0,22	0,77			
	Adz2	3	modificirano	0,77		-			
potok Borovac						BoD1	BoD2		
	Bo1	2	modificirano	0	0,64	0,66	0,73		
	BoD1	1	modificirano	0,64		-	0,88		
	BoD2	1	modificirano	0,61		-	-		
potok Breznica						BrD2	BrK1	BrK2	
	BrD1	2	prirodno	1,37	0,58	0,57	0,65	0,67	
	BrD2	1	modificirano	1,15		-	0,74	0,64	
	BrK1	2	modificirano	0,79		-	-	0,74	
	BrK2	2	modificirano	1,23		-	-	-	
potok Glogovica						GI2	GIG1	GIG2	
	GI1	3	modificirano	0,85	0,31	0,39	0,34	0,61	
	GI2	3	modificirano	1,02		-	0,14	0,39	
	GIG1	2	modificirano	0,84		-	-	0,57	
	GIG2	2	modificirano	0,71		-	-	-	
potok Malunja						Ma2			
	Ma1	3	prirodno	1,96	1,00	0,09			
	Ma2	3	modificirano	0,96		-			
kanal Mrsunja						Mru			
	Mrs	1	modificirano	1,06	0,34	0,63			
	Mru	1	modificirano	1,40		-			
potok Orljavica						Oc2			
	Oc1	3	prirodno	1,09	0,19	0,83			
	Oc2	3	prirodno	1,28		-			



Nastavak tablice 21

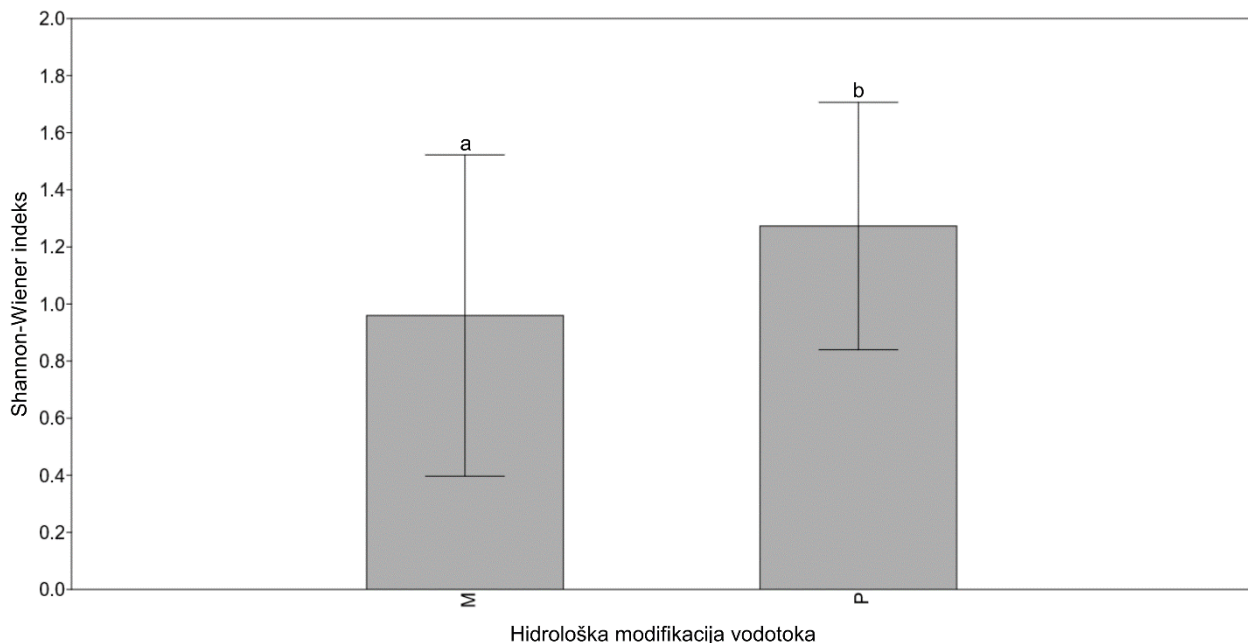
Vodotok	Lokacija	Kategorija elevacije	Stanje vodotoka	Shannon-Wiener indeks	Maksimalna razlika SWI	Bray-Curtis sličnost između lokacija			
						Or2	Oz1	Oz2	
rijeka Orjava	Or1	1	modificirano	1,37	0,36	0,61	0,12	0,15	
	Or2	1	modificirano	1,17		-	0,34	0,27	
	Oz1	3	modificirano	1,53		-	-	0,79	
	Oz2	3	modificirano	1,40		-	-	-	
potok Pokotina						Po2			
	Po1	3	modificirano	0	0,00	0,42			
	Po2	3	modificirano	0		-			
potok Rešetarica						Rer2	ReU1		
	Rer1	2	modificirano	0,93	0,71	0,76	0,57		
	Rer2	2	modificirano	1,19		-	0,53		
	ReU1	1	modificirano	1,64		-	-		
potok Slobošćina						Sl2			
	Sl1	3	modificirano	0,80	0,30	0,42			
	Sl2	2	modificirano	0,50		-			
rijeka Una						Ud2	Un2	Us1	Us2
	Ud1	2	prirodno	1,08	0,73	0,19	0,31	0	0,22
	Ud2	2	prirodno	1,47		-	0,24	0,26	0,32
	Un2	1	modificirano	1,47		-	-	0,24	0,33
	Us1	2	prirodno	1,15		-	-	-	0,45
Us2	1	prirodno	1,81	-		-	-	-	
rječica Virovi						Vi2			
	Vi1	1	modificirano	0,18	0,18	0,64			
	Vi2	1	modificirano	0		-			
potok Volavčica						Vo2			
	Vo1	3	prirodno	0,95	0,24	0,77			
	Vo2	3	prirodno	1,19		-			
kanal Veliki Strug						VSn			
	VSC	1	modificirano	1,12	0,58	0,66			
	VSn	1	modificirano	1,70		-			

Nastavak tablice 21

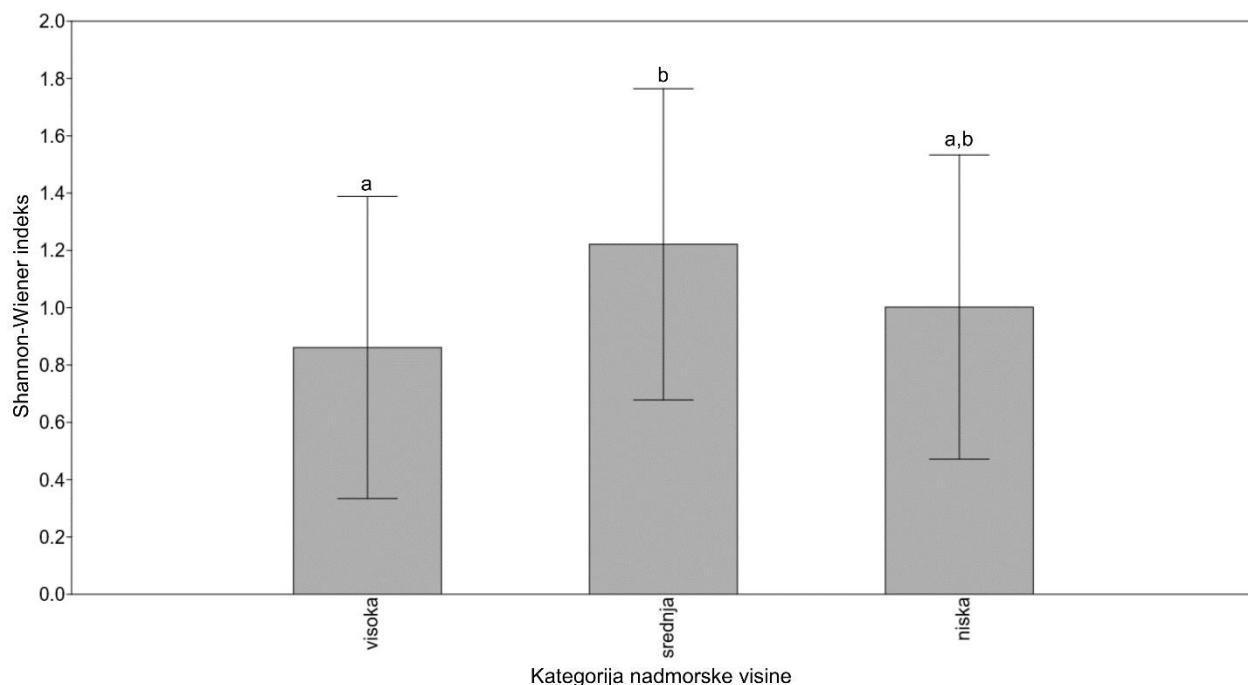
Vodotok	Lokacija	Kategorija elevacije	Stanje vodotoka	Shannon-Wiener indeks	Maksimalna razlika SWI	Bray-Curtis sličnost između lokacija	
potok Žirovnica						Zi2	
	Zi1	3	prirodno	1,35	0,07	0,44	
	Zi2	2	prirodno	1,42		-	

## 4.5. Analiza indeksa bioraznolikosti u različitim tipovima vodotoka

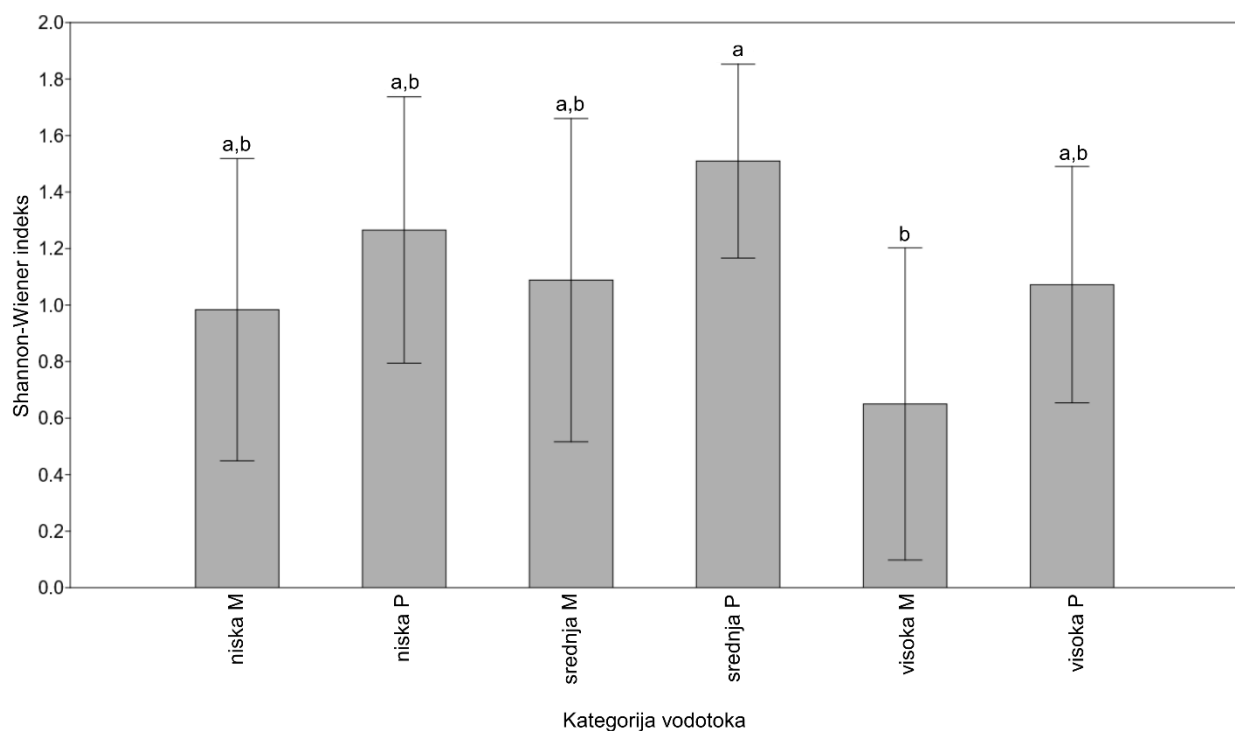
Usporedbom Shannon-Wiener indeksa bez rijetkih vrsta između različitih kategorija istraživanih lokacija nije utvrđena značajna razlika između različitih tipizacija vodotoka (baziranih na veličini procjenjenoj prema podlozi Hrvatskih voda; Mann-Whitney test:  $p = 0,08$ ). Mann-Whitney test je s druge strane pokazao da su prirodni vodotoci značajno raznolikiji od modificiranih ( $p = 0,03$ ) (grafikon 13). Testiranjem tri razine nadmorske visine je ustanovljeno da se Shannon-Wiener indeks značajno razlikuje između njih (Kruskal Wallis test,  $p = 0,01$ ) (grafikon 14). Post-hoc Mann-Whitney test je pokazao da je Shannon-Wiener indeks značajno veći na srednjoj razini nadmorske visine no što je to u vodotocima na višoj nadmorskoj visini ( $p = 0,01$ ). Razlike između ostalih razina nadmorske visine nisu utvrđene. Testiranjem interakcije oba značajna faktora se utvrdila značajna razlika između tipova vodotoka (Kruskal Wallis test,  $p = 0,01$ ). Post-hoc Mann-Whitney testom je utvrđena značajna razlika između prirodnih lokacija na srednjoj nadmorskoj visini i modificiranih lokacija na visokoj nadmorskoj visini ( $p = 0,01$ ) (grafikon 15).



Grafikon 13. Usporedba prosjeka Shannon-Wiener indeksa između (M) modificiranih i (P) prirodnih staništa s prikazanom standardnom devijacijom; različita slova označavaju statistički značajnu razliku



Grafikon 14. Usporedba prosjeka Shannon-Wiener indeksa između vodotoka na različitim kategorijama nadmorske visine (visoka: lokacije iznad 119 mnm; srednja: lokacije od 100-119 mnm; niska: lokacije ispod 100 mnm) s prikazanom standardnom devijacijom; različita slova označavaju statistički značajnu razliku



Grafikon 15. Usporedba prosjeka Shannon-Wiener indeksa između prirodnih (P) i modificiranih (M) vodotoka na različitim kategorijama nadmorske visine (visoka: lokacije iznad 119 mnm; srednja: lokacije od 100-119 mnm; niska: lokacije ispod 100 mnm) s prikazanom standardnom devijacijom; različita slova označavaju statistički značajnu razliku

## 4.6. Analiza sličnosti ribljih zajednica u različitim tipovima vodotoka

ANOSIM metodom nije utvrđena značajna razlika u sastavu vrsta između malih i većih tekućica koja se bazira na tipizaciji Hrvatskih voda ( $R = 0,06$ ,  $p = 0,07$ ). S druge strane, utvrđena je značajna razlika u sastavu vrsta između kategorija modifikacije vodotoka i između kategorija nadmorske visine; međusobna uparena usporedba 15 mogućih različitih kombinacija nadmorske visine i modifikacije je prikazana u tablici 22. Kod usporedba kategorija temeljenih na obje značajke (nadmorska visina i modifikacija), značajna razlika je utvrđena između svih kategorija osim između hidromorfološki različitih vodotoka na visokim nadmorskim visinama i hidromorfološki različitih vodotoka na srednjim nadmorskim visinama. Najveća je razlika zabilježena između prirodnih lokacija na visokim i niskim nadmorskim visinama, a najmanja između prirodnih i modificiranih lokacija na srednjoj nadmorskoj visini.

Tablica 22. Rezultati ANOSIM pairwise usporedbe sastava zajednica lokacija između različitih kategorija hidrološke modifikacije i nadmorske visine (P: prirodno; M: modificirano; visoka: lokacije iznad 119 mnm; srednja: lokacije od 100-119 mnm; niska: lokacije ispod 100 mnm)

Usporedba	R vrijednost	p vrijednost
Kategorije modifikacije ukupno	0,09	0,01
Kategorije nadmorske visine ukupno	0,29	<0,01
visoka P – visoka M	0,06	0,08
visoka P – srednja P	0,16	<0,01
visoka P – srednja M	0,21	<0,01
visoka P – niska P	0,75	<0,01
visoka P – niska M	0,54	<0,01
visoka M – srednja P	0,14	0,01
visoka M – srednja M	0,17	<0,01
visoka M – niska P	0,35	0,04
visoka M – niska M	0,42	<0,01
srednja P – srednja M	0,03	0,28
srednja P – niska P	0,51	0,01
srednja P – niska M	0,30	<0,01
srednja M – niska P	0,34	0,01
srednja M – niska M	0,22	<0,01
niska P – niska M	0,30	0,04

Rezultati SIMPER analize su za ukupnu zajednicu napravljena na svim vrstama kako bi se ustanovilo koje se sve vrste pojavljuju u određenoj grupi kategorija vodotoka (tablica 23 i 24). Klen, krkuša i dvoprugasta uklija su vrste koje su imale najveći utjecaj u odvajanju zajednica

prirodnih i modificiranih vodotoka. Sve tri vrste su bile brojnije u prirodnim vodotocima. Peš je zabilježen samo u prirodnim vodotocima, dok su jez i crvenperka *Scardinius erythrophthalmus* zabilježeni samo u modificiranim vodotocima. Klen, krkuša i babuška su najutjecajnije vrste u odvajanju kategorija nadmorske visine (tablica 25). Klen i krkuša su bili najbrojniji na najvišim i srednjim nadmorskim visinama, a babuška na najnižim. Brkica, pijor i peš nisu zabilježeni u kategoriji najniže nadmorske visine, a žutooka, sunčanica, šaran i crvenperka nisu zabilježeni u kategoriji najviše nadmorske visine. Som i jez su zabilježeni samo u kategoriji najniže nadmorske visine. Za usporedbu kombinacija značajki je prikazano samo nekoliko najutjecajnijih vrsta koje čine barem 50% razlike između grupa lokacija (tablica 25). Kod većine usporedbi među najutjecajnijim su vrstama za odvajanje grupa bili klen i krkuša; za grupe na visokim nadmorskim visinama dodatno dvoprugasta uklija i potočna mrena; za grupe na srednjim nadmorskim visinama gavčica; za grupe na srednjim i niskim nadmorskim visinama babuška.

Tablica 23. Rezultati SIMPER analize razlike zajednica riba između modificiranih i prirodnih lokacija uzorkovanja

Vrsta	Prosječna različitost	Udio u ukupnoj različitosti %	Kumulativno %	Log prosječne brojnosti u modificiranim staništima	Log prosječne brojnosti u prirodnim staništima
<i>Squalius cephalus</i>	9,37	11,40	11,40	0,42	0,73
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	9,07	11,04	22,44	0,10	0,66
<i>Gobio obtusirostris</i>	8,18	9,96	32,40	0,34	0,52
<i>Carassius gibelio</i>	6,31	7,68	40,07	0,38	0,11
<i>Barbus balcanicus</i>	6,07	7,39	47,46	0,15	0,38
<i>Rhodeus amarus</i>	5,81	7,06	54,52	0,25	0,32
<i>Barbatula barbatula</i>	4,74	5,76	60,28	0,05	0,33
<i>Alburnus alburnus</i>	4,56	5,55	65,83	0,28	0,17
<i>Cobitis elongatoides</i>	4,00	4,87	70,70	0,19	0,18
<i>Phoxinus lumaireul</i>	3,55	4,32	75,01	0,02	0,25
<i>Cottus gobio</i>	3,08	3,75	78,76	0,00	0,18
<i>Pseudorasbora parva</i>	3,06	3,73	82,49	0,20	0,07
<i>Rutilus rutilus</i>	2,91	3,54	86,03	0,15	0,10
<i>Lepomis gibbosus</i>	2,47	3,00	89,03	0,13	0,06
<i>Cobitis elongata</i>	2,36	2,87	91,90	0,02	0,14
<i>Perca fluviatilis</i>	1,76	2,14	94,05	0,10	0,06
<i>Cyprinus carpio</i>	1,62	1,97	96,02	0,08	0,06
<i>Sabanejewia balcanica</i>	1,30	1,58	97,60	0,01	0,08
<i>Silurus glanis</i>	0,80	0,97	98,57	0,01	0,05
<i>Barbus barbus</i>	0,46	0,56	99,13	0,03	0,01
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0,46	0,56	99,69	0,03	0,00
<i>Leuciscus idus</i>	0,26	0,31	100,00	0,02	0,00
Ukupna prosječna različitost	82,18				

Tablica 24. Rezultati SIMPER analize razlike zajednica riba između lokacija uzorkovanja na različitim nadmorskim visinama

Vrsta	Prosječna različitost	Udio u ukupnoj različitosti %	Kumulativno %	Log prosječne brojnosti, najniža nadmorska visina	Log prosječne brojnosti, srednja nadmorska visina	Log prosječne brojnosti, najviša nadmorska visina
<i>Squalius cephalus</i>	10,24	12,31	12,31	0,23	0,68	0,70
<i>Gobio obtusirostris</i>	9,87	11,85	24,16	0,15	0,49	0,63
<i>Carassius gibelio</i>	7,97	9,58	33,74	0,57	0,20	0,06
<i>Rhodeus amarus</i>	6,57	7,89	41,63	0,16	0,46	0,19
<i>Barbus balcanicus</i>	6,49	7,80	49,43	0,03	0,16	0,56
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	6,31	7,58	57,02	0,04	0,26	0,57
<i>Alburnus alburnus</i>	5,54	6,66	63,67	0,24	0,41	0,04
<i>Cobitis elongatoides</i>	4,37	5,25	68,92	0,26	0,20	0,04
<i>Pseudorasbora parva</i>	4,01	4,82	73,74	0,19	0,24	0,01
<i>Barbatula barbatula</i>	3,58	4,31	78,05	0,00	0,12	0,32
<i>Rutilus rutilus</i>	3,16	3,80	81,85	0,17	0,19	0,00
<i>Lepomis gibbosus</i>	3,06	3,68	85,53	0,11	0,20	0,00
<i>Perca fluviatilis</i>	2,16	2,59	88,12	0,07	0,16	0,02
<i>Phoxinus lumaireul</i>	2,14	2,57	90,69	0,00	0,13	0,14
<i>Cyprinus carpio</i>	1,69	2,03	92,72	0,15	0,04	0,00
<i>Cottus gobio</i>	1,66	2,00	94,72	0,00	0,05	0,12
<i>Cobitis elongata</i>	1,47	1,76	96,48	0,03	0,10	0,03
<i>Sabanejewia balcanica</i>	0,78	0,94	97,42	0,01	0,07	0,01
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0,69	0,83	98,25	0,05	0,01	0,00
<i>Barbus barbus</i>	0,67	0,81	99,06	0,01	0,01	0,05
<i>Silurus glanis</i>	0,41	0,49	99,55	0,04	0,00	0,00



Nastavak tablice 24.

<b>Vrsta</b>	<b>Prosječna različitost</b>	<b>Udio u ukupnoj različitosti %</b>	<b>Kumulativno %</b>	<b>Log prosječne brojnosti, najniža nadmorska visina</b>	<b>Log prosječne brojnosti, srednja nadmorska visina</b>	<b>Log prosječne brojnosti, najviša nadmorska visina</b>
<i>Leuciscus idus</i>	0,37	0,45	100,00	0,04	0,00	0,00
Ukupna prosječna različitost	83,24					

Tablica 25. Rezultati SIMPER analize razlike zajednica riba između značajno različitih kategorija vodotoka koji uključuju obje značajke (nadmorska visina i hidromorfološka modifikacija; kratice odgovaraju onima iz tablice 22)

Vrsta	Prosječna različitost	Udio u ukupnoj različitosti (%)	Kumulativno (%)	Log prosječne brojnosti prva grupa u usporedbi	Log prosječne brojnosti druga grupa u usporedbi
visoka P – srednja P, ukupna prosječna različitost 69,42					
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	9,46	13,63	13,63	0,86	0,57
<i>Barbus balcanicus</i>	7,29	10,50	24,13	0,70	0,10
<i>Squalius cephalus</i>	6,94	10,00	34,13	0,85	0,71
<i>Gobio obtusirostris</i>	6,69	9,64	43,77	0,69	0,44
<i>Rhodeus amarus</i>	6,07	8,74	52,51	0,25	0,46
visoka P – srednja M, ukupna prosječna različitost 77,64					
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	10,24	13,2	13,2	0,86	0,12
<i>Squalius cephalus</i>	9,047	11,65	24,85	0,85	0,66
<i>Gobio obtusirostris</i>	8,468	10,91	35,76	0,69	0,51
<i>Barbus balcanicus</i>	8,135	10,48	46,23	0,70	0,19
<i>Rhodeus amarus</i>	6,726	8,663	54,9	0,25	0,46
visoka P – niska P, ukupna prosječna različitost 92,23					
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	10,60	11,50	11,50	0,86	0,10
<i>Squalius cephalus</i>	8,76	9,50	21,00	0,85	0,23
<i>Barbus balcanicus</i>	8,35	9,05	30,05	0,70	0,00
<i>Gobio obtusirostris</i>	8,32	9,02	39,07	0,69	0,00
<i>Carassius gibelio</i>	6,58	7,13	46,20	0,00	0,63
<i>Barbatula barbatula</i>	6,41	6,95	53,15	0,50	0,00
visoka P – niska M, ukupna prosječna različitost 91,46					
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	12,28	13,43	13,43	0,86	0,04
<i>Squalius cephalus</i>	10,65	11,65	25,08	0,85	0,24
<i>Gobio obtusirostris</i>	9,93	10,85	35,93	0,69	0,15
<i>Barbus balcanicus</i>	9,55	10,45	46,37	0,70	0,03
<i>Carassius gibelio</i>	8,64	9,45	55,82	0,00	0,55
visoka M – srednja P, ukupna prosječna različitost 78,98					
<i>Gobio obtusirostris</i>	9,15	11,58	11,58	0,58	0,44
<i>Squalius cephalus</i>	8,90	11,27	22,86	0,56	0,71
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	8,66	10,97	33,82	0,28	0,57

Nastavak tablice 25

Vrsta	Prosječna različitost	Udio u ukupnoj različitosti (%)	Kumulativno (%)	Log prosječne brojnosti prva grupa u usporedbi	Log prosječne brojnosti druga grupa u usporedbi
<i>Rhodeus amarus</i>	7,46	9,45	43,27	0,14	0,46
<i>Barbus balcanicus</i>	6,83	8,65	51,92	0,43	0,10
visoka M – srednja M, ukupna prosječna različitost 79,42					
<i>Gobio obtusirostris</i>	12,54	15,79	15,79	0,58	0,51
<i>Squalius cephalus</i>	11,26	14,18	29,97	0,56	0,66
<i>Barbus balcanicus</i>	8,60	10,83	40,80	0,43	0,19
<i>Rhodeus amarus</i>	8,53	10,74	51,54	0,14	0,46
visoka M – niska P, ukupna prosječna različitost 93,07					
<i>Carassius gibelio</i>	9,82	10,55	10,55	0,12	0,63
<i>Gobio obtusirostris</i>	9,62	10,34	20,88	0,58	0,00
<i>Squalius cephalus</i>	9,16	9,84	30,73	0,56	0,23
<i>Barbus balcanicus</i>	7,83	8,41	39,14	0,43	0,00
<i>Cyprinus carpio</i>	7,58	8,15	47,28	0,00	0,59
<i>Silurus glanis</i>	7,53	8,09	55,37	0,00	0,48
visoka M – niska M, ukupna prosječna različitost 88,22					
<i>Gobio obtusirostris</i>	12,75	14,45	14,45	0,58	0,16
<i>Carassius gibelio</i>	12,43	14,09	28,54	0,12	0,56
<i>Squalius cephalus</i>	11,47	13,00	41,54	0,56	0,23
<i>Barbus balcanicus</i>	10,32	11,70	53,24	0,43	0,03
srednja P – niska P, ukupna prosječna različitost 82,75					
<i>Squalius cephalus</i>	7,58	9,16	9,16	0,71	0,23
<i>Carassius gibelio</i>	6,98	8,44	17,59	0,12	0,63
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	6,63	8,02	25,61	0,57	0,10
<i>Cyprinus carpio</i>	5,99	7,24	32,85	0,00	0,59
<i>Rhodeus amarus</i>	5,80	7,01	39,86	0,46	0,10
<i>Silurus glanis</i>	5,66	6,84	46,70	0,00	0,48
<i>Gobio obtusirostris</i>	5,14	6,22	52,92	0,44	0,00
srednja P – niska M, ukupna prosječna različitost 83,42					
<i>Squalius cephalus</i>	9,66	11,58	11,58	0,71	0,23
<i>Carassius gibelio</i>	8,00	9,59	21,16	0,12	0,56
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	7,77	9,32	30,48	0,57	0,04
<i>Rhodeus amarus</i>	7,12	8,53	39,01	0,46	0,16
<i>Gobio obtusirostris</i>	6,38	7,65	46,65	0,44	0,16

Nastavak tablice 25

Vrsta	Prosječna različitost	Udio u ukupnoj različitosti (%)	Kumulativno (%)	Log prosječne brojnosti prva grupa u usporedbi	Log prosječne brojnosti druga grupa u usporedbi
<i>Cobitis elongatoides</i>	5,63	6,75	53,41	0,30	0,26
srednja M – niska P, ukupna prosječna različitost 84,36					
<i>Squalius cephalus</i>	8,76	10,38	10,38	0,66	0,23
<i>Carassius gibelio</i>	8,45	10,02	20,40	0,24	0,63
<i>Gobio obtusirostris</i>	8,14	9,65	30,05	0,51	0,00
<i>Cyprinus carpio</i>	6,77	8,03	38,08	0,06	0,59
<i>Alburnus alburnus</i>	6,64	7,87	45,95	0,48	0,14
<i>Rhodeus amarus</i>	6,59	7,81	53,76	0,46	0,10
srednja M – niska M, ukupna prosječna različitost 81,03					
<i>Squalius cephalus</i>	10,65	13,14	13,14	0,66	0,23
<i>Gobio obtusirostris</i>	10,39	12,82	25,97	0,51	0,16
<i>Carassius gibelio</i>	9,63	11,88	37,85	0,24	0,56
<i>Rhodeus amarus</i>	8,24	10,16	48,01	0,46	0,16
<i>Alburnus alburnus</i>	7,78	9,61	57,61	0,48	0,25
niska P – niska M, ukupna prosječna različitost 83,71					
<i>Carassius gibelio</i>	13,75	16,43	16,43	0,63	0,56
<i>Cyprinus carpio</i>	8,45	10,10	26,52	0,59	0,12
<i>Silurus glanis</i>	7,57	9,05	35,57	0,48	0,01
<i>Lepomis gibbosus</i>	7,33	8,76	44,33	0,23	0,10
<i>Squalius cephalus</i>	6,24	7,45	51,78	0,23	0,23

## 4.7. Pojavnost invazivnih vrsta riba

### 4.7.1. Pojavnost bezribice

Vrsta je zabilježena na 33 od 111 lokacija (prilog 1). Od testiranih modela, najbolje su ocijenjeni M7 i M8 koji su imali sličnu AIC vrijednost. Iz toga razloga je testiran novi, jednostavniji, model M13 u kojem su kombinirane zajedničke značajke iz modela M7 i M8. Daljnjim testiranjem je utvrđeno da se i taj novi model može pojednostaviti isključivanjem značajke provodljivosti, bez da postane značajno lošiji od prethodnog modela (razlika između njih je granična vrijednost od 2 AIC, vrijednosti preko 2 AIC se smatraju značajnima); ujedno je i testiranje modela M13 pokazalo da značajka provodljivosti nije statistički značajna u modelu što je opravdalo njeno isključivanje iz najoptimalnijeg, jednostavnijeg, modela M14 (tablica 26). Daljnja analiza s rezidualima modela je pokazala da je model validan.

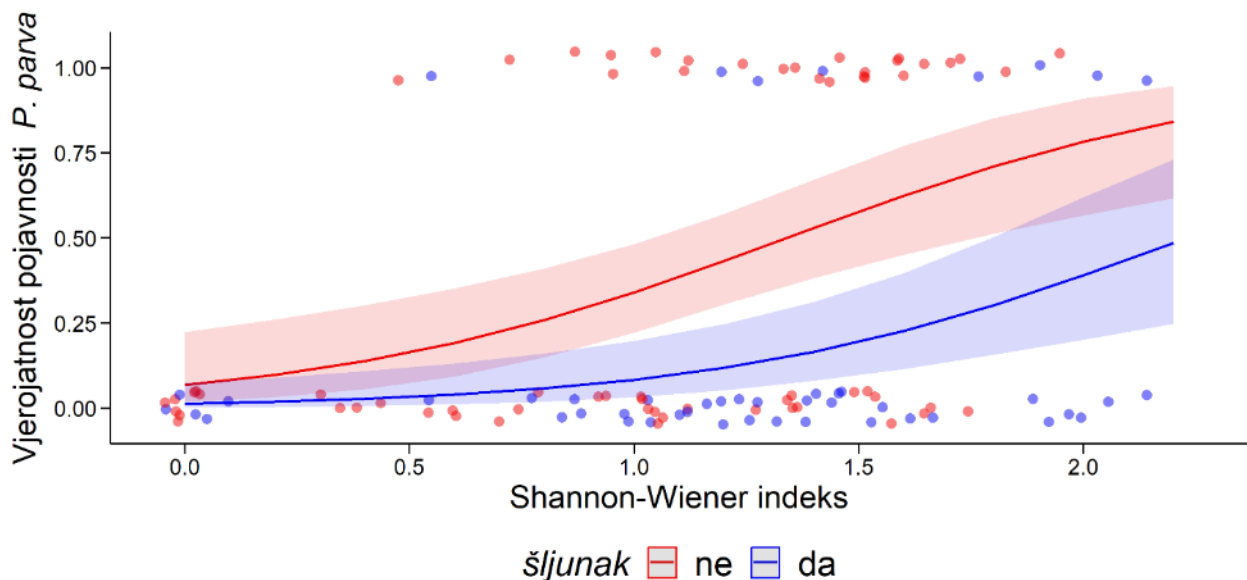
Finalni najpogodniji model koji predviđa vjerojatnost pojavljivanja bezribice je uključivao dvije značajke: prisutnost šljunka i Shannon-Wiener indeks kao mjeru bioraznolikosti (tablica 27). Model predviđa da je vjerojatnost pojavljivanja bezribice najveća na lokacijama bez šljunka (spori protok) s visokim vrijednostima Shannon-Wiener indeksa (raznolika zajednica riba) (grafikon 15).

Tablica 26. Modeli pojavnosti bezribice rangirani prema valjanosti od najboljeg do najgoreg (značajke su objašnjene u tablici 4)

Rang	Model	Značajke u modelu	AIC vrijednost
1	M14	šljunak + SWI	117
2	M13	šljunak + SWI + provodljivost	115
3	M8	šljunak + SWI + vegetacija + provodljivost	117
4	M7	šljunak + SWI + provodljivost + modifikacija + NNS	118
5	M3	predator + šljunak + vegetacija + SWI	120
6	M2	predator + šljunak + vegetacija + SWI + nadmorska visina + provodljivost + NNS + ribnjak	122
7	M4	šljunak + nadmorska visina + provodljivost	124
8	M6	predator + vegetacija + SWI	129
8	M5	predator + SWI + NNS + vegetacija + ribnjak	129
8	M9	šljunak + ribnjak + šljunak x ribnjak	129
11	M11	provodljivost + ribnjak + provodljivost x ribnjak	131
12	M12	šljunak + vegetacija + šljunak x vegetacija	134
13	M10	vegetacija + ribnjak + vegetacija x ribnjak	136
14	M1	Bez značajki okoliša	137

Tablica 27. Sažetak Bernoullijevog GLM za predviđanje vjerojatnosti pojavljivanja bezribice u području istraživanja

Koeficijent	Log-vjerojatnosti	Interval pouzdanosti (95%)	p vrijednost
(Početna vrijednost) <sub>bez šljunka</sub>	-2,61	-4,12 – -1,37	<0,01
šljunak prisutan	-1,73	-2,85 – -0,73	<0,01
Shannon-Wiener indeks	1,95	0,98 – 3,09	<0,01
Broj lokacija			111
R <sup>2</sup> Tjur			0,21



Grafikon 16. Grafički prikaz vjerojatnosti pojavljivanja bezribice u području istraživanja prema najoptimalnijem modelu

#### 4.7.2. Pojavnost sunčanice

Prisutnost vrste je ustanovljena na 22 od 111 lokacija (prilog 1). Od testiranih modela, najbolje su ocijenjeni M4, M8 i M9 koji su imali sličnu AIC vrijednost. Iz toga razloga je testiran novi, jednostavniji, model M10 u kojem su kombinirane zajedničke značajke iz tri najpogodnija modela. Daljnjim testiranjem je utvrđeno da se i taj novi model može pojednostaviti izbacivanjem značajke prisutnosti šljunka, bez da postane značajno lošiji od prethodnog modela (razlika između njih je vrijednost od 1 AIC, vrijednosti preko 2 AIC se smatraju značajnima); ujedno je i testiranje modela M10 pokazalo da značajka prisutnosti šljunka nije statistički značajna u modelu što je

dodatno opravdalo njeno isključivanje iz najpogodnijeg, jednostavnijeg, modela M11 (tablica 28). Daljnja analiza s rezidualima modela je pokazala da je model validan.

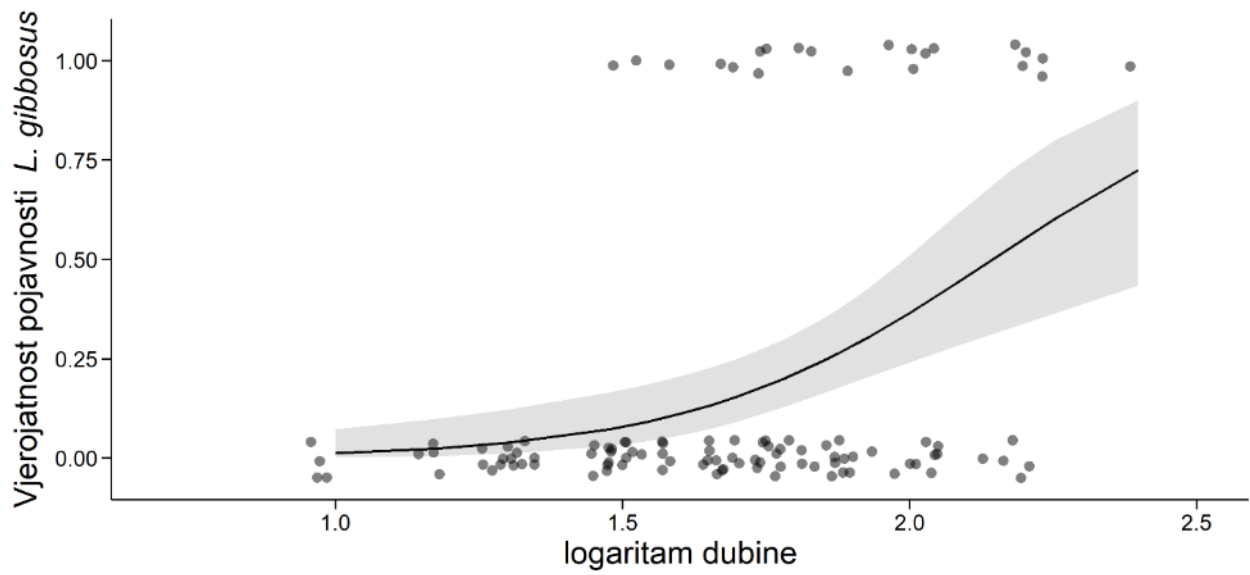
Finalni najpogodniji model koji predviđa pojavnost sunčanice uključivao je samo značajku dubine u logaritmiranom obliku (tablica 29). Model predviđa da vjerojatnost pojavnosti sunčanice raste s porastom dubine (grafikon 16).

Tablica 28. Modeli pojavnosti sunčanice rangirani prema valjanosti od najboljeg do najgoreg (značajke su objašnjene u tablici 5)

Rang	Model	Značajke u modelu	AIC vrijednost
1	M11	dubina	97
2	M10	šljunak + dubina	96
3	M4	turbiditet + šljunak + naselje + dubina + modifikacija	95
4	M8	šljunak + dubina + vegetacija	96
4	M9	šljunak + dubina + modifikacija	96
6	M6	predator + naselje + dubina + vegetacija	98
7	M2	turbiditet + šljunak + predator + naselje + drveće + dubina + modifikacija + vegetacija	98
8	M7	turbiditet + šljunak + drveće + modifikacija	105
9	M3	šljunak + predator + vegetacija	107
10	M1	Bez značajki okoliša	113
11	M5	predator + drveće + vegetacija	115

Tablica 29. Sažetak Bernoullijevog GLM za predviđanje vjerojatnosti pojavljivanja sunčanice u području istraživanja

Koeficijent	Log-vjerojatnosti	Interval pouzdanosti (95%)	p vrijednost
(Početna vrijednost)	-8,18	-12,43 – -4,68	<0,01
logaritam dubine	3,82	1,91 – 6,06	<0,01
Broj lokacija			111
R <sup>2</sup> Tjur			0,16



Grafikon 17. Grafički prikaz vjerojatnosti pojavnosti sunčanice u području istraživanja prema najoptimalnijem modelu



## 5. RASPRAVA

Zajednice riba zabilježene tijekom ovog istraživanja predstavljaju osiromašenu zajednicu rijeke Save, najveće rijeke ovog područja po kojem je i cijeli sliv dobio ime. U ovom su istraživanju zabilježene 42 vrste, među kojima 6 stranih, a najbrojnije su bile jedinke klena, dunavske krkuške, dvoprugaste uklije i babuške. Simonović i sur. (2014) pregledom recentnih istraživanja u slijevu Save su identificirali 74 vrste riba, od čega 15 stranih vrsta. Tijekom istraživanja su većinom uzorkovani mali vodotoci, manji broj srednje velikih vodotoka te samo rijeka Una od većih rijeka, dok je u pregledu Simonovića i sur. (2014) uključeno više velikih rijeka iz Hrvatske, Bosne i Hercegovine te Srbije, što je razlog većem broju zabilježenih vrsta u njihovom pregledu. Mihaljević i sur. (2011) istraživanjima provedenim na 47 vodotoka unutar panonske ekoregije Hrvatske zabilježili su 23 vrste riba u nizinskim malim tekućicama, 25 vrsta u nizinskim aluvijalnim tekućicama, te 39 vrsta u nizinskim srednje velikim i velikim tekućicama što je blizu broju vrsta iz ovog istraživanja.

Okolišna značajka nadmorske visine, kao najvažnija komponenta uzvodno-nizvodnog gradijenta, se u ovom istraživanju pokazala kao kriterij po kojem se ukupne zajednice riba najviše razlikuju, unatoč uskom rasponu nadmorskih visina od 75 do 193 m. Ekološka istraživanja diljem svijeta i Europe, provedena na puno širem rasponu nadmorskih visina, također ističu nadmorsku visinu kao jednu od najvažnijih okolišnih značajki duž koje se mijenjaju zajednice organizama, poput biljaka sisavaca i ptica (Sanders i Rahbek, 2012). Sličan uzorak je zabilježen i za zajednice riba globalno (Rahel i Hubert, 1991; Bhatt i sur., 2012; Cheng i sur., 2019) i u Europi (Askeyev i sur., 2017). Najčešće utvrđen obrazac je da se bioraznolikost kontinuirano smanjuje s nadmorskom visinom (Bhatt i sur., 2012; Askeyev i sur. 2017). U ovom istraživanju je indeks bioraznolikosti generalno manji na najvišim nadmorskim visinama, ali je jedina statistički značajna razlika utvrđena između srednje i više nadmorske visine. Razlog može biti što su na nižim nadmorskim visinama prisutni izrazito degradirani vodotoci na istoku Hrvatske u područjima intenzivne poljoprivrede u kojem je pronađen mali broj otpornih vrsta s malim brojem jedinki. Takvih lokacija nije bilo na srednjim nadmorskim visinama te je stoga tamo zabilježena najveća bioraznolikost. U interakciji oba faktora je isto tako jedina značajna razlika između prirodnih staništa na srednjoj nadmorskoj visini koja imaju najveću bioraznolikost i modificiranih staništa na visokoj nadmorskoj visini s ukupno najmanjom bioraznolikošću.

Mihaljević i sur. (2011) su u istraživanju tipskih zajednica panonske regije podijelili sastave riba na temelju veličine vodotoka i nadmorske visine. S padom nadmorske visine u zajednicu se uključuje sve više vrsta, a postupno se hladnovodne vrste zamjenjuju toplovodnima. Rahel i

Hubert (1991) su također zaključili da su zajednice na nižim nadmorskim visinama raznolikije nego one na višim i navode da su u višim područjima prisutni hladnovodni reofilni specijalisti koji se u nižim područjima zamjenjuju brojnijim toplovodnim generalistima i limnofilnim vrstama. Osim zamjene vrsta, u područjima gdje se okolišni gradijenti ne mijenjaju naglo, već postupno, dolazi do procesa dodavanja vrsta: u nizvodnom smjeru se pojavljuju nove vrste uz već prisutne zbog stabilnijih uvjeta u nizvodnom dijelu (Jackson i sur., 2001). Prema izloženom, promjena u sastavu zajednica riba duž gradijenta nadmorske visine se može odvijati adicijom, odnosno dodavanjem vrsta, u nizvodnom smjeru te zamjenom funkcionalnih grupa vrsta u vodotoku. U predmetnom istraživanju je očit obrazac zamjene zajednica: zajednice se mijenjaju iz reofilno-hladnovodnih prema toplovodnim generalistima, a ne adicijom vrsta nizvodno. Naime, osjetljivi hladnovodni reofili su bilježeni u vodotocima na najvišim nadmorskim visinama dok su na srednjim i niskim nadmorskim visinama malobrojni, a nekih vrsta poput peša i brkice uopće nema na najnižim nadmorskim visinama. Na najnižim nadmorskim visinama su zato najbrojnije bile toplovodne vrste koje su na visokim nadmorskim visinama zabilježene u vrlo maloj brojnosti, većinom u modificiranim staništima. Ovakav rezultat se poklapa i s predloženom teorijom "okolišnog filtera", prema kojem se iz zajednica najviše odvajaju oportunističke vrste koje nastanjuju mjesta s bržim protokom, hladnijom i oksigeniranom vodom, a hidraulički su uvjeti oni koji se najviše povezuju s evolucijskom adaptacijom bioloških i ekoloških karakteristika vrste (Blanck i sur., 2007). Prema autorima, prirodne izvorske dijelove vodotoka (u pravilu na višoj nadmorskoj visini) nastanjuju male vrste, kratkog životnog vijeka i niskog fekunditeta, poput krkušice, pijora, brkice, peša, koje su karakteristične za prirodne vodotoke visokih nadmorskih visina i u ovom istraživanju.

Sastav sedimenta je produkt geologije područja i fizikalnih procesa u vodotoku, te je također rezultat uzvodno-nizvodnog gradijenta (Haddadchi i sur., 2018). U ovom istraživanju je visok udio finog supstrata (mulj, pijesak) vezan uz modificirane lokacije i nisku nadmorsku visinu. Vodotoci na višim nadmorskim visinama obično imaju i veći nagib što dovodi do bržeg strujanja vode i smanjene stope sedimentacije sitnih čestica što dovodi do grubog sastava supstrata dna (kamenje, šljunak) u takvim vodotocima; s druge strane, finiji supstrat dna je najzastupljeniji u vodotocima manjeg nagiba korita sa smanjenim strujanjem vode gdje je sedimentacija povećana (Coulombe-Pontbriand i Lapointe, 2004). Hidromorfološki zahvati na vodotocima bržeg strujanja vode i grubog supstrata mogu dovesti do poremećaja u protoku što rezultira povećanom dubinom, sedimentacijom i zamuljivanjem dna (Auerswald i Geist, 2018) što na kraju dovodi i do promećene raspodjele vrsta u takvim sustavima (Poddubny i Galat, 1995; Kruk, 2007a; Jurajda i sur., 2010; Šmejkal i sur., 2023). Obično su vrste koje nastanjuju područja povećanog protoka svojim karakteristikama prilagođene i odgovarajućem supstratu dna pa odlažu jajašca na kamenje i šljunak (litofilne vrste); u ovom istraživanju su to peš, brkica, dvoprugasta uklija, potočna mrena,

mrena, veliki vijun, pijor koje je utvrdio i Mihaljević i sur. (2011). Ukoliko dođe do poremećaja u staništu koji dovodi do zamuljivanja, navedene vrste ostaju bez odgovarajućeg supstrata za mrijest što dovodi do kolapsa populacije litofilnih vrsta i njihovog nestanka iz tako promijenjenih staništa (Lau i sur., 2006; Kruk, 2007a).

Rezultati ovog istraživanja su također pokazali da je gradijent temperature vode pozitivno povezan s modificiranim staništima te ima suprotan smjer od nadmorske visine. Gornji dijelovi tokova na višim nadmorskim visinama u umjerenim klimatskim područjima obično predstavljaju hladnovodna staništa te se postupno mijenjaju prema toplovodnim staništima (Askeyev i sur., 2017), u skladu s već opisanim uzvodno-nizvodnim gradijentom. Pregrađivanje vodotoka dovodi do smanjenog protoka, a često se uklanja i riparijska vegetacija što dovodi do izloženosti suncu i povećanog zagrijavanja vode (Lau i sur., 2006; Hester i Doyle, 2011) što opet pogoduje toplovodnim limnofilima i generalistima te uzrokuje promjene u prirodnoj raspodjeli vrsta. Upravo zbog toga se i postotak visoke riparijske vegetacije pokazao kao značajan gradijent povezan s brojnošću većine reofilnih hladnovodnih zavičajnih vrsta riba. Postotak pokrovnosti vodenog bilja se povećavao sa smanjenjem riparijske vegetacije, što bi moglo ukazivati na povećani stupanj trofije (O'Hare i sur., 2018). U ovom istraživanju, pojedini izmijenjeni vodotoci na višoj nadmorskoj visini (Glogovica, Adžamovac, Reka, Lipnica, Rosinac, Malunja) su imali sličniju zajednicu vodotocima s niže nadmorske visine nego prirodnim vodotocima s više nadmorske visine što dovodi do zaključka da u njima dolazi do slične promjene izazvane antropogenim izmjenama. Najočitiiji primjer je bio potok Malunja: u uzvodnom, prirodnom, dijelu je vodotok nastanjen tipičnim hladnovodnim vrstama poput dvoprugaste uklije, pijora, brkice; na nizvodnom, modificiranom dijelu toka koji je kanaliziran, smanjenog protoka i prekriven muljem dominiraju toplovodna babuška i grgeč, a temperatura je viša za preko 2°C.

Širina i dubina vodotoka su odrednice veličine vodotoka. Veća vodena staništa se povezuju s većom bioraznolikošću jer veliki vodotoci pružaju raznolike stanišne uvjete i veću raznolikost resursa koji podržavaju širi spektar vrsta (Vannote i sur., 1980; Walrath i sur. 2016). Iznimka su vrlo degradirani vodotoci kojima nedostaje heterogenosti bez obzira na veličinu; obično su to široki, plitki kanali sa finim supstratom i nedostatkom riparijske vegetacije (Walrath i sur., 2016). U ovom istraživanju su širina i dubina vodotoka bile u pozitivnoj korelaciji s Shannon-Wiener indeksom kao mjerom bioraznolikosti. Veći vodotoci s povećanom bioraznolikošću su uglavnom bile više ili manje modificirane rijeke (Lonja, Una, Orjava, Sunja) ili stari kanali na kojima se već dugo ne provode hidromorfološki zahvati (Veliki i Mali Strug, Crnac) i koji su obrasli visokom riparijskom vegetacijom što je osiguralo određenu heterogenost staništa u obliku korijenja ili srušenog drveća u vodi. Na nekim od tih vodotoka su, među ostalim, zabilježene velike vrste poput

soma i šarana. Obje vrste zahtijevaju veća staništa, poput srednje velikih i velikih nizinskih rijeka, koja pružaju zaklon i dovoljno resursa za održavanje populacija tako velikih riba (Froese i Pauly, 2023) pa one ili uopće nisu zabilježene u malim vodotocima (som) ili su juvenilne jedinke zabilježene samo još u kanalima u blizini uzgojnih ribnjaka (šaran), što može biti rezultat bijega iz uzgojnih ribnjaka (Piria i sur., 2016). S druge strane, u vrlo malim vodotocima su najbrojnije bili otpornije reofilne vrste, klen i dunavska krkuša. Takvi vrlo mali (uski i plitki) vodotoci su obično zabilježeni na većim nadmorskim visinama i u njima nema puno jedinki drugih vrsta. To su većinom bili modificirani vodotoci i takva staništa su najčešća na južnim obroncima slavonskog sredogorja (potoci Borovac, Adžamovac, Rešetarica). U tim tipovima lotičkih staništa je kvaliteta staništa vrlo vjerojatno preniska za osjetljive reofilne vrste, kanalizirano korito i reducirana riparijska vegetacija su doveli do smanjenja heterogenosti staništa i povećanja temperature vode, a generalisti i strane vrste se većinom zadržavaju u širim i stabilnijim dijelovima toka nizvodno (Hermoso i sur., 2011). Nedostatak kompeticije drugih vrsta je klenu i dunavskoj krkuši omogućio veću brojnost u takvim staništima.

U analizi s uključenim stranim vrstama kao okolišnom varijablom se brojnost stranih vrsta pokazala kao najvažnija značajka, ispred nadmorske visine. Ako se usporede analiza ukupne zajednice i ova analiza, vidljivo je da je brojnost sve tri strane vrste najveća u smjeru suprotnom od smjera nadmorske visine, povezana s povećanom temperaturom i udjelom finog supstrata. Odnosno brojnost stranih vrsta je također rezultat uzvodno-nizvodnog gradijenta. Uz to, brojnost sve tri strane vrste je veća u hidromorfološki modificiranim staništima. Postoji nekoliko koncepata o utjecaju stranih vrsta slatkovodnih riba na degradaciju zavičajnih zajednica riba: one mogu biti glavni uzrok pada populacija, mogu biti jedan od uzroka pada uz degradaciju staništa, mogu biti samo trenutno prisutne kada je degradacija staništa glavni uzrok bez da imaju negativan utjecaj te mogu imati sinergistički utjecaj s utjecajem degradacije staništa (Hermoso i sur., 2011). Razlučiti bilo koji od ovih koncepata se pokazalo kao složen zadatak, jer čak i u istom tipu staništa, mediteranskim vodotocima, jedna skupina autora izlaže teoriju o degradiranom staništu kao uzroku pada zavičajnih populacija kada strane vrste samo iskorištavaju slobodnu nišu (Corbacho i Sanchez, 2001), a druga skupina zaključuje da su glavni uzrok pada populacija zavičajnih vrsta upravo strane vrste riba (Hermoso i sur., 2011). Većina istraživanih vodotoka iz ovog istraživanja ne potkrepljuju koncept koji uključuje strane vrste kao glavni uzrok pada populacija zavičajnih zajednica. Naime, u brojnim modificiranim i prirodnim vodotocima na nižim nadmorskim visinama strane i zavičajne vrste zajedno sačinjavaju raznolike i bogate zajednice, a čak je i brojnost mnogih zavičajnih vrsta povezana s brojnošću stranih vrsta. Vrste čija brojnost je najveća na lokacijama u kojima je brojnost stranih vrsta najmanja su redom hladnovodni reofili koji preferiraju staništa u kojima strane vrste nisu ni prisutne. Ni jedna od tri analizirane strane vrste, bezribica, sunčanica i

babuška, nije reofil (Rauch, 2022). Po literaturi, sve tri vrste preferiraju stajaćice ili spore dijelove toka gdje stvaraju najbrojnije populacije (Froese i Pauly, 2023). Brojnost, pa i pojava, jedinki stranih vrsta je bila vrlo mala u prirodnim vodotocima na visokim nadmorskim visinama. Čini se da su strane vrste najčešće prisutne kao dio zajednice sa zavičajnim vrstama na lokacijama u koje su unesene ili u koje su se proširile i koje im odgovaraju (Kennard i sur., 2005). Ovakav rezultat se može povezati i s teorijom prihvaćanja, prema kojoj bogata staništa mogu pružiti dovoljno resursa i niša da zavičajne zajednice kohabiraju s unesenim vrstama (Jeschke 2014). Obično se smatra da bogate nativne zajednice pokazuju veliku otpornost prema invaziji stranih vrsta, takozvanu biotičku otpornost (Elton, 1958), no više je autora zaključilo da koncept biotičke otpornosti nije uvijek primjenjiv na zajednice riba (Meador i sur., 2003; Gido i sur., 2004; Kennard i sur., 2005).

Blizina uzgojnog ribnjaka je bio stresor koji je bio značajno povezan s brojnošću svih stranih vrsta riba u zasebnoj analizi, dok u ukupnoj analizi nije bila značajna. Odvodni i dovodni kanali uzgojnih ribnjaka su u području istraživanja nizinska degradirana toplovodna staništa koja odgovaraju stranim vrstama, jer su redom toplovodni generalisti i limnofili. Takvi kanali u blizini ribnjačarstva su često naseljeni odbjeglih ribama iz ribnjaka, kako onim iz ciljanog uzgoja, tako i neželjenim vrstama iz ribnjaka poput bezribice i babuške (Bojarski i sur., 2022). Problem predstavlja što su i prirodni vodotoci u blizini ribnjaka kanalizirani kako bi se koristili u svrhu punjenja i pražnjenja ribnjaka, što utječe na sastav zajednice. To je vidljivo na potoku Okićnici i pritoku Gonjavi. Ušće Gonjave u Okićnicu je u prirodnom stanju, prevladavaju reofilni klen i dvoprugasta uklija, iako je već ovdje zabilježena prisutnost generalista poput obične uklije, grgeča, žutooke te strane babuške, sunčanice i bezribice. Dalje nizvodno, Okićnica je na području samog ribnjačarstva kanalizirana, reofilnih vrsta uopće nema, a najveća je brojnost obične uklije, bezribice i sunčanice. Ovakva promjena zajednice je mogući rezultat izmjene hidromorfoloških karakteristika vodotoka te kolonizacije iz ribnjaka.

Blizina poljoprivrednih površina, blizina naselja i provodljivost vode su značajke koje su ukazivale na moguća onečišćenja vode na uzorkovanim lokacijama (Eklov i sur., 1998; Loock i sur., 2015). Moguće je da bi uključivanje direktnih pokazatelja onečišćenja (kemijska analiza vode) u analizu objasnilo više varijabilnosti u sastavu vrsta, no to nije bilo provedeno u ovom istraživanju. Znakovito je da su pojedini melioracijski kanali u Slavoniji sadržavali izrazito degradirane zajednice riba što je vrlo vjerojatno posljedica aktivnosti u intenzivnoj poljoprivredi, poput prekomjernog korištenja pesticida i umjetnih gnojiva, no nije bilo moguće odvojiti kategorije poljoprivrednih površina na taj način zbog nedostatka takvih podataka. Vrijednosti pH su u većini

vodotoka bile u granicama prihvatljivosti za riblje zajednice (Popović, 2020) te također nije uočena značajna povezanost gradijenta pH i promjena u sastavu vrsta ribljih zajednica.

Klaster analizom su se uzorkovane zajednice podijelile na 6 većih grupa. Te grupe se mogu donekle usporediti s karakterističnim zajednicama referentnih tipova vodotoka panonske Hrvatske (Mihaljević i sur., 2011). Mihaljević i sur. (2011) predlažu pet kategorija vodotoka temeljenih samo na zavičajnim vrstama: gorske i prigorske male tekućice (dva tipa, salmonidni i ciprinidni), nizinske male tekućice, nizinske aluvijalne tekućice, nizinske srednje velike i velike tekućice te nizinske vrlo velike tekućice. Zajednice grupe A i B (iz klaster analize) su najbližnije gorskim i prigorskim malim tekućicama ciprinidnog tipa, s tim da grupa A predstavlja osiromašenu zajednicu grupe B, zbog više hidromorfološki modificiranih vodotoka. Grupa C obuhvaća vodotoke prijelaznog tipa, usporedive sa zajednicama nizinskih malih tekućica u kojima se povremeno pojavljuju strane vrste, ali se u maloj brojnosti pojavljuju šaran i crvenperka, karakteristični za nizinske aluvijalne tekućice. Grupe D, E i F su najbližnije zajednicama nizinskih aluvijalnih tekućica, s tim da je grupa F izrazito osiromašena zbog degradiranih vodotoka. Zanimljivo je i da su vodotoci s najviše nadmorske visine u ovom istraživanju još uvijek ispod 200 m nadmorske visine i teoretski spadaju u nizinske male tekućice, no zajednica je sličnija gorskim i prigorskim tekućicama. Razlog je što se zajednice ipak mijenjaju postupno, svaki vodotok je individualan i stoga je teško povući stroge granice između različitih tipova staništa.

Varijabilnost bioraznolikosti i sličnosti između zajednica lokacija sa istih vodotoka je bila individualna za svaki vodotok. Bioraznolikost uglavnom manje varira između lokacija sa istog vodotoka na istoj razini nadmorske visine i u istom hidromorfološkom stanju, a u većini slučajeva je i sličnost zajednica veća na takvim lokacijama. Ovakav rezultat upućuje na zaključak da gradijent okoliša (nadmorska visina) i stresori (hidromorfološka izmjena) imaju utjecaj na sastav zajednica i unutar istog vodotoka. Slično su utvrdili Czeglédi i sur. (2020): sastav vrsta unutar vodotoka je uglavnom diktiran prisutnim vrstama iz obližnjeg područja koje koloniziraju vodotok, a donekle je uočljiv utjecaj okolišnih gradijenata na sastav, dok stresori (urbanizacija) imaju najmanji ali značajan utjecaj. I oni napominju da je utjecaj na raspodjelu vrsta specifičan između vodotoka i regija. Zanimljivo je da je na rijeci Uni sličnost između zajednica s različitih dijelova toka mala, iako je tok većinom u prirodnom stanju. Usporedbom dvije lokacije (Una Dvor uzvodno i Una Slabinja uzvodno) čak nije pronađena ni jedna zajednička vrsta. U ovom dijelu Una predstavlja rijeku prijelaznog, srednjeg dijela toka (Simonović i sur., 2015) jer su bilježene vrste poput dvoprugaste uklije, velikog vijuna, babuške i šarana na relativno kratkom odsječku. Osim toga, Una je ovdje pogranična rijeka s Bosnom i Hercegovinom što je ograničilo mogućnost uzorkovanja (bila je dostupna samo jedna obala), a kao velika rijeka u prirodnom stanju ona ima i veliku

raznolikost mikrostaništa što omogućava takve drastične razlike u sastavu vrsta između relativno bliskih dijelova toka.

Klen je bio prisutan u svim kategorijama staništa podijeljenim po nadmorskoj visini i modifikaciji, u većini i najbrojniji ili pri vrhu brojnosti, a nešto manja brojnost je zabilježena samo u vodotocima na niskim nadmorskim visinama. Bio je prisutan među najutjecajnijim vrstama u svim SIMPER analizama. Ova vrsta je rasprostranjena u većem dijelu Europe. Nastanjuje tekućice od malih planinskih potoka do priobalnih dijelova sporotekućih nizinskih rijeka, no najbrojniji je u većim potocima i manjim rijekama u zoni mreine; prilagođen je i životu u većim jezerima u koje utječu tekućice, no primarno je reofil (Aarts i Nienhuis, 2003; Kottelat i Freyhof, 2007). Klen je potamodromna vrsta, migrira u sezoni mrijesta s obzirom da je litofil koji odlaže ikru na kamenje i šljunak, pa iz nizinskih dijelova rijeka i jezera odlazi uzvodno ili ulazi u manje protoke s odgovarajućim supstratom za mrijest (Mihaljević i sur., 2011; Froese i Pauly, 2023). U Hrvatskoj je zavičajna vrsta u dunavskom slijevu, ali je kroz 20. stoljeće unesen u pojedine vodotoke jadranskog slijeva gdje je uspostavio velike populacije (Pofuk i sur., 2017; Jelić i sur., 2016; Radočaj i sur., 2019). Klen podnosi lošiju kvalitetu vode (Jurajda i sur., 2010) i omnivorni je oportunist što mu omogućava prilagodbu na široki spektar plijena i okolišnih uvjeta (Balestrieri i sur., 2006). Zbog tih karakteristika klen je često među najbrojnijim vrstama u ihtiološkim istraživanjima u Europi (Jurajda i sur., 2010; Mueller i sur., 2018), Hrvatskoj (Habeković i sur., 1997; Kapuano i sur., 2002; Piria i sur. 2018) pa tako i u ovom istraživanju. Brojnost klena je bila najmanja u prirodnim i modificiranim vodotocima na niskoj nadmorskoj visini. Prirodni nizinski vodotoci su bili samo srednje velike i velike nizinske rijeke (Lonja, Studva, Una) u kojima klen inače ne dolazi u velikoj brojnosti (Kottelat i Freyhof, 2007). Mala brojnost u modificiranim malim vodotocima je rezultat izrazite degradacije nekoliko vodotoka u najnižim područjima. Iako je klen tolerantna vrsta, Kruk (2007a) navodi da mu se brojnost smanjuje u izrazito degradiranim staništima. Mueller i sur. (2018) također ističu da je populacija klena u Njemačkoj u padu u zadnjih nekoliko desetljeća što je rezultat višestrukih antropogenih stresora poput izmjene protoka, zamuljivanja, klimatskih promjena i unosa stranih vrsta.

Dunavska krkuša je bila prisutna u svim kategorijama vodotoka, a brojna u vodotocima visoke i srednje kategorije nadmorske visine, odmah iza klena. Također je bila među najutjecajnijim vrstama kod odvajanja zajednica u SIMPER analizi za sve tipove vodotoka osim onih na niskoj nadmorskoj visini. Dunavska krkuša je vrlo slična običnoj krkuši, *Gobio gobio*, a donedavno se čak smatralo da je dunavska krkuša podvrsta obične krkuše (Jelić i sur., 2018). U središnjoj Europi ove dvije vrste obitavaju u istim staništima i hibridiziraju (Zangl i sur., 2020) stoga je logična implikacija da su im i ekologija i biologija vrlo slični. Malo je dostupnih informacija o

dunavskoj krkuši dok je obična krkuša diljem Europe dobro istražena vrsta (Froese i Pauly, 2023.). Dunavska krkuša obitava u tekućicama i stajaćicama pjeskovitog dna u srednjem i gornjem dijelu dunavskog sliva i slivu rijeke Odre u Njemačkoj, no granice rasprostranjenosti još nisu do kraja utvrđene (Kottelat i Freyhof, 2007; Froese i Pauly, 2023). Mustafić i sur. (2005) za dunavsku krkušu (u svom radu ju spominju kao *G. gobio*) napominju da je prisutna u velikom broju tekućica savskog i dravskog sliva, od planinskih potoka do nizinskih rijeka, no kao reofil ipak preferira lotička staništa (Aarts i Nienhuis, 2003). Ovako širok raspon rasprostranjenost pokazuje da se, kao i kod klena, radi o vrlo prilagodljivoj i tolerantnoj reofilnoj vrsti koja može biti brojčano dominantna u vodotocima savskog slijeva (Jelić i sur., 2010), zbog čega je bila vrlo brojna u širokom rasponu staništa i u ovom istraživanju. Krkuša je psamofilni reofil, i njena dominacija se smatra indikatorom poremećaja u staništu, jer su psamofilni reofili često dominantni u degradiranim malim vodotocima (Kruk, 2007b). Kako i dunavska krkuša ima vrlo sličnu ekologiju, njena velika prisutnost u pojedinim modificiranim staništima visoke nadmorske visine, gdje osim klena i potočne mreže nije bilo zabilježeno puno drugih vrsta, također upućuje na poremećaj u zajednici takvih vodotoka.

Poslije klena i krkuše, dvoprugasta uklija i potočna mreža su bile najutjecajnije vrste kod razlikovanja zajednica vodotoka visokih nadmorskih visina. Dvoprugasta uklija je pokazivala najveću brojnost u prirodnim vodotocima visoke nadmorske visine, a bila je brojna i u prirodnim vodotocima srednje nadmorske visine. Ova vrsta je rasprostranjena u većini Europe i zapadne Azije, a obitava u brzim tekućicama bogatim kisikom i šljunčanim supstratom koji joj je nužan za mrijest; lokalno je ugrožena zbog modifikacije vodotoka i zagađenja (Kottelat i Freyhof, 2007). Modifikacije vodotoka često dovode do zamuljivanja korita, smanjenja brzine struje vode i pada količine kisika, što negativno utječe na populacije dvoprugaste uklije u modificiranim staništima (Lusk i sur., 1995; Valova i sur., 2006). To je vidljivo iz brojnosti ove vrste na području istraživanja, odnosno u velikoj razlici između brojnosti jedinki u prirodnim i izmijenjenim staništima.

Potočna mreža je također reofilna vrsta koja je bila najbrojnija u prirodnim vodotocima visoke nadmorske visine, ali kod nje je puno više bio izražen utjecaj uzvodno-nizvodnog gradijenta na brojnost: vrsta je bila brojnija u modificiranim staništima visoke nadmorske visine nego u prirodnim staništima srednje nadmorske visine. Ova vrsta je rasprostranjena u brzim i srednje brzim prigrorskim i gorskim tekućicama zapadnog dijela Balkanskog poluotoka (Kottelat i Freyhof, 2007). Potočna mreža je zabilježena u vodotocima s degradiranom riparijskom vegetacijom, povremenim vrlo niskim protocima tijekom ljetnih suša i lošom kvalitetom vode što implicira da je otporna na lošije uvjete okoliša, no supstrat vodotoka mora biti bar djelomično šljunkovit ili kamenit (Bertoli i sur., 2019; Pastorino i sur., 2021). To objašnjava veći utjecaj uzvodno-nizvodnog



gradijenta na brojnost jedinki potočne mreže, jer modifikacije poput kanaliziranja i degradacije riparijske vegetacije ne utječu na ovu vrstu u mjeri u kojoj utječu na druge osjetljive reofile ovog područja.

Gavčica je bila najbrojnija u vodotocima srednje nadmorske visine, te je imala velik utjecaj u SIMPER analizi razlikovanja zajednica tih vodotoka od ostalih kategorija. Bila je podjednako brojna u vodotocima visoke i niske nadmorske visine, puno manje no na srednjoj nadmorskoj visini. Njena brojnost u prirodnim i modificiranim staništima je bila podjednaka. Zanimljivo je da je gavčica u svim multivarijantnim analizama pokazala mali afinitet prema bilo kojem gradijentu okoliša te je bila vrsta najbliža ishodištu biplota u svim analizama. Ova vrsta je prisutna u većem dijelu Europe i zapadne Azije, no smatra se da je nativna u sjevernom dijelu crnomorskog slijeva odakle je unesena u ostatak Europe (Van Damme i sur., 2007). Gavčica nastanjuje stajačice i spore tekućice muljevitog i pjeskovitog dna u kojima su prisutni slatkovodni školjkaši, s obzirom da je ostrakofil koji odlaže ikru u ljušturu školjkaša (Kottelat i Freyhof, 2007). Smatra se da su populacije gavčice ugrožene zbog zagađenja vodotoka, odstranjivanja vodenog bilja i unosa predatorskih vrsta riba (Froese i Pauly, 2023), no neki autori ističu da je gavčica zapravo vrlo otporna toplovodni generalist čija velika brojnost indicira degradaciju kvalitete staništa (Van Damme i sur., 2007). Mala brojnost gavčice na visokim nadmorskim visinama je rezultat njene prilagođenosti na sporije tekućice, međutim, uzrok male brojnosti u vodotocima niske nadmorske visine nije očit. Kao ostrakofil, gavčica ovisi o populaciji zavičajnih slatkovodnih školjkaša u vodotoku te njena mala brojnost u najnižim vodotocima može biti rezultat pada populacije školjkaša (Tatoj i sur., 2017). U vodotocima savskog slijeva je sve češća pojava invazivnog školjkaša *Sinanodonta woodiana* koji je otporniji od zavičajnih vrsta na loše okolišne uvjete (Kraszewski i Zdanowski, 2007), a istovremeno nije pogodna vrsta za mrijest gavčice (Reichard i sur., 2012). Postoji mogućnost da *S. woodiana* istiskuje native školjkaše iz invadiranih vodotoka te na taj način smanjuje reproduktivni uspjeh gavčice u tim područjima. Ova invazivna vrsta se širi Dunavom, Savom i Dravom uzvodno, tako da je njena brojnost najveća u nizinskim pritocima ovih rijeka (Lajtner i Crnčan, 2011).

Strane vrste nisu uvrštene kao kategorijska nezavisna varijabla u ANOSIM i SIMPER analizu jer je od interesa bio sastav ukupnih zajednica, a u tom slučaju bi se strane vrste morale isključiti iz analize. Također je problematično odrediti granice kategorija brojnosti stranih vrsta, a i sama brojnost stranih vrsta je bila vezana uz gradijent nadmorske visine. Babuška je bila najbrojnija strana vrsta općenito i najbrojnija vrsta u vodotocima na niskoj nadmorskoj visini te najutjecajnije vrsta kod razlikovanja zajednica tih vodotoka. U nekoliko modificiranih staništa je babuška bila ili jedina zabilježena vrsta ili dominantna vrsta. Izrazita dominacije babuške ili njena

prisutnost kao jedine vrste u vrlo degradiranim staništima je rezultat njene iznimne otpornosti na neadekvadne uvjete sredine, kakvu zavičajne vrste ne posjeduju, zbog čega postaje najkompetitivnija vrsta (Ruppert i sur., 2017). U tom slučaju je opet degradacija staništa glavni uzrok pada populacije zavičajnih vrsta, a strana vrsta samo iskorištava otvorenu nišu kada potencijalno može imati zajednički ili sinergistički utjecaj s degradacijom staništa na pad populacije zavičajnih vrsta (Hermoso i sur., 2011). U prirodnim i manje degradiranim vodotocima babuška se pojavljuje uz ostale zavičajne vrste i ne pokazuje takvu dominaciju, dok je na najvišim nadmorskim visinama prisutna samo u modificiranim i degradiranim staništima poput nizvodnog dijela potoka Malunja i potoka Rosinac.

Bezribica najčešće nastanjuje lentičke ekosustave (Beyer i sur., 2007; Kapusta i sur., 2008), no njena prisutnost u rasponu lotičkih staništa od kanala do potoka potvrđuje njenu ekološku prilagodljivost i omogućava joj učinkovito širenje u novim područjima (Pollux i Korosi, 2006). Invazivna bezribica po rezultatima modeliranja u istraživanom području ima najveću vjerojatnost pojavljivanja u područjima sporog toka, s pješćanim i muljevitim dnom te bogatim ribljim zajednicama. Ove značajke su karakteristične za donje dijelove toka: spora voda omogućava sedimentaciju sitnih čestica, a stabilni uvjeti ovakvih staništa podržavaju bogate zajednice riba (Jackson i sur., 2001). Do sličnih uvjeta može doći i nakon hidromorfoloških modifikacija brzih vodotoka, kada lotičke zajednice poprimaju lentička obilježja, a reofilne vrste se zamjenjuju generalistima (Perkin i Bonner, 2011). Veća vjerojatnost pojavnosti bezribice u staništima velike bioraznolikosti također potkrepljuje „teoriju prihvaćanja“ koja se bazira na postavci da određena staništa mogu podržavati istovremenu prisutnost zavičajnih i stranih vrsta ako u njima ima dovoljno resursa (Jeschke, 2014). Brojnost vrste je naveća u dubljim vodotocima blizu uzgojnih ribnjaka. Zanimljivo je da blizina uzgojnog ribnjaka nije imala utjecaj na pojavnost bezribice, dok je pokazala povezanost s brojnošću ove vrste. Vjerojatno je bezribica svojim načinom širenja već zauzela sva pogodna staništa na što kazuje pojavnost vrste, ali je ipak najbrojnija u blizini uzgojnih ribnjaka u kojima obitava u vrlo velikom broju (Musil i sur., 2014) te su oni izvor velikog broja jedinki u bliskim vodotocima (Bojarski i sur. 2022). Hidromorfološko stanje vodotoka nije prepoznato kao značajka koja je povezana s pojavnosti bezribice. Ipak, treba napomenuti da je očit negativan utjecaj čovjeka na prirodne vodotoke ovog područja (Mrakovčić i sur., 2006). Pojedini prirodni vodotoci, osobito oni na višim nadmorskim visinama, su i dalje pogodno stanište reofilnim specijalistima zbog raznolikih mikrostaništa, zahvaljujući prirodno raznolikom supstratu dna i morfologiji korita (Lau i sur., 2006). Broj takvih vodotoka je smanjen gradnjom brana i pregrada što dovodi do zamuljivanja (Auerswald i Geist, 2018) i homogenizacije staništa (Lau i sur., 2006) te ih tako čini pogodnijim za naseljavanje generalistima, pa tako i bezribici koja ima veću vjerojatnost pojavnosti u takvim staništima. Učinkovito zaustavljanje širenja

i kontrola brojnosti ove vrste je praktički nemoguća zbog njene široke rasprostranjenosti u Hrvatskoj. Međutim, moguće je očuvati potoke u prirodnom stanju koji su uglavnom pogodni za zavičajne specijalizirane vrste riba i u kojima je prisutnost bezribice najmanje vjerojatna.

Sunčanica je rijetka vrsta u tekućicama, preferira stajaćice, a osobito izolirana lentička staništa (van Kleef i sur., 2008). U tekućicama obitava u mirnijim dijelovima toka (Froese i Pauly, 2023). U ovom istraživanju, dubina vodotoka je jedina značajka okoliša koja je u modelu prepoznata kao značajan prediktor pojavnosti sunčanice. Usto, i brojnost sunčanice je prema CCA analizi također veća u dubljim vodotocima. Osim toga, brojnost vrste je, kao i kod bezribice, veća u blizini uzgojnih ribnjaka. Pregledom literature se može naći podatak da je sunčanica jedna od neželjenih vrsta koja se može pojavljuje u šaranskim ribnjacima (Elektroprojekt, 2012), što bi objasnilo ovu veću brojnost kao i kod bezribice. Dubinu kao prediktor brojnosti sunčanice u maloj tekućici navode i Klaar i sur. (2004). U njihovom istraživanju se pojavnost sunčanice preklapala s pojavnosću velikih jedinki potočne pastrve; autori su to objasnili preferencijom obje vrste prema dubljim ujezerenim dijelovima malih potoka koji predstavljaju lentička staništa u uvjetima niskih protoka i u kojima sunčanica pronalazi prikladne stanišne uvjete. S obzirom da model u ovom istraživanju nije pokazao specifičnu preferenciju vrste ni prema jednom tipu staništa, osim dubine, moguće je da vrsta ima otežanu prirodnu migraciju u tekućicama i da je prisutna samo na sporadičnim nasumičnim mjestima unosima. Dublja mjesta i u gornjim i u donjim dijelovima vodotoka obično imaju sporiji protok što bi omogućilo uspostavljanje populacije na takvim staništima (Froese i Pauly, 2023). Sunčanica je pronađena na samo 22 lokacije što također može utjecati na ovakav rezultat s malo uključenih okolišnih značajki u modelu (mala statistička snaga zbog malo pozitivnih nalaza). Ovakav model ne omogućuje donošenje konkretnih zaključaka o pojavnosti vrste i mogućim aktivnostima u svrhu sprječavanja širenja. Malo istraživanja o ovoj vrsti je provedeno na malim tekućicama (Klaar i sur., 2004), a sama vrsta je okarakterizirana kao limnofil (Rauch, 2022); s obzirom na to, za utvrđivanje konkretnijih okolišnih preferencija bi u analizu trebalo ciljano uključiti veći broj pogodnih tipova staništa, poput stajaćica, mrtvica i rukavaca, koji nisu bili uključeni u ovom istraživanju.

## 6. ZAKLJUČCI

H1:

- U nizinskim vodotocima savskog slijeva na ukupan sastav ribljih zajednica najveći utjecaj ima uzvodno-nizvodni gradijent: nadmorska visina vodotoka, sastav supstrata dna vodotoka, dubina i širina vodotoka i temperature vode; osim toga značajno je i hidromorfološko stanje vodotoka.
- Brojnost stranih vrsta je pozitivno povezana s brojnošću zavičajnih toplovodnih generalista, a negativno s brojnošću zavičajnih hladnovodnih reofilnih specijalista.
- Od ostalih stresora, na sastav zavičajnih vrsta utjecaj ima i degradacija riparijske vegetacije te blizina uzgojnih ribnjaka koja također utječe na veću brojnost jedinki stranih vrsta.
- Indeks bioraznolikosti raste u nizvodnom smjeru zamjenom malobrojnih specijaliziranih reofilnih i hladnovodnih vrsta s većim brojem toplovodnih generalista te također raste sa širinom i dubinom vodotoka.
- Hidromorfološke izmjene ometaju prirodnu raspodjelu vrsta duž uzvodno-nizvodnog gradijenta te utječu i na prirodno povećanje bioraznolikosti u nizvodnom smjeru.

H2:

- Indeks bioraznolikosti manje varira unutar vodotoka koji su duž istraživanog toka u istom hidromorfološkom stanju i gdje nema velikih promjena nadmorske visine; sličnost zajednica riba je također u većini slučajeva veća na lokacijama unutar takvih vodotoka.
- Postoji značajna razlika u sastavu zajednica riba između vodotoka na različitim nadmorskim visinama i između vodotoka u različitom hidromorfološkom stanju.
- klen i dunavska krkušica su najznačajnije vrste kod odvajanja većine kategorija vodotoka podijeljenih po nadmorskoj visini i hidromorfološkoj modifikaciji.

H3:

- Najrasprostranjenije i najbrojnije vrste istraživanog područja su klen i dunavska krkušica. Iako reofili, obje vrste su prilagodljive i tolerantne na lošije okolišne uvjete što im omogućava veliku brojnost u većini tekućica istraživanog područja.
- Zavičajne osjetljive vrste poput potočne mrešve, dvoprugaste uklije, brkice, peša, pijora preferiraju vodotoke u neizmijenjenom hidromorfološkom stanju na višim nadmorskim visinama gdje je brojnost stranih vrsta najmanja; na srednjim nadmorskim visinama i u

dijelu vodotoka na niskim nadmorskim visinama obitavaju najbogatije zajednice zavičajnih i stranih vrsta riba, dok degradirana kanalizirana staništa u nižim područjima nastanjuje vrlo otporna strana vrsta babuška uz povremenu prisutnost tolerantnih zavičajnih vrsta, najčešće običnog vijuna.

- Na temelju prikupljenih podataka nije moguće utvrditi izravan negativan utjecaj stranih vrsta na zavičajne zajednice jer je brojnost stranih vrsta povezana s uzvodno-nizvodnim gradijentom i hidromorfološkom modifikacijom staništa.

H4:

- Invazivna vrsta bezribica ima najveću vjerojatnost pojavnosti u sporijim dijelovima toka bez šljunkovitog supstrata i s velikim bogatstvom ostalih vrsta riba.
- Vjerojatnost pojavnosti invazivne vrste sunčanice raste s dubinom vodotoka te nije utvrđena značajna povezanost ni s jednom drugom okolišnom značajkom.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Aarts B.G.W., Nienhuis P.H. (2003). Fish zonations and guilds as the basis for assessment of ecological integrity of large rivers. *Hydrobiologia* 500(1-3): 157–178.
2. Agostinho A.A., Alves D.C., Gomes L.C., Dias R.M., Petrere Jr M., Pelicice F.M. (2021). Fish die-off in river and reservoir: A review on anoxia and gas supersaturation. *Neotropical Ichthyology* 19. doi:10.1590/1982-0224-2021-0037
3. Almeida D., Almodóvar A., Nicola G.G., Elvira, B. (2009). Feeding tactics and body condition of two introduced populations of pumpkinseed *Lepomis gibbosus*: taking advantages of human disturbances?. *Ecology of Freshwater Fish* 18: 15-23. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2008.00317.x>
4. Almeida D., Merino-Aguirre R., Vilizzi L., Copp G.H. (2014). Interspecific aggressive behaviour of invasive pumpkinseed *Lepomis gibbosus* in Iberian fresh waters. *PLoS One* 9(2): e88038. doi:10.1371/journal.pone.0088038
5. Arthington A.H., Hamlet S., Bluhdorn D.R. (1990). The role of habitat disturbance in the establishment of introduced warm-water fishes in Australia. U: *Introduced and Translocated Fishes and their Ecological Effects*. (ur. Pollard D. A.). Bureau of Rural Resources Proceedings No. 8. Australian Government Publishing Service, Canberra, str. 61-66.
6. Arthington A.H., Milton D.A., McKay R.J. (1983). Effects of urban development and habitat alterations on the distribution and abundance of native and exotic freshwater fish in the Brisbane region, Queensland. *Australian Journal of Ecology* 8: 87–101.
7. Askeyev A. , Askeyev O. , Yanybaev N., Askeyev I., Monakhov S., Marić S., Hulsman K. (2017). River fish assemblages along an elevation gradient in the eastern extremity of Europe. *Environ Biol Fish* 100: 585–596. doi:10.1007/s10641-017-0588-z
8. Auerswald K., Geist J. (2018). Extent and causes of siltation in a headwater stream bed: catchment soil erosion is less important than internal stream processes. *Land Degrad. Develop.* 29: 737– 748. doi:10.1002/ldr.2779.

9. Balestrieri A., Prigioni C., Remonti L., Sgrosso S., Priore G. (2006). Feeding ecology of *Leuciscus cephalus* and *Rutilus rubilio* in Southern Italy. *Italian Journal of Zoology* 73:129-135. doi:10.1080/11250000600679561
10. Bašić T. (2009). Ihtiofauna potoka Medvednice. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
11. Benoit D.M., Jackson D.A., Chu C. (2021). Partitioning fish communities into guilds for ecological analyses: an overview of current approaches and future directions. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 78 (7): 984-993. doi: 10.1139/cjfas-2020-0455
12. Bertoli M., Pizzul E., Devescovi V., Franz F., Pastorino P., Giulianini P.G., Ferrari C., Nonnis Marzano F. (2019). Biology and distribution of Danube barbel (*Barbus balcanicus*) (Osteichthyes: Cyprinidae) at the Northwestern limit of its range, *The European Zoological Journal* 86:1: 280-293. doi:10.1080/24750263.2019.1647298
13. Beyer K., Copp G.H., Gozlan R.E. (2007). Microhabitat use and interspecific associations of introduced topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva* and native fishes in a small stream. *J Fish Biol* 71:224–238. doi:10.1111/j.1095-8649.2007.01677.x
14. Bhatt J.P., Manish K., Pandit M.K. (2012). Elevational gradients in fish diversity in the Himalaya: water discharge is the key driver of distribution patterns. *PLoS One* 7(9): e46237. doi:10.1371/journal.pone.0046237
15. Bierschenk A.M., Mueller M., Pander J., Geist J. (2019). Impact of catchment land use on fish community composition in the headwater areas of Elbe, Danube and Main. *Science of the Total Environment* 652: 66-74. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.218.
16. Blanck A., Tedesco P.A., Lamouroux N. (2007). Relationships between life-history strategies of European freshwater fish species and their habitat preferences. *Freshw. Biol.* 52: 843–859. doi:10.1111/j.1365-2427.2007.01736.x
17. Bojarski B., Jakubiak M., Szczerbik P., Bień M., Klaczak A., Stański T., Witeska M. (2022). The influence of fish ponds on fish assemblages of adjacent watercourses. *Polish Journal of Environmental Studies* 31(1): 609-617. <https://doi.org/10.15244/pjoes/140561>

18. Boršić I., Ješovnik A., Mihinjač T., Kutleša P., Slivar S., Cigrovski Mustafić M., Desnica S. (2018). Invasive alien species of Union concern (Regulation 1143/2014) in Croatia. *Natura Croatica* 27 (2): 357-398. doi:10.20302/nc.2018.27.26.
19. Bošnjir J., Puntarić D., Šmit Z., Klarić M., Grgić M., Kosanović L. (2007). Organochlorine pesticides in freshwater fish from the Zagreb area. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* 58: 187–193. doi: 10.2478/v10004-007-0011-9
20. Branco P., Segurado P., Santos J.M., Pinheiro P., Ferreira M.T. (2012). Does longitudinal connectivity loss affect the distribution of freshwater fish? *Ecological Engineering* 48:70–78. doi:10.1016/j.ecoleng.2011.05.008
21. Braysher M. (2006). Management of pest fish. U: Emerging issues in alien fish management in the Murray–Darling Basin (ur. Ansell D., Jackson P.). Murray–Darling Basin Authority: Canberra, Australia, str. 33-39.
22. Britton J.R. (2012). Testing strength of biotic resistance against an introduced fish: inter-specific competition or predation through facultative piscivory? *PLoS One* 7(2):e31707. doi:10.1371/journal.pone.0031707
23. Brown L.R., Cuffney T.F., Coles J.F., Fitzpatrick F., McMahon G., Steuer J., Bell A.H., May J.T. (2009). Urban streams across the USA: lessons learned from studies in 9 metropolitan areas. *Journal of the North American Benthological Society* 28: 1051–1069. doi:10.1899/08-153.1
24. Brysiewicz A., Czerniejewski P., Bonisławska M. (2020). Effect of diverse abiotic conditions on the structure and biodiversity of ichthyofauna in small, natural water bodies located on agricultural lands. *Water* 12(10):2674. doi:10.3390/w12102674
25. Bučar M., Delić A., Kučinić M., Vilenica M. (2010). Paklare i ihtiofauna riječnih tokova Zrinske gore. U: Zrinska gora : regionalni park prirode (ur. Bučar M.). Grad Petrinja, Sisačko-moslavačka županija, Sveučilište u Zagrebu, Učiteljski fakultet – Odsjek Petrinja, Matica Hrvatska – Ogranak Petrinja, str. 198-207.
26. Bučas M., Lesutienė J., Nika N., Skersonas A., Ivanauskas E., Srėbaliėnė G., Tiškus E., Gintauskas J., Šaškov A., Martin G. (2022). Juvenile fish associated with pondweed and charophyte habitat in the Curonian lagoon. *Front. Mar. Sci.* 9: 862925. doi: 10.3389/fmars.2022.862925



27. Calhoun D., McDevitt-Galles D., Johnson P. (2018). Parasites of invasive freshwater fishes and the factors affecting their richness. *Freshw Sci.* 37(1): 134–146. doi: 10.1086/696566.
28. Carol J., Benejam L., Benito J., García-Berthou E. (2009). Growth and diet of European catfish (*Silurus glanis*) in early and late invasion stages. *Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie* 174: 317–328. doi: 10.1127/1863-9135/2009/0174-0317
29. Carosi A., Ghetti L., Lorenzoni M. (2016). Status of *Pseudorasbora parva* in the Tiber River Basin (Umbria, central Italy) 20 years after its introduction. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems* 22. doi:10.1051/kmae/2016009
30. Çiçek E., Sungur S., Fricke R. (2020). Freshwater lampreys and fishes of Turkey; a revised and updated annotated checklist. *Zootaxa* 4809: 241–270.
31. Cheng D., Zhao X., Song J., Sun H., Wang S., Bai H., Li Q. (2019). Quantifying the distribution and diversity of fish species along elevational gradients in the Weihe river basin, Northwest China. *Sustainability* 11 (21): 6177. doi:10.3390/su11216177
32. Chesney E.J., Baltz D.M., Thomas R.G. (2000). Louisiana estuarine and coastal fisheries and habitats: perspectives from a fish's eye view. *Ecol Appl.* 10(2): 350–66. doi:10.1890/10510761(2000)010[0350:LEACFA]2.0.CO;2
33. Clarke K.R., Green R.H. (1988). Statistical design and analysis for a 'biological effects' study. *Marine Ecology Progress Series* 46: 213-226.
34. Clarke K.R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18(1): 117–143. doi: 10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x.
35. Comte L., Grenouillet G. (2013). Do stream fish track climate change? Assessing distribution shifts in recent decades. *Ecography* 36 (11): 1236–1246. doi:10.1111/j.1600-0587.2013.00282.x
36. Corbacho C., Sánchez J.M. (2001). Patterns of species richness and introduced species in native freshwater fish faunas of a Mediterranean-type basin: the Guadiana River (southwest Iberian Peninsula). *Regul. Rivers: Res. Mgmt.*, 17: 699-707. doi:10.1002/rrr.631

37. Coulombe-Pontbriand M., Lapointe, M. (2004). Geomorphic controls, riffle substrate quality, and spawning site selection in two semi-alluvial salmon rivers in the Gaspé Peninsula, Canada. *River Research and Applications* 20: 577–590. doi:10.1002/rra.768
38. Coutant C.C. (1987). Thermal preference: when does an asset become a liability? *Environmental Biology of fishes* 18: 161–172. doi:10.1007/BF00000356
39. Crivelli A.J. (1995). Are fish introductions a threat to endemic freshwater fishes in the northern Mediterranean region? *Biological Conservation* 72(2): 311–319. doi:10.1016/0006-3207(94)00092-5
40. Csorbai B., Pereszlényi Á., Kovács R., Urbányi B., Horváth L. (2014). The habitat use and selectivity by topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*). *Acta Zool. Acad. Sci. Hung.* 60: 389–400.
41. Czeglédi I., Kern B., Tóth R., Seress G., Erős T. (2020). Impacts of urbanization on stream fish assemblages: the role of the species pool and the local environment. *Frontiers in Ecology and Evolution* 8. doi:10.3389/fevo.2020.00137
42. Čaleta M., Buj I., Mrakovčić M., Mustafić P., Zanella D., Marčić Z., Duplić A., Mihinjač T., Katavić I. (2015). *Hrvatske endemske ribe*. Zagreb, Agencija za zaštitu okoliša.
43. Čaleta M., Marčić Z., Buj I., Zanella D., Mustafić P., Duplić A., Horvatić S. (2019). A review of extant Croatian freshwater fish and lampreys - Annotated list and distribution. *Croatian journal of fisheries. Ribarstvo* 77 (3): 136-232. doi:10.2478/cjf-2019-0016.
44. Čaleta M. (2007). *Ekološke značajke ihtiofaune nizinskog dijela rijeke Save*. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
45. Delić A. (1989). Ihtiofauna rijeke Ilove u području gornjeg Poilovlja (središnja Hrvatska). *Ribarstvo Jugoslavije* 44 (2): 26-28.
46. de Zwart D., Dyer S.D., Posthuma L., Hawkins C.P. (2006). Predictive models attribute effects on fish assemblages to toxicity and habitat alteration. *Ecol Appl.* 16(4): 1295-310. doi: 10.1890/1051-0761(2006)016[1295:pmaeof]2.0.co;2

47. Dibble E.D., Kovalenko K. (2009). Ecological impact of grass carp: a review of the available data. *Journal of Aquatic Plant Management* 47: 1–15.
48. Dickey J.W.E., Coughlan N.E., Dick J.T.A., Médoc V., McCard M., Leavitt P.R., Lacroix G., Fiorini S., Millot A., Cuthbert R.N. (2021). Breathing space: deoxygenation of aquatic environments can drive differential ecological impacts across biological invasion stages. *Biological Invasions* 23: 2831–2847. doi: 10.1007/s10530-021-02542-3
49. Dudgeon D., Arthington A.H., Gessner M.O., Kawabata Z.I., Knowler D.J., Lévêque C., Naiman R.J., Prieur-Richard A.H., Soto D., Stiassny M.L.J., Sullivan C.A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81: 163-182. doi:10.1017/S1464793105006950
50. Dunlop J.E., McGregor G., Horrigan N. (2005). Potential impacts of salinity and turbidity in riverine ecosystems: characterisation of impacts and a discussion of regional target setting for riverine ecosystems in Queensland. Brisbane, QLD: Queensland Department of Natural Resources and Water
51. Duplić A., Čaleta M., Marčić Z., Zanella D., Mrakovčić M., Katušić L. (2012). Raznolikost i očuvanost ihtiofaune rijeke Une. U: 11. Hrvatski biološki kongres : zbornik sažetaka (ur. Jelaska S. D., Klobučar G. I. V., Šerić Jelaska L., Leljak Levanić D, Lukša Ž.). Zagreb: Hrvatsko biološko društvo 1885, str. 197-198.
52. Earle S. (2019). *Physical Geology – 2nd Edition*. Victoria, B.C.: BC campus. <https://opentextbc.ca/physicalgeology> (pristupljeno 15.04.2023.)
53. Elektroprojekt (2012). Procjena rizika unosa i uzgoja kanalskog soma (*Ictalurus punctatus*). Studija. Elektroprojekt, Zagreb. Preuzeto s: [https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/akvakultura/alieni/Studija%20Procjena%20rizika%20unosa%20i%20uzgoja%20kanalskog%20somića%20\(Ictalurus%20punctatus\),%20rujan%202012..pdf](https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/akvakultura/alieni/Studija%20Procjena%20rizika%20unosa%20i%20uzgoja%20kanalskog%20somića%20(Ictalurus%20punctatus),%20rujan%202012..pdf) [pristupljeno 10.08.2023.]
54. Elton C.S. (1958). *The ecology of invasions by animals and plants*. Methuen, London, UK.

55. Europska komisija (2016). Commission Implementing Regulation (EU) 2016/1141 of 13 July 2016 adopting a list of invasive alien species of Union concern pursuant to Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council. Preuzeto s: [http://data.europa.eu/eli/reg\\_impl/2016/1141/oj](http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2016/1141/oj) [pristupljeno 05.05.2023.]
56. Europska komisija (2019). Commission Implementing Regulation (EU) 2019/1262 of 25 July 2019 amending Implementing Regulation (EU) 2016/1141 to update the list of invasive alien species of Union concern. Preuzeto s: [http://data.europa.eu/eli/reg\\_impl/2019/1262/oj](http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2019/1262/oj) [pristupljeno 05.05.2023.]
57. Europska komisija (2022). Commission Implementing Regulation (EU) 2022/1203 of 12 July 2022 amending Implementing Regulation (EU) 2016/1141 to update the list of invasive alien species of Union concern. Preuzeto s: [http://data.europa.eu/eli/reg\\_impl/2022/1203/oj](http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2022/1203/oj) [pristupljeno 05.05.2023.]
58. Franklin P.A. (2014). Dissolved oxygen criteria for freshwater fish in New Zealand: a revised approach. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 48(1): 112-126. doi: 10.1080/00288330.2013.827123
59. Froese R., Pauly D. (ur.) (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication, version (02/2023). Preuzeto s: <https://www.fishbase.org> [pristupljeno 26.07.2023.]
60. Fullerton A.H., Burnett K.M., Steel E.A., Flitcroft R.L., Pess G.R., Feist B.E., Torgersen C.E., Miller D.J., Sanderson B.L. (2010). Hydrological connectivity for riverine fish: measurement challenges and research opportunities. *Freshwater Biology* 55: 2215–2237.. doi:10.1111/j.1365-2427.2010.02448.x
61. Gido K.B., Schaefer J.F., Pigg J. (2004). Patterns of fish invasions in the Great Plains of North America. *Biological Conservation* 118(2): 121–131. doi:10.1016/j.biocon.2003.07.015
62. Gomes-Silva G., Cyubahiro E., Wronski T., Riesch R., Apio A., Plath M. (2020). Water pollution affects fish community structure and alters evolutionary trajectories of invasive guppies (*Poecilia reticulata*). *Science of The Total Environment* 730: 138912.. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138912

63. Greenwood, M. (2022). Intermediate Statistics with R. Montana State University. Preuzeto s: [https://stats.libretexts.org/Bookshelves/Advanced\\_Statistics/Intermediate\\_Statistics\\_with\\_R\\_\(Greenwood\)](https://stats.libretexts.org/Bookshelves/Advanced_Statistics/Intermediate_Statistics_with_R_(Greenwood)) [pristupljeno 8.8.2022]
64. Habdija, I. (2009) Ekološko istraživanje površinskih kopnenih voda u Hrvatskoj prema kriterijima okvirne direktive o vodama (Sinteze i zaključci). Studija, Hrvatske vode, Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu i Elektroprojekt d.d., Zagreb.
65. Habeković D., Safner R., Aničić I., Treer T. (1997). Ihtiofauna dijela rijeke Save. Ribarstvo: znanstveno-stručni časopis za ribarstvo 55 (3): 99-110.
66. Haddadchi A., Booker D.J., Measures R.J. (2018). Predicting river bed substrate cover proportions across New Zealand. CATENA, 163, 130–146. doi:10.1016/j.catena.2017.12.014
67. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica, 4, 9 p. Preuzeto s: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm) [pristupljeno 08.11.2022.]
68. Han J.H., Paek W.K., An K.G. (2016). Exotic species, *Micropterus salmoides*, as a key bioindicator influencing the reservoir health and fish community structure. Journal of Asia-Pacific Biodiversity 9: 403–411. doi:10.1016/j.japb.2016.10.002
69. Hermoso V., Clavero M., Blanco-Garrido F., Prenda J. (2011). Invasive species and habitat degradation in Iberian streams: an analysis of their role in freshwater fish diversity loss. Ecological Applications 21: 175-188. doi:10.1890/09-2011.1
70. Hester E. T., Doyle M. W. (2011). Human impacts to river temperature and their effects on biological processes: a quantitative synthesis. Journal of the American water resources association 47(3): 571–587. doi:10.1111/j.1752-1688.2011.00525.x
71. Hitt N.P., Chambers D.B. (2014). Temporal changes in taxonomic and functional diversity of fish assemblages downstream from mountaintop mining. Freshw Sci 33 (3): 915-926. doi:10.1086/676997
72. Horvatić S., Zanella D., Marčić Z., Mustafić P., Buj I., Onorato L., Ivić L., Karlović R., Čaleta M. (2022). First report of the Chinese sleeper *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 in the Drava River, Croatia. BiolInvasions Records 11(1): 250266. doi:10.3391/bir.2022.11.1.26

73. Hrvatske vode (2015). Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. [GIS podloga ustupljena 25.3.2022]
74. Huet M. (1959). Profiles and biology of Western European streams as related to fish management. *Trans Am Fish Soc* 88(3): 155-163.
75. Jackson D.A, Peres-Neto P.R, Olden J.D. (2001). What controls who is where in freshwater fish communities - the roles of biotic, abiotic, and spatial factors. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58 (1): 157–70. doi: 10.1139/cjfas-58-1-157.
76. Jackson D. (2002). Ecological effects of *Micropterus* introductions: the dark side of black bass. U: *Black bass: ecology, conservation, and management* (ur. Philipp D., Ridgway M.). American Fisheries Society Symposium, Vol. 31. American Fisheries Society, Bethesda, str. 221–232
77. Jelić D., Jelić M., Žutinić P., Šimunović I., Zupančić P., Naseka A.M. (2018). Distribution of endangered Italian gudgeon *Romanogobio benacensis* (Cypriniformes; Cyprinidae; Gobioninae) with remarks on distinguishing morphological characters. *ZooKeys* 729: 103–127. doi:10.3897/zookeys.729.20615
78. Jelić D., Jelić M., Žutinić P. (2010). Prilog poznavanju ihtiofaune rijeke Česme (središnja Hrvatska). *Ribarstvo* 68 (3): 95-104.
79. Jelić D., Špelić I., Žutinić P. (2016). Introduced species community over-dominates endemic ichthyofauna of high Lika plateau (Central Croatia) over a 100 year period. *Acta zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 62 (2), 191-216. doi:10.17109/AZH.62.2.191.2016
80. Jelić D., Žutinić P., Jelić M. (2009). Značaj i karakteristike ihtiofaune rijeke Ilove (središnja Hrvatska). *Ribarstvo* 67 (2): 53-61.
81. Jeschke J.M. (2014). General hypotheses in invasion ecology. *Diversity Distrib.* 20: 1229-1234. doi:10.1111/ddi.12258
82. Johansson U. (2013). Stream channelization effects on fish abundance and species composition. Linköping universitet,, Department of Physics, Chemistry and Biology, Linköping, Sweden, diplomski rad, str. 19.

83. Jugović D. (2005). Ihtiofauna vodotoka južnih padina Psunja. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
84. Jurajda P., Adámek Z., Janáč M., Valová Z. (2010). Longitudinal patterns in fish and macrozoobenthos assemblages reflect degradation of water quality and physical habitat in the Břilina river basin. *CAAS Agricultural Journals* 55(3):123-136. doi:10.17221/14/2009-CJAS
85. Kapušano D. (2002). Ihtiofauna lijevih pritoka rijeke Save. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
86. Kapusta, A., Bogacka-Kapusta, E., Czarnecki, B. (2008). The significance of stone moroko *Pseudorasbora parva* (Temminck and Schlegel) in the small-sized fish assemblages in the littoral zone of the heated Lake Lichenskie. *Arch Pol Fish* 16:49–62. doi: 10.2478/s10086-008-0004-6
87. Kennard M.J., Arthington A.H., Pusey B.J., Harch B.D. (2005). Are alien fish a reliable indicator of river health?. *Freshwater Biology* 50: 174–193. doi:10.1111/j.1365-2427.2004.01293.x
88. Kiernan J.D., Moyle P.B., Crain P.K. (2012). Restoring native fish assemblages to a regulated California stream using the natural flow regime concept. *Ecol. Appl.* 22 (5): 1472–1482. doi: 10.1890/11-0480.1
89. Klaar M., Copp G.H., Horsfield R. (2004) Autumnal habitat use of non-native pumpkinseed *Lepomis gibbosus* and associations with native fish species in small English streams. *Folia Zool* 53:189–202.
90. Kolarević S., Aborgiba M., Kračun-Kolarević M., Kostić J., Simonović P., Simić V., Milošković A., Reischer G., Farnleitner A., Gačić Z., Milačić R., Zuliani T., Vidmar J., Pergal M., Piria M., Paunović M., Vuković-Gačić B. (2016). Evaluation of Genotoxic Pressure along the Sava River. *PLoS ONE* 11(9): e0162450. doi: 10.1371/journal.pone.0162450
91. Konopiński M.K. (2020). Shannon diversity index: a call to replace the original Shannon's formula with unbiased estimator in the population genetics studies. *PeerJ*. Jun 29;8:e9391. doi:10.7717/peerj.9391.
92. Kottelat M., Freyhof J. (2007). Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin. 646 pp.

93. Knight S.S., Cullum R.F., Shields F.D. Jr., Smiley P.C. (2012). Effects of Channelization on fish biomass in river ecosystems. *Journal of Environmental Science and Engineering A* 1: 980-985.
94. Kraszewski A., Zdanowski B. (2007). *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Mollusca). A new mussel species in Poland: occurrence and habitat preferences in a heated lake system. *Pol J Ecol* 55: 337-356.
95. Kruk A., Cieplucha M., Zięba G., Tybulczuk S., Tszydel M., Marszał L., Błońska D., Galicka W., Przybylski M. (2016). Recovery of fish fauna in the upper Warta River, Poland: Long-term (1963–2012) monitoring study. *Ecological Informatics* 33: 109–118. doi:10.1016/j.ecoinf.2016.04.006
96. Kruk A. (2007a). Role of habitat degradation in determining fish distribution and abundance along the lowland Warta River, Poland. *Journal of Applied Ichthyology* 23: 9-18. doi:10.1111/j.1439-0426.2006.00784.x
97. Kruk A. (2007b). Long-term changes in fish assemblages of the Widawka and Grabia Rivers (Poland): pattern recognition with a Kohonen artificial neural network. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 43: 253–269.. doi:10.1051/limn:2007004
98. Lajtner J., Crnčan P. (2011). Distribution of the invasive bivalve *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) in Croatia. *Aquatic Invasions* 6: 119–124. doi:10.3391/ai.2011.6.S1.027
99. Lau J.K., Lauer T.E., Weinman M.L. (2006). Impacts of channelization on stream habitats and associated fish assemblages in East Central Indiana. *The American Midland Naturalist* 156(2): 319–330. doi:10.1674/0003-0031(2006)156[319:iocosh]2.0.co;2
100. Lemmens P., Mergeay J., Vanhove T., De Meester L., Declerck S.A.J. (2015) Suppression of invasive topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva* by native pike *Esox lucius* in ponds. *Aquat. Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.* 25: 41–48. doi:10.1002/aqc.2479
101. Lenhardt M., Marković G., Hegediš A., Maletin S., Ćirković M., Marković Z. (2011). Non-native and translocated fish species in Serbia and their impact on the native ichthyofauna. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 21: 407– 421. doi: 10.1007/s11160-010-9180-8



102. Leunda P.M., Oscoz J., Elvira B., Agorreta A., Perea S., Miranda R. (2008). Feeding habits of the exotic black bullhead *Ameiurus melas* (Rafinesque) in the Iberian Peninsula: first evidence of direct predation on native fish species. *Journal of Fish Biology* 73: 96–114. doi:10.1111/j.1095-8649.2008.01908.x
103. Looock M.M., Beukes J.P., van Zyl P.G. (2015). Conductivity as an indicator of surface water quality in the proximity of ferrochrome smelters in South Africa. *Water SA*, 41. doi:10.4314/wsa.v41i5.14
104. Lusk S., Halačka K., Luskova V. (1995). Influence of small hydroelectric power stations on fish communities in streams. *Živočišna Vyroba* 40:363-367.
105. Lyons J., Wang L., Simonson T.D. (1996). Development and validation of an index of biotic integrity for coldwater streams in Wisconsin. *North American Journal of Fisheries Management* 16: 241– 256.
106. Maceda-Veiga A., Baselga A., Sousa R., Vilà M., Doadrio I., de Sostoa A. (2017). Fine-scale determinants of conservation value of river reaches in a hotspot of native and non-native species diversity. *Science of The Total Environment* 574: 455–466. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.09.0
107. Marchetti M.P., Light T., Moyle P.B., Viers J.H. (2004). Fish invasions in California watersheds: testing hypotheses using landscape patterns. *Ecological Applications* 14(5): 1507-1525. doi:10.1111/j.1365-2427.2004.01202.x
108. Marčić Z., Čaleta M., Buj I., Mustafić P., Zanella D. (2020). Ribe rijeke Sutle. Radoboj, Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Krapinsko-zagorske županije.
109. Maret T.R. (1997). Characteristics of fish assemblages and related environmental variables for streams of the upper Snake River basin, Idaho and western Wyoming, 1993-95. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report. 50 pp. doi:10.3133/wri974087
110. Matthews W.J., Heins D.C. (1987). Community and evolutionary ecology of North American stream fishes. University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma

111. McIntosh A.R., McHugh P.A., Plank M.J., Jellyman P.G., Warburton H.J., Greig H.S. (2018). Capacity to support predators scales with habitat size. *Science Advances* 4 (7). doi:10.1126/sciadv.aap7523
112. Meador M.R., Brown L.R., Short T. (2003). Relations between introduced fish and environmental conditions at large geographic scales. *Ecological Indicators* 3(2): 81–92. doi:10.1016/s1470-160x(03)00013-x
113. Meador M.R., Carlisle D.M. (2012). Relations between altered streamflow variability and fish assemblages in Eastern USA streams. *River Research and Applications* 28: 1359–1368.. doi:10.1002/rra.1534
114. Meffe G.K., Sheldon A.L. (1988). The influence of habitat structure on fish assemblage composition in southeastern Blackwater streams. *The American Midland Naturalist* 120 (2): 225-240. doi:10.2307/2425994
115. Mezhzherin S.V., Kokodii S.V., Kulish A.V., Verlatii D.B., Fedorenko L.V. (2012). Hybridization of crucian carp *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) in Ukrainian reservoirs and the genetic structure of hybrids. *Cytology and Genetics* 46: 28–35. doi:10.3103/s0095452712010069
116. Mihaljević Z., Kerovec K., Mrakovčić M., Primc-Habdija B., Plenković-Moraj A., Alegro A. (2011). Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (Okvirna direktiva o vodama, 2000/60/EC) u reprezentativnim slivovima panonske i dinaridske ekoregije. Elaborat, Biološki odsjek, Prirodoslovno - matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 350 p.
117. Mihinjač T., Sučić I., Špelić I., Vucić M., Ješovnik, A. (2019). Strane vrste slatkovodnih riba u Hrvatskoj. Zagreb, Ministarstvo okoliša i energetike, Udruga Hyla.
118. Mims M.C., Olden J.D. (2013). Fish assemblages respond to altered flow regimes via ecological filtering of life history strategies. *Freshwater Biology* 58: 50–62.. doi:10.1111/fwb.12037
119. Mitsuo Y., Tsunodab H., Kozawac G., Yuma, M (2014). Response of the fish assemblage structure in a small farm pond to management dredging operations. *Agric. Ecosyst. Environ.* 188: 93–96. doi:10.1016/j.agee.2014.02.015.

120. Mondal R., Bhat A. (2020). Temporal and environmental drivers of fish-community structure in tropical streams from two contrasting regions in India. *PloS one* 15(4): e0227354. doi:10.1371/journal.pone.0227354
121. Morgan II R.P., Kline K.M., Kline M.J., Cushman S.F., Sell M.T., Weitzell Jr. R.E., Churchill J.B. (2012). Stream conductivity: relationships to land use, chloride, and fishes in Maryland streams. *North Am J Fish Manage* 32: 941-952.
122. Mrakovčić M., Brigić A., Buj I., Čaleta M., Mustafić P., Zanella D. (2006). Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 253pp.
123. Mrakovčić M., Mustafić P., Čaleta M., Zanella D., Radić I. (2002). Značajke ribljih zajednica parka prirode Lonjsko polje. *Bilten parka prirode* 4(1–2): 1–56.
124. Mueller M., Bierschenk A.M., Bierschenk B.M., Pander J., Geist J. (2020). Effects of multiple stressors on the distribution of fish communities in 203 headwater streams of Rhine, Elbe and Danube. *Science of the Total Environment* 703. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134523.
125. Mueller M., Pander J., Geist J. (2018). Comprehensive analysis of >30 years of data on stream fish population trends and conservation status in Bavaria, Germany. *Biological Conservation* 226: 311-320. doi:10.1016/j.biocon.2018.08.006
126. Mullen J.A., Bramblett R.G., Guy C.S., Zale A.V., Roberts D.W. (2011). Determinants of fish assemblage structure in Northwestern Great Plains streams. *Transactions of the American Fisheries Society* 140: 271-281. doi:10.1080/00028487.2011.564069
127. Musil M., Novotná K., Potužák J., Hůda J., Pechar L. (2014). Impact of topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) on production of common carp (*Cyprinus carpio*) — question of natural food structure. *Biologia* 69 (12): 1757-1769. doi:10.2478/s11756-014-0483-4
128. Mustafić P., Čaleta M., Mrakovčić M., Buj I., Zanella D., Mišetić S. (2005) Distribution and status of the genus *Gobio* in Croatia. *Folia Zoologica* 54(1): 81–84.
129. Mustafić, P. (2005). Indeks biotičkog integriteta riblje zajednice velikih rijeka Hrvatske. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

130. Narodne novine (2013). Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama. Narodne novine 2013 br. 144 (3086). Preuzeto s: [https://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013\\_12\\_144\\_3086.html](https://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_12_144_3086.html) [pristupljeno 10.5.2023.]
131. Narodne novine (2016). Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o strogo zaštićenim vrstama. Narodne novine 2016 br. 73 (1745). Preuzeto s: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016\\_08\\_73\\_1745.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_08_73_1745.html) [pristupljeno 10.5.2023.]
132. Narodne novine (2018). Zakon o sprječavanju unošenja i širenja stranih te invazivnih stranih vrsta i upravljanju njima). Narodne novine 2018 br. 15 (310). Preuzeto s: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_02\\_15\\_310.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_02_15_310.html) [pristupljeno 10.5.2023.]
133. Narodne novine (2019). Zakon o izmjenama i dopuni zakona o sprječavanju unošenja i širenja stranih te invazivnih stranih vrsta i upravljanju njima). Narodne novine 2019 br. 14 (275). Preuzeto s: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_02\\_14\\_275.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_02_14_275.html) [pristupljeno 10.5.2023.]
134. Nolan K.A., Callahan, J.E. (2006). Beachcomber biology: The Shannon-Weiner Species Diversity Index. Pp. 334-338, in *Tested Studies for Laboratory Teaching, Volume 27* (M.A. O'Donnell, Editor). *Proceedings of the 27th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE)*, 383 p.
135. Olden J.D., Poff N.L., Bestgen K.R. (2006). Life-history strategies predict fish invasions and extirpations in the Colorado River Basin. *Ecological Monographs* 76: 25-40.
136. Oberdorff T., Porcher J.P. (1992). Fish assemblage structure in Brittany streams (France). *Aquatic Living Resources* 5: 215–223. doi:10.1051/alr:1992021
137. O'Hare M.T., Baattrup-Pedersen A., Baumgarte I., Freeman A., Gunn I.D.M., Lázár A.N., Sinclair R., Wade A.J., Bowes M.J. (2018). Responses of aquatic plants to eutrophication in rivers: a revised conceptual model. *Front. Plant Sci.* 9, 451. doi:10.3389/fpls.2018.00451
138. Oscoz J., Leunda P.M., Miranda R., García-Fresca C., Campos F., Escala M.C. (2005). River channelization effects on fish population structure in the Larraun river (Northern Spain). *Hydrobiologia* 543: 191–198. doi:10.1007/s10750-004-7422-2

139. Pastorino P., Pizzul E., Barceló D., Abete M.C., Magara G., Brizio P., Avolio R., Bertoli M., Dondo A., Prearo M., Elia A.C. (2021). Ecology of oxidative stress in the Danube barbel (*Barbus balcanicus*) from a winegrowing district: Effects of water parameters, trace and rare earth elements on biochemical biomarkers. *Science of The Total Environment* 772, 145034. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.145034
140. Perkin J.S., Bonner T.H. (2011). Long-term changes in flow regime and fish assemblage composition in the Guadalupe and San Marcos rivers of Texas. *River Res. Applic.* 27: 566-579. doi:10.1002/rra.1373
141. Petr T. (2000). Interactions between fish and aquatic macrophytes in inland waters. A review. *FAO Fisheries Technical Paper* 396, 185 p. Rim, FAO.
142. Piria M., Matulić D., Šprem N., Reljanović M., Novosel H., Buničić S., Kranjec I., Drašković A., Duduković D., Medvidović I., Režić J. (2009). Ihtiofauna donjeg toka potoka Blizneca. *Ribarstvo : znanstveno-stručni časopis za ribarstvo* 67 (4): 145-152.
143. Piria M., Povž M., Vilizzi L., Zanella D., Simonović P., Copp H. (2016). Risk screening of non-native freshwater fishes in Croatia and Slovenia using the Fish Invasiveness Screening Kit. *Fisheries management and ecology* 23: 21-31. doi:10.1111/fme.12147.
144. Piria M., Simonović P., Kalogianni E., Vardakas L., Koutsikos N., Zanella D., Ristovska M., Apostolou A., Adrović A., Mrdak D., Tarkan A. S., Milošević D., Zanella L. N., Bakiu R., Ekmekçi F. G., Povž M., Korro K., Nikolić V., Škrijelj R., Kostov V., Gregori A., Joy M. K. (2018). Alien freshwater fish species in the Balkans - Vectors and pathways of introduction. *Fish and Fisheries* 19: 138–169. doi: 10.1111/faf.12242
145. Piria M., Simonović P., Zanella D., Čaleta M., Šprem N., Paunović M., Tomljanović T., Gavrilović A., Pecina M., Špelić I. (2019). Long-term analysis of fish assemblage structure in the middle section of the Sava River – The impact of pollution, flood protection and dam construction. *Science of the total environment* 651 (1): 143-153. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.09.149
146. Piria M., Špelić I., Velagić L., Lisica I., Kanjuh T., Marić A., Maguire I., Radočaj T., Simonović P. (2022) Feeding Habits and Diet Overlap between Brown Trout Lineages from the Danube Basin of Croatia. *Fishes* 7 (4): 179-179. doi:10.3390/fishes7040179.

147. Piria M., Tomljanović T., Treer T., Safner R., Aničić I., Matulić D., Vilizzi L. (2016). The common carp *Cyprinus carpio* in Croatia (Danube and Adriatic basins): a historical review. *Aquaculture international* 24 (6): 1527-1541. doi:10.1007/s10499-016-0029-6
148. Piria M., Treer T., Tomljanović T., Šprem N., Gavrilović A., Matulić D., Rezić A., Špelić I., Kavčić, K. (2018). Završno izvješće o provođenju programa praćenja stanja u slatkovodnom ribarstvu u 2018. godini Grupa B) Ribolovno područje Sava. Ministarstvo poljoprivrede. Izvješće.
149. Poddubny A.G., Galat D.L. (1995). Habitat associations of upper Volga river fishes: Effects of reservoirs. *Regul. Rivers: Res. Mgmt.* 11: 67-84. doi:10.1002/rrr.3450110107
150. Poff N.L., Allan J.D., Bain M.B., Karr J.R., Prestegard K.L., Richter B.D., Sparks R.E., Stromberg J.C. (1997). The natural flow regime. *BioScience* 47(11): 769-784. doi:10.2307/1313099
151. Poff N.L., Brinson M.M., Day J.W. (2002). Aquatic ecosystems & global climate change – Potential impacts on Inland freshwater and coastal wetland ecosystems in the United States. Arlington, Virginia: Pew Center on Global Climate Change.
152. Pofuk M., Zanella D., Piria M. (2017): An overview of the translocated native and non-native fish species in Croatia: pathways, impacts and management. *Management of biological invasions* 8, (3): 425-435. doi:10.3391/mbi.2017.8.3.16
153. Pollux B.J.A., Korosi A. (2006). On the occurrence of the Asiatic cyprinid *Pseudorasbora parva* in the Netherlands. *Journal of Fish Biology* 69: 1575–1580. doi: 10.1111/j.1095-8649.2006.01218.x
154. Popović J. (2020). *Gospodarenje ribolovnim vodama*. Hrvatski športsko ribolovni savez, Zagreb.
155. Povž M. (1995). Status of freshwater fishes in the Adriatic catchment of Slovenia. *Biological Conservation* 72: 171–177. doi:10.1016/0006-3207(94)00079-6
156. Radinger J., Alcaraz-Hernández J.D., García-Berthou E. (2019). Environmental filtering governs the spatial distribution of alien fishes in a large, human-impacted Mediterranean river. *Diversity and Distributions* 25(5): 701–714. doi: 10.1111/ddi.12895.

157. Radinger J., Wolter C. (2015). Disentangling the effects of habitat suitability, dispersal, and fragmentation on the distribution of river fishes. *Ecological Applications* 25: 914–927. doi:10.1890/14-0422.1
158. Radočaj T., Špelić I., Vilizzi L., Povž M., Piria M. (2021). Identifying threats from introduced and translocated non-native freshwater fishes in neighbouring countries under current and future climatic conditions. *Global Ecology and conservation* 27 e01520, 10. doi:10.1016/j.gecco.2021.e01520
159. Rauch P. (2022). Fish community characterization in the Mura-Drava-Danube region. Deliverable report for EU-Interreg DTP project “lifelineMDD”. Preuzeto s: [https://www.interreg-danube.eu/uploads/media/approved\\_project\\_output/0001/52/677806cafd3dd60262c6605dc3453599fa64a1ed.pdf](https://www.interreg-danube.eu/uploads/media/approved_project_output/0001/52/677806cafd3dd60262c6605dc3453599fa64a1ed.pdf). [pristupljeno 18.05.2023.]
160. Rechulicz J. (2019). Changes in a fish community in a small river related to the appearance of the invasive topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1846). *Water* 11 (9): 1857. doi: 10.3390/w11091857
161. Reidy Liermann C., Nilsson C., Robertson J.R., Ng R.Y. (2012). Implications of dam obstruction for global freshwaterfish diversity. *BioScience* 62: 539–548. doi: 10.1525/bio.2012.62.6.5
162. Reid G.M., Contreras Macbeath T., Csatádi K. (2013). Global challenges in freshwater-fish conservation related to public aquariums and the aquarium industry. *International Zoo Yearbook* 47: 6–45. doi:10.1111/izy.12020
163. Ribeiro, F., Leunda, P.M. (2012). Non-native fish impacts on Mediterranean freshwater ecosystems: current knowledge and research needs. *Fisheries Management and Ecology* 19, 142–156.. doi:10.1111/j.1365-2400.2011.00842.x
164. Ruppert J.L.W., Docherty C., Neufeld K., Hamilton K., MacPherson L., Poesch M.S. (2017). Native freshwater species get out of the way: Prussian carp (*Carassius gibelio*) impacts both fish and benthic invertebrate communities in North America. *Royal Society Open Science* 4(10). doi: 10.1098/rsos.170400

165. R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Preuzeto s: <https://www.R-project.org> [pristupljeno 04.04.2022.]
166. Sanders N.J., Rahbek C. (2012). The patterns and causes of elevational diversity gradients. *Ecography*, 35: 1-3. doi:10.1111/j.1600-0587.2011.07338.x
167. Schmölz K., Bottarin R., Felber A., Lassacher F., Lehne F., Mark W., Niederwanger, M., Niedrist G.H., Oberarzbacher S., Pelster B., Peron A., Persiano S., Schletterer M., Schwarzenberger R., Scotti A., Thaler M., Walde J., Wieser J., Tasser E. (2022). A first attempt at a holistic analysis of various influencing factors on the fish fauna in the Eastern European Alps. *Sci. Total Environ.* 808, 151886. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.151886
168. Simonović P., Piria M., Zuliani T., Ilić M., Marinković N., Kračun-Kolarević M., Paunović M. (2017). Characterization of sections of the Sava River based on fish community structure. *Science of the total environment* 574: 264-271. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.09.072.
169. Simonović P., Povž M., Piria M., Treer T., Adrović A., Škrijelj R., Nikolić V., Simić V. (2015). Ichthyofauna of the River Sava system. U: Milačić, R., Ščančar, J., Paunović, M. (ur.) *The Sava River. The handbook of environmental chemistry*, vol 31. Springer, Berlin, Heidelberg. doi:10.1007/978-3-662-44034-6\_14
170. Smith C.L., Powell C.R. (1971). The summer fish communities of Brier Creek, Marshall County, Oklahoma. *American Museum Novitates* 2458: 1– 30.
171. Spataru P., Gophen M. (1985). Feeding behaviour of silver carp *Hypophthalmichthys molitrix* Val. and its impact on the food web in Lake Kinneret, Israel. *Hydrobiologia* 120: 53–61. doi: 10.1007/BF00034590
172. Spikmans F., Lemmers P., op den Camp H.J.M., van Haren E., Kappen F., Blaakmeer A., van der Velde G., van Langevelde F., Leuven R.S.E.W., van Alen T. A. (2020). Impact of the invasive alien topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) and its associated parasite *Sphaerothecum destruens* on native fish species. *Biol Invasions* 22: 587–601. doi: 10.1007/s10530-019-02114-6



173. Sutela T., Vehanen T. (2010). Responses of fluvial fish assemblages to agriculture within the boreal zone. *Fisheries Management and Ecology* 17: 141–145.. doi:10.1111/j.1365-2400.2009.00711.x
174. Stakėnas S., Vilizzi L., Copp G.H. (2013). Habitat use, home range, movements and interactions of introduced *Lepomis gibbosus* and native *Salmo trutta* in a small stream of Southern England. *Ecology of Freshwater Fish* 22(2): 202–215. doi:10.1111/eff.12015
175. Škraba Jurlina D., Marić A., Karanović J., Nikolić V., Brkušanić M., Kanjuh T., Mrdak D., Simonović P. (2018). Effect of the introgression of Atlantic brown trout, *Salmo trutta*, into Adriatic trout, *Salmo farioides* in a stream at the drainage area of the Adriatic Sea basin of Montenegro. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 48(4): 363-372. doi: 10.3750/AIEP/02491
176. Šmejkal M., Bartoň D., Duras J., Horký P., Muška M., Kubečka J., Pfauserova N., Tesfaye M., Slavík O. (2023). Living on the edge: Reservoirs facilitate enhanced interactions among generalist and rheophilic fish species in tributaries. *Front. Environ. Sci., Sec. Freshwater Science*, Vol. 11. doi:10.3389/fenvs.2023.1099030
177. Šmilauer P., Lepš J. (2014). *Multivariate Analysis of Ecological Data using Canoco 5*. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
178. Špelić I., Bažok R., Piria M. (2022). Pesticidi u vodama. *Hrvatske vode* 30 (119): 35-39.
179. Tate W.B. (2000). The effects of low pH on sunfish assemblages in Southeast Georgia. *Legacy ETDs*. 527.
180. Tatoj K., Ćmiel A.M., Kwaśna D., Lipińska A.M., Zając K., Zając T. (2017) The endangered thick-shelled river mussel (*Unio crassus*): a new host species for the European bitterling (*Rhodeus amarus*). *Biodivers Conserv* 26: 1217–1224. doi:10.1007/s10531-017-1295-y
181. ter Braak C.J.F. (1986). Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67:1167-79. doi: 10.2307/1938672
182. ter Braak C.J.F., Šmilauer P. (2012). *Canoco reference manual and user's guide: software for ordination, version 5.0*. Microcomputer Power, Ithaca, United States of America, str. 496.

183. Thomaz S.M., Cunha E.R.D. (2010). The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia* 22: 218–236. doi:10.4322/actalb.02202011
184. Tomljanović T. (2014). Endemic softmouth trout solinka (*Salmo obtusirostris salonitana*). *Tusculum* 7(1): 224-224. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/128484> (Datum pristupa: 29.11.2022.)
185. Top N., Tarkan A.S., Vilizzi L., Karakuş, U. (2016). Microhabitat interactions of non-native pumpkinseed *Lepomis gibbosus* in a Mediterranean-type stream suggest no evidence for impact on endemic fishes. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems* (417): 36. doi:10.1051/kmae/2016023.
186. Trenc N., Duplić A., Topić R., Matoš B., Velić J., Čaleta M., Fuller I. C. (2019). Morfološke promjene i promjene usluga ekosustava Save u blizini Zagreba. U: 7. Zbornik radova, Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode (ur. Biondić D., Holjević D., Vizner M.).
187. Valová Z., Jurajda P., Janáč M. (2006). Spatial distribution of 0+ juvenile fish in differently modified lowland rivers. *Folia Zool.* 55: 293–308.
188. Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C.E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37:130–137.
189. Van Damme D., Bogutskaya N., Hoffmann R.C., Smith C. (2007). The introduction of the European bitterling (*Rhodeus amarus*) to west and central Europe. *Fish and Fisheries* 8(2): 79–106. doi:10.1111/j.1467-2679.2007.00239.x
190. van Kleef H.H., Jongejans E. (2014). Identifying drivers of pumpkinseed invasiveness using population models. *Aquatic Invasions* 9 (3): 315–326. doi: 10.3391/ ai.2014.9.3.07
191. van Kleef H.H., van der Velde G., Leuven R.S.E.W., Esselink H. (2008). Pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*) invasions facilitated by introductions and nature management strongly reduce macroinvertebrate abundance in isolated water bodies. *Biol Invasions* 10: 1481–1490. doi: 10.1007/s10530-008-9220-7

192. Vehanen T., Sutela T., Harjunpää A. (2020). The effects of ecoregions and local environmental characteristics on spatial patterns in boreal riverine fish assemblages. *Ecology of freshwater fish* 29: 739–751. doi:10.1111/eff.12550
193. Verhelst P., Boets P., Van Thuyne G., Verreycken H., Goethals P.L.M, Mouton A.M. (2016). The distribution of an invasive fish species is highly affected by the presence of native fish species: evidence based on species distribution modelling. *Biol. Invasions* 18: 427–444. doi: 10.1007/s10530-015-1016-y
194. Vieira T. B., Tejerina-Garro F. L. (2020). Relationships Between Environmental Conditions And Fish Assemblages In Tropical Savanna Headwater Streams. *Scientific Reports* 10, 2174. doi:10.1038/s41598-020-59207-9
195. Walrath J.D., Dauwalter D.C., Reinke D. (2016). Influence of stream condition on habitat diversity and fish assemblages in an impaired Upper Snake River basin watershed. *Transactions of the American Fisheries Society* 145 (4): 821-834. doi:10.1080/00028487.2016.1159613
196. Walsh C.J, Roy A.H., Feminella J.W., Cottingham P.D., Groffman P.M., Morgan R.P. (2005). The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society* 24(3): 706-723. doi:10.1899/04-028.1
197. Wang J., Song X., Zou G., Zhou W. (2013). Effects of aquatic vegetation on fish assemblages in a freshwater river of Taihu Lake Basin, East China. *Journal of Water Resource and Protection* 5: 37–45. doi:10.4236/jwarp.2013.51005
198. Wang L., Lyons J. (2003). Fish and benthic macroinvertebrate assemblages as indicators of stream degradation in urbanizing watersheds. U: *Biological response signatures. Indicator patterns using aquatic communities* (ur. Simon T. P.). CRC Press, Boca Raton, Florida, str. 227-249.
199. Wang L., Seelbach P.W., Lyons J. (2006). Effects of levels of human disturbance on the influence of catchment, riparian, and reach-scale factors on fish assemblages. *American Fisheries Society Symposium* 48: 199–219.

200. Wehrly K.E., Wiley M.J., Seelbach P.W. (2003). Classifying regional variation in thermal regime based on stream fish community patterns. *Transactions of the American Fisheries Society* 132: 18– 38. doi:10.1577/1548-8659(2003)132<0018:CRVITR>2.0.CO;2
201. Wolfram-Wais A., Wolfram G., Auer B., Mikschi E., Hain A. (1999). Feeding habits of two introduced fish species (*Lepomis gibbosus*, *Pseudorasbora parva*) in Neusiedler See (Austria), with special reference to chironomid larvae (Diptera: Chironomidae). In: Walz, N., Nixdorf, B. (eds) *Shallow Lakes '98. Developments in Hydrobiology*, vol 143. Springer, Dordrecht. doi:10.1007/978-94-017-2986-4\_12
202. Wylie G.D., Jones J.R. (1987). Diel and seasonal changes of dissolved oxygen and pH in relation to community metabolism of a shallow reservoir in southeast Missouri. *Journal of Freshwater Ecology* 4 (1), 115-125. doi: 10.1080/02705060.1987.9665168
203. Zangl L. , Daill D., Gessl W., Friedrich T., Koblmüller S. (2020). Austrian gudgeons of the genus *Gobio* (Teleostei: Gobionidae): A mixture of divergent lineages. *J Zool Syst Evol Res.* 58: 327–340. doi:10.1111/jzs.12340
204. Zhang Y., Zhao Q., Ding S. (2019). The responses of stream fish to the gradient of conductivity: a case study from the Taizi River, China. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 1–13. doi:10.1080/14634988.2019.162299
205. Zogaris S., Giakoumi S. (2007). The freshwater ichthyofauna of Greece-an update based on a hydrographic basin survey. *Mediterranean Marine Science* 8 (1): 91-166. doi:10.12681/mms.164

## 8. ŽIVOTOPIS

Ivan Špelić je rođen 12.4.1988. u Zagrebu. Završio je XV gimnaziju u Zagrebu nakon čega upisuje Prirodoslovno-matematički fakultet na Sveučilištu u Zagrebu, preddiplomski studij Opće biologije, koji završava 2010. godine. Iste godine upisuje diplomski studije Ekologije i zaštite prirode, modul ekologija kopnenih voda, na istom fakultetu. Diplomirao je 2013. godine, s obranom diplomskog rada "Komparativna analiza morfometrijskih značajki vrsta riječni rak (*Astacus astacus*) i uskoškari rak (*Astacus leptodactylus*)" pod mentorstvom prof. dr. sc. Ivane Maguire. U međuvremenu je 2012. upisao diplomski studij Ribarstvo i lovstvo na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Diplomski rad "Promjena sastava ihtiofaune na području Like" pod mentorstvom prof. dr. sc. Tomislava Treera, professor emeritus je obranio 2015. godine.

Nakon završetka studija u razdoblju od 2015. do 2018. radi u udrugama Hrvatski institut za biološku raznolikost i Hrvatsko društvo za biološka istraživanja u kojima se bavi stručnim poslovima vezanima uz zaštitu prirode. Od ožujka 2018. do danas je zaposlen na radnom mjestu asistenta na Agronomskom fakultetu u Zagrebu, gdje i upisuje Poslijediplomski doktorski studij poljoprivrednih znanosti u akademskoj godini 2018/2019.

Bio je suradnik je na više znanstvenih i stručnih nacionalnih i međunarodnih projekata od kojih je nekoliko u tijeku. Pohađao je radionice stručnog usavršavanja na temu multivarijantnih analiza u Češkoj i geometrijske morfometrije u Njemačkoj. Autor je ili koautor 15 A1 znanstvenih radova te jednog A2 rada. Radovima, posterima i sažecima sudjelovao je na više međunarodnih i domaćih znanstvenih skupova. Koautor je knjige "Strane vrste slatkovodnih riba u Hrvatskoj" te monografija "Nacionalni park Sutjeska – Mrtvi kapital ili laboratorija u prirodi" i "Naših prvih 7 ekspedicija; Međunarodne speleološke i znanstveno-istraživačke ekspedicije na području Općine Tomislavgrad (2009.-2016.).

## Objavljeni znanstveni radovi:

Planchet V., **Špelić I.**, Piria M. (2023). Variations in otolith and scale shape of the invasive round goby *Neogobius melanostomus* populations from different habitats of the Sava River basin, Croatia. *Croatian Journal of Fisheries* 81: 93-101.

**Špelić I.**, Piria M. (2023). Occurrence of topmouth gudgeon, *Pseudorasbora parva*, in relation to environmental factors in lowland streams and canals. *Journal of Vertebrate Biology* 72: 23049.

Piria M., **Špelić I.**, Velagić L., Lisica I., Kanjuh T., Marić A., Maguire I., Radočaj T., Simonović P. (2022). Feeding habits and diet overlap between brown trout lineages from the Danube basin of Croatia. *Fishes* 7(4):179.

Vilizzi L., Piria M., Pietraszewski D., Kopecký O., **Špelić I.**, Radočaj T., Šprem N., Ta K.A.T., Tarkan A.S., Weiperth A., Yoğurtçuoğlu B., Candan O., Herczeg G., Killi N., Lemić D., Szajbert B., Almeida D., Al-Wazzan Z., Atique U., Bakiu R., Chaichana R., Dashinov D., Ferincz Á., Flieller G., Gilles A.S. Jr, Gouletquer Ph., Interesova E., Iqbal S., Koyama A., Kristan P., Li S., Lukas J., Moghaddas S.D., Monteiro J.G., Mumladze L., Olsson K.H., Paganelli D., Perdikaris C., Pickholtz R., Preda C., Ristovska M., Slovák Švolíková K., Števove B., Uzunova E., Vardakas L., Verreycken H., Wei H. & Zięba G. (2022). Development and application of a multilingual electronic decision-support tool for risk screening non-native terrestrial animals under current and future climate conditions. *NeoBiota* 76: 211-236.

Marić A., **Špelić I.**, Radočaj T., Kanjuh T., Vidović Z., Vilizzi L., Piria M., Nikolić V., Škraba Jurlina D., Mrdak D., Simonović P. (2022). Changing climate may affect the invasiveness risk of non-native salmonids in the Danube and Adriatic basins of the Balkan Peninsula (south-eastern Europe). *NeoBiota*, 76:135-161.

Piria M., Jelkić D., Gavrilović A., Horváth Á., Kovác B., Enikő Balogh R., **Špelić I.**, Radočaj T., Vilizzi L., Ozimec S., Opačak A. (2022) Finding of hybrid African catfish 'Clariobranhus' in the Danube River. *Journal of Vertebrate biology* 71:22008.

Piria M., Stroil B.K., Giannetto D., Tarkan A.S., Gavrilović A., **Špelić I.**, Radočaj T., Killi N., Filiz H., Uysal T.U., Aldemir C., Kamberi E., Hala E., Bakiu R., Kolutari J., Buda E., Durmishaj Bakiu S., Sadiku E., Bakrač A., Mujić E., Avdić S., Doumpas N., Giovos I., Dinoshi I., Ušanović L., Kalajdžić A., Pešić A., Četković I., Marković O., Milošević D., Mrdak D., Sarà G., Bosch Belmar M., Marchessaux G., Trajanovski S., Zdraveski K. (2021). An assessment of regulation, education

practices and socio-economic perceptions of non-native aquatic species in the Balkans. *Journal of Vertebrate Biology* 70 (4): 21047.

Iveša N., Piria M., Gelli M., Trnski T., **Špelić I.**, Radočaj T., Kljak K., Jug-Dujaković J., Gavrilović A. (2021). Feeding habits of predatory thermophilic fish species with subtropical affinity from recently extended distributional range in the northern Adriatic sea, Croatia. *Diversity* 13 (8):357.

Vilizzi L., Copp G.H., Hill J.E., Adamovich B., Aislabie L., et al. Piria M., et al Radočaj T., Rahmani H., Raj S., et al **Špelić I.**, Srébaliené G., Stasolla G., Stebbing P., Števove B., Suresh V.R., et al. Clarke S. (2021). A global-scale screening of non-native aquatic organisms to identify potentially invasive species under current and future climate conditions. *Science of the Total Environment*, 788: 147868.

**Špelić I.**, Rezić A., Kanjuh T., Marić A., Maguire I., Simonović P., Radočaj T., Piria M. (2021). Application of the geometric morphometrics approach in the discrimination of morphological traits between brown trout lineages. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems KMAE* 422: 22.

Radočaj T., **Špelić I.**, Vilizzi L., Povž M., Piria M. (2021). Identifying threats from introduced and translocated non-native freshwater fishes in neighbouring countries under current and future climatic conditions. *Global Ecology and Conservation* 27: e01520.

Škraba Jurlina D., Marić A., Mrdak D., Kanjuh T., **Špelić I.**, Nikolić V., Piria M., Simonović P. (2020). Alternative life-history in native trout (*Salmo spp.*) suppresses invasive effect of alien trout strains introduced into streams at the western part of the Balkans – *Frontiers in Ecology and Evolution*, section Conservation 8: 188.

Kanjuh T., Marić A., Piria M., **Špelić I.**, Maguire I., Simonović P. (2020). Diversity of brown trout *Salmo trutta* L., 1758 in the Danube river basin of Croatia revealed by mitochondrial DNA. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 50 (3): 291–300.

Piria M., **Špelić I.**, Rezić A., Šprem N. (2020) Morphological traits and condition of brown trout *Salmo trutta* from Žumberak and Samobor mountain streams. *Journal of Central European Agriculture* 21 (2): 231-245.

Piria M., Simonović P., Zanella D., Čaleta M., Šprem N., Paunović M., Tomljanović T., Gavrilović A., Pecina M., **Špelić I.**, Matulić D., Rezić A., Aničić I., Safner R., Treer T. (2019). Long-term

analysis of fish assemblage structure in the middle section of the Sava River – The impact of pollution, flood protection and dam construction. *Science of the Total Environment* 651: 143–153.

Jelić D., **Špelić I.**, Žutinić P. (2016) Introduced species community over-dominates endemic ichthyofauna of high Lika plateau (Central Croatia) over a 100 year period. *Acta zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 62 (2): 191-216.

#### **Objavljeni stručni radovi:**

**Špelić I.**, Bažok R., Piria M. (2022) Pesticides in inland waters. *Hrvatske vode* 119: 35-39.

#### **Radovi u zbornicima skupova:**

**Špelić I.**, Radočaj T., Iveša N., Jug-Dujaković J., Gavrilović A. (2023). Utjecaj uvjeta skladištenja na promjene dielektričnih svojstava i pH vrijednosti mesa trlje blatarice, *Mullus barbatus*. 58th Croatian & 18th International Symposium on Agriculture, 11 - 17 February 2023, Dubrovnik, Croatia

Barić O., Radočaj T., **Špelić I.**, Jug-Dujaković J., Gavrilović A. (2023). Presence of different life stages of European eel (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758) in the catch at the mouth of river Neretva. 58th Croatian & 18th International Symposium on Agriculture, 11 - 17 February 2023, Dubrovnik, Croatia

Radočaj T., Iveša N., Barić O., **Špelić I.**, Jug-Dujaković J., Gavrilović A. (2023). Masena zastupljenost hrskavičnjača u ribarskom ulovu na području ribolovne podzone G5, Istočni Jadran. 58th Croatian & 18th International Symposium on Agriculture, 11 - 17 February 2023, Dubrovnik, Croatia

**Špelić I.**, Radočaj T., Iveša N., Jug-Dujaković J., Piria M., Gavrilović A. (2022). Promjene određenih parametara svježine arbuna skladištenog na ledu. 57th Croatian & 17th International Symposium on Agriculture, 19 - 24 June 2022 - Hotel Olympia Sky, Vodice, Croatia

Iveša N., Radočaj T., **Špelić I.**, Barić O., Castelicchio A., Jug - Dujaković J., Gavrilović A. (2022). Preliminarna istraživanja sezonskih promjena indeksa kondicije i omjera spolova plavog raka



(*Callinectes sapidus*, Rathbun 1896) u estuariju Neretve i Neretvanskom kanalu. 57th Croatian & 17th International Symposium on Agriculture, 19 - 24 June 2022 - Hotel Olympia Sky, Vodice, Croatia

Radočaj T., Barić O., Iveša N., **Špelić I.**, Jug - Dujaković J., Kapetanović D., Filipović Marijić V., Mijošek T., Redžović Z., Erk M., Gavrilović A. (2022). Utjecaj sezonskih promjena na zastupljenost u kočarskom ulovu i indeks kondicije oslića, *Merluccius merluccius*, trlje, *Mullus barbatus* i arbuna, *Pagellus erythrinus*. 57th Croatian & 17th International Symposium on Agriculture, 19 - 24 June 2022 - Hotel Olympia Sky, Vodice, Croatia

Simonović P., Kanjuh T., **Špelić I.**, Marić A., Radočaj T., Nikolić V., Piria M. (2022). Sustainability of indigenous brown trout *Salmo trutta* fishery in Serbia and Croatia. EIFAAC Symposium 2022, Inland Fisheries and Aquaculture - Advances in Technology, Stock Assessment and Citizen Science in an Era of Climate Change, 20th and 21st June 2022, Killarney, Ireland

**Špelić I.**, Štefanac Šporčić P., Radočaj T., Gavrilović A., Piria M. (2021). Stress characterization of ichthyofauna in natural lowland streams and artificially created waterbodies. Proceedings, 56th Croatian & 16th International Symposium on Agriculture, February 5-10 September 2021, Vodice, Croatia

Radočaj T., Vilizzi L., **Špelić I.**, Povž, M., Piria M. (2021). Horizon scanning of potentially invasive non-native fish species for Croatia and Slovenia. Proceedings, 56th Croatian & 16th International Symposium on Agriculture, February 5-10 September 2021, Vodice, Croatia.

Iveša N., Piria M., Gelli M., **Špelić I.**, Radočaj T., Gavrilović A. (2020). Feeding habits of thermophilic fish species from recently extended distributional range in northeast Adriatic Sea, Croatia. NEOBIOTA2020, 11<sup>th</sup> International Conference of Biological Invasions, Vodice, Croatia, September, 15 – 20., 2020. Book of Abstracts: 110.

Iveša N., **Špelić I.**, Gelli M., Castellichhio A., Piria M., Gavrilović A. (2020). Fish catch analysis of the "poponica" net in the Bay of Medulin. Proceedings, 55th Croatian & 15th International Symposium on Agriculture, February 17-21 February 2020, Vodice, Croatia, 328-333.

Piria M., Petek F., Velagić L., Lisica I., **Špelić I.**, Radočaj T., Kanjuh T., Marić A., Buj I., Čaleta M., Zanella D., Simonović P. (2020). Povijest i pregled istraživanja potočne pastrve crnomorskog sliva

u Hrvatskoj (History and review of research of brown trout from Black Sea Basin in Croatia). Proceedings, 55th Croatian & 15th International Symposium on Agriculture, February 17-21 February 2020, Vodice, Croatia, 339-344.

Batur T., Orešković M., Viduka A., Radočaj T., **Špelić I.**, Mrdak D., Piria M. (2020). Kompeticija u prehrani između unesene kalifornijske pastrve (*Oncorhynchus mykiss*) i ugrožene Europske jegulje (*Anguilla anguilla*) iz rijeke Žrnovnice (Competition for food between introduced rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and endangered European eel (*Anguilla anguilla*) from the Žrnovnica River). Proceedings, 55th Croatian & 15th International Symposium on Agriculture, February 17-21 February 2020, Vodice, Croatia, 322-327.

Piria M., Mrkonjić Fuka M., Li L., Gavrilović A., Tanuwidjaja I., Tang R., Zhao H., Yang Q., **Špelić I.**, Li D. (2019). The gut microbiota diversity of ichthyofauna from the various environments. Proceedings, 54th Croatian & 14th International Symposium on Agriculture, February 17-22 February 2019, Vodice, Croatia, 400-404.

#### **Sažeci sa skupova:**

**Špelić I.**, Maturanec S., Piria M., Gavrilović A. (2022). Modifications of the lowland streams alter natural fish assemblages. 2nd Southeast European Ichthyological Conference, SEEIC 2022, Book of Abstracts, 12-16. 10. 2022, Brač, Hrvatska.

Piria M., **Špelić I.**, Kanjuh T., Marić A., Radočaj T., Simonović P. (2022). Discrimination of morphological traits between brown trout lineages from the Danube Basin of Croatia. EIFAAC Symposium 2022, Inland Fisheries and Aquaculture - Advances in Technology, Stock Assessment and Citizen Science in an Era of Climate Change, 20th and 21st June 2022, Killarney, Ireland.

Marić A., **Špelić I.**, Radočaj T., Kanjuh T., Nikolić V., Škraba Jurlina D., Vidović Z., Piria M., Simonović P. (2021) Risk screening of introduced and horizon salmonids of the Western Balkans under current and future climate conditions. Naziv skupa: ESENIAS and DIAS Scientific Conference and 10th ESENIAS Workshop, Vrijeme i mjesto održavanja: 07–09 December 2021, Virtual Conference, Turska.

Piria M., Radočaj T., **Špelić I.**, Vilizzi L. (2021). The truth behind the fish diversity of the Lika river and its tributaries: are all management efforts worth it? 4. Hrvatski simpozij o invazivnim vrstama, s međunarodnim sudjelovanjem, 29-30. Studeni 2021., Zagreb, Hrvatska.

Iveša N., Piria M., Gelli M., **Špelić I.**, Radočaj T., Gavrilović A., (2020). Feeding habits of predatory thermophilic fish species from recently extended distributional range in northeast Adriatic Sea, Croatia. Book of Abstracts, NEOBIOTA2020 - 11th International Conference on Biological Invasions The Human Role in Biological Invasions: a case of Dr Jekyll and Mr Hyde? 15.-18. IX. 2020., Vodice, Croatia, 110.

Piria M., Jelkić D., Gavrilović A., **Špelić I.**, Opačak A., Ozimec S. (2019). First record of North African catfish (*Clarias gariepinus*) in Croatian inland waters. XVI European Congress of Ichthyology 2-6 September 2019, Aquatis Hotel, Route de Berne 148, 1010 Lausanne, Vaud - Suisse, Lausanne, Switzerland.

Piria M., **Špelić I.**, Velagić L., Lisica I., Kanjuh T., Marić A., Simonović P. (2019). Feeding preferences and diet overlap of introduced Atlantic and native Danubian lineages of brown trout (*Salmo trutta*) from Croatia. XVI European Congress of Ichthyology 2-6 September 2019, Aquatis Hotel, Route de Berne 148, 1010 Lausanne, Vaud - Suisse, Lausanne, Switzerland.

Piria M., **Špelić I.** (2018). Diet overlap among invasive Ponto-Caspian gobies and native fishes from the Sava River. Book of abstract, GLOBAQUA conference Water river management under water scarcity and multiple stressors 17-19 December 2018, Residencia d'Investigadores, Barcelona, Spain – Barcelona, 40-41.

Piria M., **Špelić I.**, Gavrilović A. (2018). Distribution and impact of translocated predatory fish species in the Dalmatia ecoregion. 3rd Croatian symposium on invasive species with international participation 26-27 November 2018 Zagreb, Croatia, Book of Abstracts, 64.

**Špelić I.**, Gavrilović A., Gardner J., Svečnjak L., Mrkonjić Fuka M., Iveša N., Mioković D., Piria M. (2018). Additional distribution data for introduced Pacific oyster *Magallana gigas* (Thunberg, 1793) in Croatia. Book of Abstracts, Joint ESENIAS and DIAS Scientific Conference and 8th ESENIAS Workshop Management and sharing of IAS data to support knowledge-based decision making at regional level, Bukurešt, Rumunjska, 26.-28.9.2018., 37.

Kanjuh T., Tošić A., **Špelić I.**, Piria M., Simonović P., Maguire I. (2018). Human influence on the native brown trout (*Salmo trutta*) genepool in the continental western Croatia. HydroMediT 2018, 3rd International Congress on Applied Ichthyology & Aquatic Environment, Book of Proceedings, Berilis, P., Karapanagiotis, I. (ed.). Volos: University of Thessaly, School of Agricultural Sciences, Department of Ichthyology and Aquatic Environment, 2018, pp 555-558.

**Špelić I.**, Mihinjač T., Jelić D. (2018) Usporedba prehrane tri strane vrste riba u dva tipa staništa rijeke Krke. U: Kružić, P., Caput Mihalić, K., Gottstein, S., Pavoković, D. & Kučinić, M. (ur.) 13th CROATIAN BIOLOGICAL CONGRESS with International Participation, Book of Abstracts. Zagreb, str. 74-75.

**Špelić I.**, Rezić A., Simonović P., Tošić A., Maguire I., Piria M. (2018): Morphometric and meristic characteristics of brown trout (*Salmo trutta* m. fario Linnaeus, 1758.) populations in north-west Croatia. Proceedings, VIII international conference Water & Fish, 13-15 June 2018, Beograd, Serbia, 59-61.

## 9. PRILOZI

Prilog 1. Popis zabilježenih vrsta riba (retci) u ukupnom ulovu po lokacijama uzorkovanja (stupci; kodovi lokacija preuzeti iz tablice 3); vrste koje su isključene iz daljnje analize zbog rijetke pojavnosti po bilo kojem od navedenih kriterija su označene s \*

Vrsta / Lokacija	Adz1	Adz2	Bb2	Bi2	Bid	Bo1	Bod1
<i>Abramis brama</i> *							
<i>Alburnoides bipunctatus</i>				48			
<i>Alburnus alburnus</i>			17		3		
<i>Ameiurus melas</i> *							
<i>Ballerus sapa</i> *							
<i>Barbatula barbatula</i>							
<i>Barbus balcanicus</i>	1			8			
<i>Barbus barbus</i>							
<i>Blicca bjoerkna</i> *							
<i>Carassius gibelio</i>		1			3		
<i>Chondrostoma nasus</i> *							
<i>Cobitis elongata</i>			3				
<i>Cobitis elongatoides</i>			1	3	2		
<i>Cottus gobio</i>							
<i>Cyprinus carpio</i>							
<i>Esox lucius</i> *			1				
<i>Eudontomyzon vladkovi</i> *							
<i>Gobio obtusirostris</i>	14	23	10	6		8	4
<i>Gymnocephalus cernua</i> *							
<i>Hucho hucho</i> *							
<i>Lepomis gibbosus</i>			4				
<i>Leuciscus aspius</i> *							
<i>Leuciscus idus</i>							
<i>Leuciscus leuciscus</i> *							
<i>Misgurnus fossilis</i> *							
<i>Neogobius fluviatilis</i> *							
<i>Neogobius melanostomus</i> *							
<i>Percia fluviatilis</i>			4				
<i>Phoxinus lumaireul</i>							
<i>Pseudorasbora parva</i>							
<i>Rhodeus amarus</i>			22	5			
<i>Romanogobio kesslerii</i> *				6			
<i>Rutilus rutilus</i>			7	1			
<i>Rutilus virgo</i> *							
<i>Sabanejewia balcanica</i>				8			
<i>Salmo trutta</i> *							
<i>Sander lucioperca</i> *							
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>							
<i>Silurus glanis</i>							
<i>Squalius cephalus</i>	59	14	16	11			2
<i>Tinca tinca</i> *							
<i>Vimba vimba</i> *							

Vrsta / Lokacija	Bod2	Br1	BRD1	BRD2	BrK1	BrK2	Bu2	Buk	Cml
<i>Abramis brama</i> *									
<i>Alburnoides bipunctatus</i>						7			
<i>Alburnus alburnus</i>						1	14	7	
<i>Ameiurus melas</i> *									
<i>Ballerus sapa</i> *									
<i>Barbatula barbatula</i>						2			
<i>Barbus balcanicus</i>		40							
<i>Barbus barbatus</i>									
<i>Blicca bjoerkna</i> *									
<i>Carassius gibelio</i>							16	10	
<i>Chondrostoma nasus</i> *									
<i>Cobitis elongata</i>									
<i>Cobitis elongatoides</i>			2					3	
<i>Cottus gobio</i>						5			
<i>Cyprinus carpio</i>								3	
<i>Esox lucius</i> *									
<i>Eudontomyzon vladykovi</i> *									
<i>Gobio obtusirostris</i>	7	140	6	1	3	3			
<i>Gymnocephalus cernua</i> *									
<i>Hucho hucho</i> *									
<i>Lepomis gibbosus</i>							14	35	
<i>Leuciscus aspius</i> *									
<i>Leuciscus idus</i>									
<i>Leuciscus leuciscus</i> *								1	
<i>Misgurnus fossilis</i> *									
<i>Neogobius fluviatilis</i> *									
<i>Neogobius melanostomus</i> *									
<i>Perca fluviatilis</i>							8	16	
<i>Phoxinus lumaireul</i>									
<i>Pseudorasbora parva</i>		1	2	1			3	92	
<i>Rhodeus amarus</i>		110	9	4	9	4		5	
<i>Romanogobio kesslerii</i> *									
<i>Rutilus rutilus</i>							11	19	
<i>Rutilus virgo</i> *									
<i>Sabanejewia balcanica</i>									
<i>Salmo trutta</i> *									
<i>Sander lucioperca</i> *									
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>								2	
<i>Silurus glanis</i>									
<i>Squalius cephalus</i>	3	240	14	1	1	6			
<i>Tinca tinca</i> *									
<i>Vimba vimba</i> *									

Nastavak priloga 1

Vrsta / Lokacija	Db1	Dg1	Do	Dra	Du1	G11	G12	G1G1	G1G2
<i>Abramis brama</i> *									
<i>Alburnoides bipunctatus</i>									
<i>Alburnus alburnus</i>				42					
<i>Ameiurus melas</i> *									
<i>Ballerus sapa</i> *									
<i>Barbatula barbatula</i>	1						3		
<i>Barbus balcanicus</i>						6		1	6
<i>Barbus barbus</i>					2				
<i>Blicca bjoerkna</i> *									
<i>Carassius gibelio</i>									
<i>Chondrostoma nasus</i> *									
<i>Cobitis elongata</i>									
<i>Cobitis elongatoides</i>									
<i>Cottus gobio</i>									
<i>Cyprinus carpio</i>									
<i>Esox lucius</i> *			1						
<i>Eudontomyzon vladykovi</i> *									
<i>Gobio obtusirostris</i>		7			5	2	8		2
<i>Gymnocephalus cernua</i> *									
<i>Hucho hucho</i> *									
<i>Lepomis gibbosus</i>			3						
<i>Leuciscus aspius</i> *									
<i>Leuciscus idus</i>									
<i>Leuciscus leuciscus</i> *									
<i>Misgurnus fossilis</i> *									
<i>Neogobius fluviatilis</i> *									
<i>Neogobius melanostomus</i> *									
<i>Perca fluviatilis</i>			4						
<i>Phoxinus lumaireul</i>									
<i>Pseudorasbora parva</i>								1	
<i>Rhodeus amarus</i>			6					9	47
<i>Romanogobio kesslerii</i> *									
<i>Rutilus rutilus</i>				2					
<i>Rutilus virgo</i> *									
<i>Sabanejewia balcanica</i>									
<i>Salmo trutta</i> *									
<i>Sander lucioperca</i> *									
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>									
<i>Silurus glanis</i>									
<i>Squalius cephalus</i>		63		12		1	6	1	4
<i>Tinca tinca</i> *									
<i>Vimba vimba</i> *									

Nastavak priloga 1

Vrsta / Lokacija	Go2	Gr1	Ho2	Jel	Ka1	KBe	KBi	kCs	KDB
<i>Abramis brama</i> *								4	
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	25	39	1						
<i>Alburnus alburnus</i>	12		15						
<i>Ameiurus melas</i> *	1								
<i>Ballerus sapa</i> *									
<i>Barbatula barbatula</i>	1	6	2						
<i>Barbus balcanicus</i>									
<i>Barbus barbus</i>									
<i>Blicca bjoerkna</i> *									
<i>Carassius gibelio</i>	3		5	330		7	20	16	5
<i>Chondrostoma nasus</i> *									
<i>Cobitis elongata</i>	1								
<i>Cobitis elongatoides</i>	2			9					
<i>Cottus gobio</i>									
<i>Cyprinus carpio</i>				103					
<i>Esox lucius</i> *								8	
<i>Eudontomyzon vladykovi</i> *		1							
<i>Gobio obtusirostris</i>	3	10	9		10				
<i>Gymnocephalus cernua</i> *									
<i>Hucho hucho</i> *									
<i>Lepomis gibbosus</i>	3								
<i>Leuciscus aspius</i> *								2	
<i>Leuciscus idus</i>				23					
<i>Leuciscus leuciscus</i> *									
<i>Misgurnus fossilis</i> *								2	
<i>Neogobius fluviatilis</i> *									
<i>Neogobius melanostomus</i> *									
<i>Perca fluviatilis</i>	9							2	
<i>Phoxinus lumaireul</i>		4							
<i>Pseudorasbora parva</i>	1		2	72			38	4	
<i>Rhodeus amarus</i>		1	17				2	2	
<i>Romanogobio kesslerii</i> *									
<i>Rutilus rutilus</i>	2								
<i>Rutilus virgo</i> *									
<i>Sabanejewia balcanica</i>		1							
<i>Salmo trutta</i> *									
<i>Sander lucioperca</i> *									
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>								18	
<i>Silurus glanis</i>									
<i>Squalius cephalus</i>	12	4	11						
<i>Tinca tinca</i> *								2	
<i>Vimba vimba</i> *									

Nastavak priloga 1



Vrsta / Lokacija	KDr	KI1	KV	KIB	KJA	KJS	KKo	KMS	Kor
<i>Abramis brama</i> *								2	
<i>Alburnoides bipunctatus</i>									
<i>Alburnus alburnus</i>	1				12		1	7	11
<i>Ameiurus melas</i> *	1								2
<i>Ballerus sapa</i> *									
<i>Barbatula barbatula</i>									
<i>Barbus balcanicus</i>		8	6						
<i>Barbus barbus</i>									
<i>Blicca bjoerkna</i> *									
<i>Carassius gibelio</i>	5		2	2		6	6		6
<i>Chondrostoma nasus</i> *									
<i>Cobitis elongata</i>									
<i>Cobitis elongatoides</i>	7		8		7	7	3	9	4
<i>Cottus gobio</i>									
<i>Cyprinus carpio</i>									
<i>Esox lucius</i> *				3		4		1	1
<i>Eudontomyzon vladykovi</i> *									
<i>Gobio obtusirostris</i>		11	23						
<i>Gymnocephalus cernua</i> *									
<i>Hucho hucho</i> *									
<i>Lepomis gibbosus</i>				2	5				12
<i>Leuciscus aspius</i> *									
<i>Leuciscus idus</i>									
<i>Leuciscus leuciscus</i> *									
<i>Misgurnus fossilis</i> *						3			
<i>Neogobius fluviatilis</i> *									
<i>Neogobius melanostomus</i> *									
<i>Perca fluviatilis</i>	2		1					2	
<i>Phoxinus lumaireul</i>									
<i>Pseudorasbora parva</i>	5		4			1	9		
<i>Rhodeus amarus</i>							7	1	
<i>Romanogobio kesslerii</i> *									
<i>Rutilus rutilus</i>					4	2	2	13	
<i>Rutilus virgo</i> *									
<i>Sabanejewia balcanica</i>									
<i>Salmo trutta</i> *									
<i>Sander lucioperca</i> *									
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>							7		
<i>Silurus glanis</i>									
<i>Squalius cephalus</i>		6	7						
<i>Tinca tinca</i> *									
<i>Vimba vimba</i> *									

Nastavak priloga 1

Vrsta / Lokacija	KPo	KR2	KRZ1	KSi	Ku1	KVE	LBr	Li1	Lic
<i>Abramis brama</i> *				2		4			
<i>Alburnoides bipunctatus</i>					131				
<i>Alburnus alburnus</i>					3				87
<i>Ameiurus melas</i> *								1	
<i>Ballerus sapa</i> *									
<i>Barbatula barbatula</i>		9						5	
<i>Barbus balcanicus</i>					14				
<i>Barbus barbus</i>									
<i>Blicca bjoerkna</i> *									
<i>Carassius gibelio</i>				3		6			60
<i>Chondrostoma nasus</i> *									
<i>Cobitis elongata</i>		2							
<i>Cobitis elongatoides</i>			11			5			
<i>Cottus gobio</i>					4				
<i>Cyprinus carpio</i>				2					12
<i>Esox lucius</i> *					1				
<i>Eudontomyzon vladykovi</i> *									
<i>Gobio obtusirostris</i>									
<i>Gymnocephalus cernua</i> *					40			11	1
<i>Hucho hucho</i> *									
<i>Lepomis gibbosus</i>						13			9
<i>Leuciscus aspius</i> *									
<i>Leuciscus idus</i>									
<i>Leuciscus leuciscus</i> *									
<i>Misgurnus fossilis</i> *									
<i>Neogobius fluviatilis</i> *									
<i>Neogobius melanostomus</i> *									
<i>Perca fluviatilis</i>							1		6
<i>Phoxinus phoxinellus</i>					6				
<i>Pseudorasbora parva</i>		2		3				3	12
<i>Rhodeus amarus</i>		2						30	3
<i>Romanogobio kesslerii</i> *									
<i>Rutilus rutilus</i>						5			15
<i>Rutilus virgo</i> *									
<i>Sabanejewia balcanica</i>									
<i>Salmo trutta</i> *					5				
<i>Sander lucioperca</i> *									
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>				4					
<i>Silurus glanis</i>									
<i>Squalius cephalus</i>		61			2	1	1	7	
<i>Tinca tinca</i> *				1			1		
<i>Vimba vimba</i> *									

Nastavak priloga 1

Vrsta / Lokacija	Lkn	IKT	Lm1	Lo2	Lom	Luf	Ma1	Ma2	Mrs
<i>Abramis brama</i> *									
<i>Alburnoides bipunctatus</i>							21		
<i>Alburnus alburnus</i>	33		90		47				
<i>Ameiurus melas</i> *	3								
<i>Ballerus sapa</i> *									
<i>Barbatula barbatula</i>					6		9		
<i>Barbus balcanicus</i>							8		
<i>Barbus barbus</i>									
<i>Blicca bjoerkna</i> *	1								
<i>Carassius gibelio</i>	3	4		78	5	8		7	27
<i>Chondrostoma nasus</i> *					13				
<i>Cobitis elongata</i>					1		3		
<i>Cobitis elongatoides</i>			2	5	4		5	2	1
<i>Cottus gobio</i>					1				
<i>Cyprinus carpio</i>				56		1			
<i>Esox lucius</i> *									
<i>Eudontomyzon vladykovi</i> *									
<i>Gobio obtusirostris</i>			12				7		
<i>Gymnocephalus cernua</i> *									
<i>Hucho hucho</i> *									
<i>Lepomis gibbosus</i>	34				4				
<i>Leuciscus aspius</i> *									
<i>Leuciscus idus</i>									1
<i>Leuciscus leuciscus</i> *									
<i>Misgurnus fossilis</i> *									
<i>Neogobius fluviatilis</i> *					1				
<i>Neogobius melanostomus</i> *					19				
<i>Perca fluviatilis</i>	2				2			3	
<i>Phoxinus lumaireul</i>							10		
<i>Pseudorasbora parva</i>	2		15						17
<i>Rhodeus amarus</i>	1		9		1		8		4
<i>Romanogobio kesslerii</i> *									
<i>Rutilus rutilus</i>	5		5	1	3				
<i>Rutilus virgo</i> *					3				
<i>Sabanejewia balcanica</i>									
<i>Salmo trutta</i> *									
<i>Sander lucioperca</i> *									
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>					1				
<i>Silurus glanis</i>				6	1				
<i>Squalius cephalus</i>			56		39		32		
<i>Tinca tinca</i> *									
<i>Vimba vimba</i> *					26				

Nastavak priloga 1

Vrsta / Lokacija	Mru	Mt2	Oc1	Oc2	Ok1	Or1	Or2	Or1j	Oz1
<i>Abramis brama</i> *									
<i>Alburnoides bipunctatus</i>			27	25					21
<i>Alburnus alburnus</i>	9				22	10	22		
<i>Ameiurus melas</i> *									
<i>Ballerus sapa</i> *									
<i>Barbatula barbatula</i>		2	10	3					1
<i>Barbus balcanicus</i>			2	9			1		7
<i>Barbus barbus</i>									7
<i>Blicca bjoerkna</i> *									
<i>Carassius gibelio</i>	16				1		1	9	
<i>Chondrostoma nasus</i> *									
<i>Cobitis elongata</i>						1			
<i>Cobitis elongatoides</i>					1	6	4	1	
<i>Cottus gobio</i>			1	1					
<i>Cyprinus carpio</i>									
<i>Esox lucius</i> *									
<i>Eudontomyzon vladykovi</i> *									
<i>Gobio obtusirostris</i>			1	3					1
<i>Gymnocephalus cernua</i> *									
<i>Hucho hucho</i> *									
<i>Lepomis gibbosus</i>					20			3	
<i>Leuciscus aspius</i> *									
<i>Leuciscus idus</i>									
<i>Leuciscus leuciscus</i> *									
<i>Misgurnus fossilis</i> *									
<i>Neogobius fluviatilis</i> *									
<i>Neogobius melanostomus</i> *									
<i>Perca fluviatilis</i>					9			5	
<i>Phoxinus lumaireul</i>		18							
<i>Pseudorasbora parva</i>	8				33			15	
<i>Rhodeus amarus</i>	26	3			5		3		2
<i>Romanogobio kesslerii</i> *								3	
<i>Rutilus rutilus</i>	1	3				4			
<i>Rutilus virgo</i> *									
<i>Sabanejewia balcanica</i>									
<i>Salmo trutta</i> *									
<i>Sander lucioperca</i> *								1	
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>									
<i>Silurus glanis</i>									
<i>Squalius cephalus</i>	1	1	2	3	3	2	3		9
<i>Tinca tinca</i> *									
<i>Vimba vimba</i> *						3	9		

Nastavak priloga 1

Vrsta / Lokacija	Oz2	Pa2	pBu	Pik	Pir	Po1	Po2	Re1	ReR1
<i>Abramis brama</i> *									
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	10							2	
<i>Alburnus alburnus</i>				7	1				
<i>Ameiurus melas</i> *				1					
<i>Ballerus sapa</i> *									
<i>Barbatula barbatula</i>		6	1						
<i>Barbus balcanicus</i>	5	22				1	13	4	
<i>Barbus barbus</i>	3								
<i>Blicca bjoerkna</i> *									
<i>Carassius gibelio</i>				47	15				
<i>Chondrostoma nasus</i> *									
<i>Cobitis elongata</i>					1			3	
<i>Cobitis elongatooides</i>				9	3			7	
<i>Cottus gobio</i>			11						
<i>Cyprinus carpio</i>				2					
<i>Esox lucius</i> *								2	
<i>Eudontomyzon vladykovi</i> *									
<i>Gobio obtusirostris</i>	1							3	29
<i>Gymnocephalus cernua</i> *									
<i>Hucho hucho</i> *									
<i>Lepomis gibbosus</i>						5		1	
<i>Leuciscus aspius</i> *									
<i>Leuciscus idus</i>									
<i>Leuciscus leuciscus</i> *									
<i>Misgurnus fossilis</i> *									
<i>Neogobius fluviatilis</i> *									
<i>Neogobius melanostomus</i> *									
<i>Perca fluviatilis</i>					1			1	
<i>Phoxinus lumaireul</i>		3							
<i>Pseudorasbora parva</i>				24	2				1
<i>Rhodeus amarus</i>			2	10	1			16	
<i>Romanogobio kesslerii</i> *									
<i>Rutilus rutilus</i>						1		6	
<i>Rutilus virgo</i> *									
<i>Sabanejewia balcanica</i>									
<i>Salmo trutta</i> *									
<i>Sander lucioperca</i> *									
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>									
<i>Silurus glanis</i>									
<i>Squalius cephalus</i>	4	8	1		3			9	56
<i>Tinca tinca</i> *									
<i>Vimba vimba</i> *									

Nastavak priloga 1

Vrsta / Lokacija	ReR2	ReU1	Ri1	Rk2	Ro1	SeJ	SK2	SI1	SI2
<i>Abramis brama</i> *									
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	7	1						29	
<i>Alburnus alburnus</i>		7					1		
<i>Ameiurus melas</i> *									
<i>Ballerus sapa</i> *		1				5			
<i>Barbatula barbatula</i>							5		
<i>Barbus balcanicus</i>	30	2						46	4
<i>Barbus barbus</i>									
<i>Blicca bjoerkna</i> *									
<i>Carassius gibelio</i>		3			2	29			
<i>Chondrostoma nasus</i> *									
<i>Cobitis elongata</i>									
<i>Cobitis elongatoides</i>		4				2			
<i>Cottus gobio</i>									
<i>Cyprinus carpio</i>						1			
<i>Esox lucius</i> *									
<i>Eudontomyzon vladykovi</i> *									
<i>Gobio obtusirostris</i>	8	10	1	211			19		
<i>Gymnocephalus cernua</i> *									
<i>Hucho hucho</i> *									
<i>Lepomis gibbosus</i>									
<i>Leuciscus aspius</i> *									
<i>Leuciscus idus</i>						5			
<i>Leuciscus leuciscus</i> *									
<i>Misgurnus fossilis</i> *									
<i>Neogobius fluviatilis</i> *									
<i>Neogobius melanostomus</i> *									
<i>Perca fluviatilis</i>									
<i>Phoxinus lumaireul</i>							22		
<i>Pseudorasbora parva</i>									
<i>Rhodeus amarus</i>		9							
<i>Romanogobio kesslerii</i> *									
<i>Rutilus rutilus</i>		3				10			
<i>Rutilus virgo</i> *									
<i>Sabanejewia balcanica</i>									
<i>Salmo trutta</i> *									
<i>Sander lucioperca</i> *									
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>						1			
<i>Silurus glanis</i>									
<i>Squalius cephalus</i>	30	38		2		5	12	3	1
<i>Tinca tinca</i> *									
<i>Vimba vimba</i> *									

Nastavak priloga 1

Vrsta / Lokacija	Sta	Stu	Su2	Sum1	Tes	Tr1	Trn	Ud1	Ud2
<i>Abramis brama</i> *									
<i>Alburnoides bipunctatus</i>			14					1	
<i>Alburnus alburnus</i>	10	5	3		45				
<i>Ameiurus melas</i> *									
<i>Ballerus sapa</i> *									
<i>Barbatula barbatula</i>						10			
<i>Barbus balcanicus</i>								4	
<i>Barbus barbus</i>			3						
<i>Blicca bjoerkna</i> *							2		
<i>Carassius gibelio</i>	9		8	30	6		4		
<i>Chondrostoma nasus</i> *			1						
<i>Cobitis elongata</i>								1	
<i>Cobitis elongatoides</i>	11				3		2	7	2
<i>Cottus gobio</i>									
<i>Cyprinus carpio</i>			2		3				
<i>Esox lucius</i> *									
<i>Eudontomyzon vladykovi</i> *						1			
<i>Gobio obtusirostris</i>			14	2		75			
<i>Gymnocephalus cernua</i> *									
<i>Hucho hucho</i> *								1	1
<i>Lepomis gibbosus</i>	1	12			6				
<i>Leuciscus aspius</i> *									
<i>Leuciscus idus</i>									
<i>Leuciscus leuciscus</i> *			2						
<i>Misgurnus fossilis</i> *									
<i>Neogobius fluviatilis</i> *									
<i>Neogobius melanostomus</i> *									
<i>Perca fluviatilis</i>					3				
<i>Phoxinus lumaireul</i>						18			6
<i>Pseudorasbora parva</i>			1	1				1	
<i>Rhodeus amarus</i>			5		30			3	
<i>Romanogobio kesslerii</i> *			11						
<i>Rutilus rutilus</i>		5							
<i>Rutilus virgo</i> *									
<i>Sabanejewia balcanica</i>						1			
<i>Salmo trutta</i> *									
<i>Sander lucioperca</i> *									
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>				1					
<i>Silurus glanis</i>									
<i>Squalius cephalus</i>	2		11	140	6	26			4
<i>Tinca tinca</i> *									
<i>Vimba vimba</i> *									

Nastavak priloga 1

Nastavak priloga 1

Vrsta / Lokacija	Un2	Us1	Us2	Ut1	Utn2	Vi1	Vi2	Vo1	Vo2
<i>Abramis brama</i> *									
<i>Alburnoides bipunctatus</i>								128	29
<i>Alburnus alburnus</i>	2			1	8	6			
<i>Ameiurus melas</i> *									
<i>Ballerus sapa</i> *								1	1
<i>Barbatula barbatula</i>								8	5
<i>Barbus balcanicus</i>					2			8	19
<i>Barbus barbus</i>									
<i>Blicca bjoerkna</i> *									
<i>Carassius gibelio</i>	57						21	5	
<i>Chondrostoma nasus</i> *					1				
<i>Cobitis elongata</i>	2	4	2						
<i>Cobitis elongatoides</i>	6					1			
<i>Cottus gobio</i>					4	5			
<i>Cyprinus carpio</i>	10								
<i>Esox lucius</i> *									
<i>Eudontomyzon vladykovi</i> *									
<i>Gobio obtusirostris</i>					1	3		8	2
<i>Gymnocephalus cernua</i> *									
<i>Hucho hucho</i> *									
<i>Lepomis gibbosus</i>						1			
<i>Leuciscus aspius</i> *									
<i>Leuciscus idus</i>	1								
<i>Leuciscus leuciscus</i> *					1				
<i>Misgurnus fossilis</i> *									
<i>Neogobius fluviatilis</i> *									
<i>Neogobius melanostomus</i> *		1	1						
<i>Perca fluviatilis</i>	7		2						
<i>Phoxinus lumaireul</i>						1			
<i>Pseudorasbora parva</i>					1				
<i>Rhodeus amarus</i>	7		1			2			
<i>Romanogobio kesslerii</i> *									
<i>Rutilus rutilus</i>	2	1							
<i>Rutilus virgo</i> *									
<i>Sabanejewia balcanica</i>		1	1	4	1				
<i>Salmo trutta</i> *									
<i>Sander lucioperca</i> *									
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>									
<i>Silurus glanis</i>			3						
<i>Squalius cephalus</i>	2	1	4	9	1			28	3
<i>Tinca tinca</i> *									
<i>Vimba vimba</i> *									



<i>Vrsta / Lokacija</i>	<i>Vrb</i>	<i>VSC</i>	<i>VSn</i>	<i>Zi1</i>	<i>Zi2</i>
<i>Abramis brama</i> *					
<i>Alburnoides bipunctatus</i>				15	22
<i>Alburnus alburnus</i>		3	19	2	2
<i>Ameiurus melas</i> *	5		1		
<i>Ballerus sapa</i> *		5			
<i>Barbatula barbatula</i>					
<i>Barbus balcanicus</i>					
<i>Barbus barbus</i>					1
<i>Blicca bjoerkna</i> *					
<i>Carassius gibelio</i>	1	143	11		
<i>Chondrostoma nasus</i> *				1	1
<i>Cobitis elongata</i>				1	6
<i>Cobitis elongatoides</i>	7	11	3		
<i>Cottus gobio</i>				1	1
<i>Cyprinus carpio</i>		9	8		
<i>Esox lucius</i> *					
<i>Eudontomyzon vladykovi</i> *					
<i>Gobio obtusirostris</i>				4	1
<i>Gymnocephalus cernua</i> *		1			
<i>Hucho hucho</i> *					
<i>Lepomis gibbosus</i>		1	1		
<i>Leuciscus aspius</i> *					
<i>Leuciscus idus</i>			3		
<i>Leuciscus leuciscus</i> *					
<i>Misgurnus fossilis</i> *					
<i>Neogobius fluviatilis</i> *					
<i>Neogobius melanostomus</i> *					
<i>Perca fluviatilis</i>		5			
<i>Phoxinus lumaireul</i>					1
<i>Pseudorasbora parva</i>		1			
<i>Rhodeus amarus</i>		1			
<i>Romanogobio kesslerii</i> *					
<i>Rutilus rutilus</i>		36	17		
<i>Rutilus virgo</i> *					
<i>Sabanejewia balcanica</i>					
<i>Salmo trutta</i> *					
<i>Sander lucioperca</i> *					
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>					
<i>Silurus glanis</i>		2	1		
<i>Squalius cephalus</i>	3			5	6
<i>Tinca tinca</i> *					
<i>Vimba vimba</i> *					

Nastavak priloga 1

Prilog 2. Ostale okolišne značajke korištene u analizama za svaku lokaciju (kodovi odgovaraju onima iz tablice 3)

Kod	Prisutnost poljoprivrede	Prisutnost naselja	Zemljana obala (%)	Zasjenjenost (%)	Obojenost vode	Koncentracija kisika (mg/l)	Provodljivost vode ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH
Adz1	da	da	100	0	zamućena/ mutna	8,3	624	8,03
Adz2	da	da	100	0	zamućena/ mutna	9,5	602	8,15
Bb2	ne	da	80	0	zamućena/ mutna	4,43	368	7,74
Bi2	da	ne	90	0	zamućena/ mutna	10,35	560	8,26
Bid	ne	ne	100	40	zamućena/ mutna	4,18	601	7,55
Bo1	da	ne	100	10	bistra	10,89	590	7,92
BoD1	da	ne	95	80	bistra	9,97	765	8,11
BoD2	da	ne	95	80	bistra	9,97	765	8,11
Br1	da	ne	100	5	zamućena/ mutna	8,5	230	7,46
BrD1	ne	ne	80	80	zamućena/ mutna	5,62	780	8,15
BrD2	da	ne	100	10	zamućena/ mutna	5,5	620	8,05
BrK1	da	da	100	5	zamućena/ mutna	3,5	830	8,00
BrK2	da	da	100	20	bistra	4,39	780	7,77
Bu2	da	ne	100	90	zamućena/ mutna	8,09	170	7,55
Buk	ne	ne	100	75	zamućena/ mutna	5,75	459	7,68
Cml	ne	ne	100	20	zamućena/ mutna	2,47	410	7,35
Db1	da	ne	100	40	zamućena/ mutna	11,03	561	8,23
Dg1	ne	da	30	20	zamućena/ mutna	4,46	640	7,81
Do	ne	ne	100	80	zamućena/ mutna	3,45	204	7,21
Dra	ne	ne	100	0	bistra	6,11	537	8,49
Du1	da	ne	90	10	bistra	4,54	401	7,18
Gl1	da	ne	80	20	bistra	9,5	594	8,10
Gl2	da	ne	90	0	zamućena/ mutna	6,94	625	7,95
GIG1	da	da	100	0	zamućena/ mutna	7,06	659	8,01
GIG2	da	da	85	0	zamućena/ mutna	5,25	659	7,82
Go2	ne	ne	100	80	zamućena/ mutna	5,13	544	7,88

## Nastavak priloga 2

Kod	Prisutnost poljoprivrede	Prisutnost naselja	Zemljana obala (%)	Zasjenjenost (%)	Obojenost vode	Koncentracija kisika (mg/l)	Provodljivost vode ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH
Gr1	ne	da	100	50	zamućena/ mutna	7,64	70	6,97
Ho2	da	ne	100	100	zamućena/ mutna	8,14	282	7,68
Jel	da	ne	100	0	bistra	2,84	555	7,41
Ka1	da	da	30	20	zamućena/ mutna	6,77	677	7,90
kBe	da	da	100	0	bistra	10,84	954	8,27
kBi	ne	ne	100	0	bistra	7,2	455	7,80
kCs	ne	ne	90	10	zamućena/ mutna	6,34	242	9,20
kDB	da	da	100	10	zamućena/ mutna	0,85	596	7,70
kDr	da	ne	100	25	zamućena/ mutna	13,7	376	7,75
Ki1	ne	da	100	40	zamućena/ mutna	6,5	643	8,14
kV	da	ne	80	75	zamućena/ mutna	83,8	622	8,15
kiB	ne	ne	100	0	zamućena/ mutna	1,2	420	9,55
kJA	da	ne	100	15	zamućena/ mutna	7,9	444	8,60
KJS	ne	ne	100	50	zamućena/ mutna	6,61	372	7,65
kKo	da	ne	100	30	bistra	2,58	499	7,33
KMS	ne	ne	100	70	zamućena/ mutna	10,95	307	8,45
Kor	ne	ne	100	40	zamućena/ mutna	7,2	442	8,20
kPo	da	ne	100	0	zamućena/ mutna	8,25	793	7,87
Kr2	ne	da	100	0	zamućena/ mutna	5,09	300	7,20
KrZ1	ne	ne	100	60	zamućena/ mutna	6,28	238	7,17
kSi	da	ne	100	20	bistra	3,71	360	7,60
Ku1	da	da	100	50	bistra	10,23	526	8,22
kVE	da	ne	100	50	bistra	2,04	419	7,47
LBr	da	da	100	40	bistra	3,68	486	7,35
Li1	ne	da	80	0	zamućena/ mutna	4,05	808	7,64
Lic	ne	ne	100	40	zamućena/ mutna	2,7	249	7,23

## Nastavak priloga 2

Kod	Prisutnost poljoprivrede	Prisutnost naselja	Zemljana obala (%)	Zasjenjenost (%)	Obojenost vode	Koncentracija kisika (mg/l)	Provodljivost vode ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH
Lkn	da	ne	100	0	zamućena/ mutna	9,2	342	8,28
IkT	da	ne	100	0	bistra	0,98	576	7,45
Lm1	ne	da	85	5	zamućena/ mutna	6,09	442	7,72
Lo2	da	ne	100	25	zamućena/ mutna	7,47	545	7,67
Lom	ne	da	100	0	zamućena/ mutna	4	547	7,53
Luf	ne	ne	100	0	zamućena/ mutna	6,3	812	7,46
Ma1	da	da	100	25	zamućena/ mutna	7,46	582	8,09
Ma2	ne	ne	100	25	bistra	13,08	582	8,09
Mrs	ne	da	0	0	bistra	9,96	488	7,77
Mru	ne	ne	95	20	zamućena/ mutna	6,01	428	7,83
Mt2	ne	ne	100	90	zamućena/ mutna	7,5	345	7,70
Oc1	da	ne	50	80	bistra	8,96	557	8,09
Oc2	da	da	30	50	bistra	8,64	523	8,01
Ok1	ne	ne	100	50	zamućena/ mutna	5,41	511	7,57
Or1	ne	ne	100	40	bistra	10,74	621	7,45
Or2	ne	ne	100	10	bistra	10,74	621	7,45
Orlj	ne	ne	100	0	zamućena/ mutna	7,59	482	8,02
Oz1	da	ne	100	0	zamućena/ mutna	8,84	263	7,61
Oz2	da	ne	80	50	zamućena/ mutna	8,84	267	7,69
Pa2	ne	ne	100	80	bistra	9,36	679	8,01
pBu	da	ne	100	70	zamućena/ mutna	7,3	341	7,67
Pik	ne	da	100	20	zamućena/ mutna	3,67	234	7,15
Pir	ne	da	100	25	zamućena/ mutna	4,18	138	6,94
Po1	da	ne	100	90	bistra	9,91	505	8,39
Po2	ne	da	100	0	bistra	9,52	480	8,22
Re1	ne	da	100	50	zamućena/ mutna	3,87	443	7,31

## Nastavak priloga 2

Kod	Prisutnost poljoprivrede	Prisutnost naselja	Zemljana obala (%)	Zasjenjenost (%)	Obojenost vode	Koncentracija kisika (mg/l)	Provodljivost vode ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH
ReR1	da	da	50	10	zamućena/ mutna	10,8	661	8,37
ReR2	da	ne	100	40	zamućena/ mutna	8,64	630	7,99
ReU1	da	ne	100	70	zamućena/ mutna	9,56	628	8,26
Ri1	ne	da	100	20	bistra	7,82	667	7,75
Rk2	ne	da	100	25	zamućena/ mutna	9,02	586	7,50
Ro1	ne	da	40	0	zamućena/ mutna	3,12	618	7,60
SeJ	ne	ne	100	70	zamućena/ mutna	0,59	735	7,59
Sk2	ne	ne	80	75	zamućena/ mutna	2,05	159	7,05
SI1	ne	ne	90	40	bistra	10,75	273	8,38
SI2	ne	da	50	0	bistra	10,99	292	8,18
Sta	ne	ne	100	90	zamućena/ mutna	8,6	541	8,14
Stu	ne	ne	100	70	zamućena/ mutna	6,8	393	8,08
Su2	ne	da	100	10	bistra	7,03	315	7,59
Sum1	ne	da	100	0	zamućena/ mutna	9,54	259	8,45
Tes	ne	ne	100	25	bistra	9,32	443	7,55
Tr1	da	ne	95	5	zamućena/ mutna	8,45	89	7,23
Trn	da	da	100	50	zamućena/ mutna	4,95	537	7,65
Ud1	da	ne	100	20	bistra	11,5	409	8,30
Ud2	da	ne	100	30	bistra	11,43	415	8,27
Un2	ne	da	100	10	bistra	11,52	426	8,27
Us1	da	da	100	80	bistra	10,88	411	8,33
Us2	da	da	100	20	bistra	10,78	409	8,26
Ut1	ne	ne	100	50	zamućena/ mutna	8,27	146	7,42
Utn2	da	ne	100	90	zamućena/ mutna	7,34	481	7,90
Vi1	da	ne	100	10	bistra	9,62	823	8,20
Vi2	da	ne	100	10	bistra	8,7	823	8,15

## Nastavak priloga 2

<b>Kod</b>	<b>Prisutnost poljoprivrede</b>	<b>Prisutnost naselja</b>	<b>Zemljana obala (%)</b>	<b>Zasjenjenost (%)</b>	<b>Obojenost vode</b>	<b>Koncentracija kisika (mg/l)</b>	<b>Provodljivost vode (<math>\mu</math>S/cm)</b>	<b>pH</b>
Vo1	ne	da	100	40	bistra	9	586	8,39
Vo2	ne	da	100	70	bistra	9,93	586	8,39
Vrb	da	da	100	20	bistra	10,56	662	8,20
VSC	ne	ne	100	40	zamućena/ mutna	8,35	524	7,83
VSn	ne	ne	100	60	zamućena/ mutna	2,46	504	7,80
Zi1	da	da	100	60	bistra	9,9	310	7,50
Zi2	da	da	100	20	bistra	9,87	320	7,75