

Stanje makrozoobentoskih beskralježnjaka rukavca Drave (Halasz Csarde) i jezera Šoderica

Čaldarević, Lana

Master's thesis / Diplomski rad

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:204:864289>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**STANJE MAKROZOOBENTOSKIH BESKRALJEŽNJAKA
RUKAVCA DRAVE (HALASZ CSARDE) I JEZERA
ŠODERICA**
DIPLOMSKI RAD

Lana Čaldarević

Zagreb, rujan 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Ribarstvo i lovstvo

**STANJE MAKROZOOBENTOSKIH BESKRALJEŽNJAKA
RUKAVCA DRAVE (HALASZ CSARDE) I JEZERA
ŠODERICA**

DIPLOMSKI RAD

Lana Čaldarević

Mentor:
prof. dr. sc. Tea Tomljanović

Zagreb, rujan 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Lana Čaldarević**, JMBAG 0269121991, rođen/a 23.1.1998. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

STANJE MAKROZOOBENTOSKIH BESKRALJEŽNJAKA RUKAVCA DRAVE (HALASZ CSARDE) I JEZERA ŠODERICA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Lana Čaldarević**, JMBAG 0269121991, naslova

**STANJE MAKROZOOBENTOSKIH BESKRALJEŽNJAKA RUKAVCA DRAVE (HALASZ CSARDE) I
JEZERA ŠODERICA**

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. prof. dr. sc. Tea Tomljanović mentor

2. izv. prof. dr. sc. Ana Gavrilović član

3. izv. prof. dr. sc. Daniel Matulić član

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. Uvod | 1 |
| 1.1. Cilj rada | 3 |
| 2. Materijali i metode | 4 |
| 2.1. Područje istraživanja | 4 |
| 2.2. Halasz Csarda..... | 5 |
| 2.2. Drava | 6 |
| 2.3. Metode uzorkovanja..... | 7 |
| 2.4. Statistička obrada podataka | 8 |
| 3. Rezultati..... | 9 |
| 3. Rasprava..... | 14 |
| 4. Zaključak | 16 |
| 5. Literatura | 17 |

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Lana Čaldarević**, naslova

STANJE MAKROZOOBENTOSKIH BESKRALJEŽNJAKA RUKAVCA DRAVE (HALASZ CSARDE) I JEZERA ŠODERICA

Poznato je da se putem analize makrozoobentosa može dobiti uvid u ekološko stanje voda. U ovom radu se napravila identifikacija i usporedba organizama koji nastanjuju Halasz Csardu i određeno područje rijeke Drave, dok je pristup jezeru Šoderica bio onemogućen, čime se dobio uvid u stupanj zagađenja tih područja. Ljudska aktivnost na pojedinim lokacijama može značajno utjecati na kvalitetu i sastav vode. Tijekom svibnja, lipnja i srpnja uzimali su se uzorci makrozoobentosa sa obje lokacije te su identificirani do najniže moguće taksonomske kategorije. Izračunom Shannon-Wienerovog i Simpsonovog indeksa došlo se do zaključka da je na obje lokacije diverzitet vrsta nizak, i da je sastav vrsta na lokacijama sličan. Putem sakupljenih indikatorskih vrsta, tj. putem proučavanja otpornosti tih organizama na stupanj onečišćenja vode, došlo se i do zaključka da je njena kvaliteta na obje lokacije barem srednjeg stupnja onečišćenja, iako je na rijeci Dravi njena kvaliteta malo viša.

Ključne riječi: makrozoobentos, rijeka Drava, onečišćenje, indeks

Summary

Of the master's thesis – student **Lana Čaldarević**, entitled

THE CONDITION OF MACROZOOBENTHIC INVERTEBRATES OF A BACKWATER OF DRAVA (HALASZ CSARDA) AND LAKE ŠODERICA

It's known that the analysis of macrozoobenthos can provide insight into the ecological status of bodies of water. This paper will identify and compare the organisms that inhabit Halasz Csarda and a specific area of the Drava River, while lake Šoderica was inaccessible, providing insight into the degree of pollution in those areas. Human activity in certain locations can significantly affect the quality and composition of water. During May, June, and July, samples of macrozoobenthos were taken from both locations and identified to the lowest possible taxonomic category. By calculating Shannon-Wiener's and Simpson's indexes, it's been concluded that both locations have low diversity of species and show a uniform structure of species in both locations. By studying the gathered indicator species and their resistances to varying degrees of pollution, it's been concluded that the state of both locations points to at least a medium level of pollution, with Drava's water quality being of a marginally better condition.

Keywords: macrozoobenthos, the Drava river, pollution, index

1. Uvod

Makrozoobentosom smatraju se makroskopski beskralježnjaci koji se nalaze na dnu vodenog stupca te su pričvršćeni za podlogu, obitavaju na njoj ili su ukopani u nju. Da bi organizam pripadao makrozoobentosu mora biti veličine između 1 i 5 mm. Organizmi koji najčešće spadaju u ovu skupinu su mekušci, insekti, rakovi i amfipodni rakovi, nematode, maločetinaši, jednakonošci te deseteronošci (Octavina i sur. 2019). Makrozoobentos bitan je za ekosustave jer pridonosi kruženju hranjivih tvari (detrivori) kao i energetsom transferu unutar prehrambenih lanaca. Isopodi, amfipodi i larve određenih kukaca hrane se organskim tvarima u sedimentu – primjerice ostacima algi, životinja i biljaka te ih tako pretvaraju u nutrijente poput fosfora i dušika, koji su potrebni algama i drugim biljkama. Također, ukoliko tijekom tog procesa postanu plijen predatorima, dolazi do energetskeg transfera do više trofičke razine, što je potrebno za općenito održavanje balansa svakog ekosustava (Gray i Elliott, 2009).

Utjecaj čovjeka na zajednice makrozoobentosa može doprinijeti njihovom sastavu vrsta. Prema Leitneru i sur. (2021), tijekom istraživanja ljudskog utjecaja na makrozoobentos velikih europskih rijeka, došlo se do zaključka da rijeke s niskim intenzitetom antropogenih pritiska obično imaju najveći broj EPT taksona (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*). Pod manjim pritiscima, i broj hemilimničkih jedinki se povećao (imaju kopneni životni stadij). Neautohtone vrste, često morskog podrijetla poput *Amphipoda* i *Isopoda*, npr. *Peracarida*, često koloniziraju rijeke jer su bolje prilagođene promijenjenim uvjetima i staništima u usporedbi s autohtonim organizmima, stoga one utječu na ili čak zamjenjuju autohtonu faunu. Zaključili su da pod velikim pritiscima dolazi do zamjene osjetljivih autohtonih vrsta otpornim i brzo širećim neautohtonim vrstama koje uspijevaju u takvom okolišu, što dovodi do prostorno homogeniziranih zajednica beskralješnjaka s mnogo nižom vrstnom raznolikošću.

Makrozoobentos smatra se jednom od ključnih komponenata za određivanje kakvoće vode te njenog ekološkog stanja. Struktura zajednice makrozoobentosa ponajviše ovisi o fizikalnim i kemijskim svojstvima vode koja mogu biti promjenjiva, zbog čega je bitno pratiti njihovo stanje kroz duži vremenski period kako bi ga efikasno mogli procjeniti. Procjena ekološkog stanja uz pomoć makrozoobentosa smatra se jednom od jednostavnijih metoda budući da su ti organizmi brojni, osjetljivi na promjene u staništu, široko su rasprostranjeni, a i lakše se identificiraju i skupljaju zbog svoje veličine. Većina je vrsta dobro istražena, pa putem njihove prisutnosti i brojnosti na određenom području možemo zaključiti koliki je stupanj onečišćenja tog područja. Prema Harahapu i sur. (2018) tolerancija makrozoobentosa varira ovisno o biotičkim i abiotičkim čimbenicima područja – voda više kvalitete imati će veći diverzitet vrsta, dok će ona niže kvalitete imati manji.

Kvaliteta vode određuje se prema kategorijama ekološkog stanja na temelju rezultata monitoringa bioloških, hidromorfoloških, fizikalno-kemijskih i kemijskih elemenata. Prema Uredbi o standardu kakvoće voda, makrozoobentos se svrstava u jedan od četiri biološka elementa na temelju kojih se određuje ekološko stanje rijeka, jezera i prijelaznih tipova voda.

Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja prikazane su u Tablici 1 i određene su Uredbom o standardu kakvoće voda (Hrvatske vode 2016).

Tablica 1. Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja

| Kategorije ekološkog stanja | Boja |
|-----------------------------|------------|
| Vrlo dobro | Plava |
| Dobro | Zelena |
| Umjereno | Žuta |
| Loše | Narančasta |
| Vrlo loše | Crvena |

Izvor:

https://mingor.gov.hr/UserDocImages//Uprava_vodnoga_gospodarstva_i_zast_mora//odluka_o_donosenju_metodologije_uzorkovanja_laboratorijskih_analiza_i_odredivanja_omjera_ekoloske_kakvoce_bioloskih_elementa_kakvoce_.pdf, pristupljeno 22.04.2023.

Ljudski je utjecaj također bitno napomenuti kao značajni izvor zagađenja voda, ali i ekosustava općenito. Antropogeni utjecaj je široko rasprostranjen, i jače izražen od 1950-ih godina. Rastom populacije došlo je i do porasta potreba za hranom, vodom, gorivom, infrastrukturom, raznim resursima i sl. Kako bi se te potrebe zadovoljile, došlo je do porasta broja poljoprivrednih zemljišta, područja namjenjenih za izgradnju raznih infrastrukture, izgradnja brana, povećanja CO₂ i N₂ u atmosferi, deforestacije, prelova morskih organizama, smanjenja brojnosti koraljnih grebena i mangrova, itd. Sve navedene stavke negativno su utjecale na ekosustave – u mnogim taksonomskim grupama, veličina populacija ili njihov raspon, ili oboje, trenutno je u padu. Distribucija vrsta na globalnoj skali postaje sve više homogena – iste vrste postaju sve sličnije neovisno u lokaciji, kao rezultat namjernog i nenamjernog unošenja/prijenosa vrsta putem globalnog transporta. Genetski diverzitet također se globalno smanjio, posebice u vrstama za uzgoj. Stopa izumiranja vrsta je u posljednjih par stotina godina i do 1000 puta veća u odnosu na povijesne stope. Oko 10-30% ptica, sisavaca i vodozemaca trenutno je ugroženo izumiranjem, a najugroženije su vrste slatkovodnih ekosustava (M.E.A. 2005).

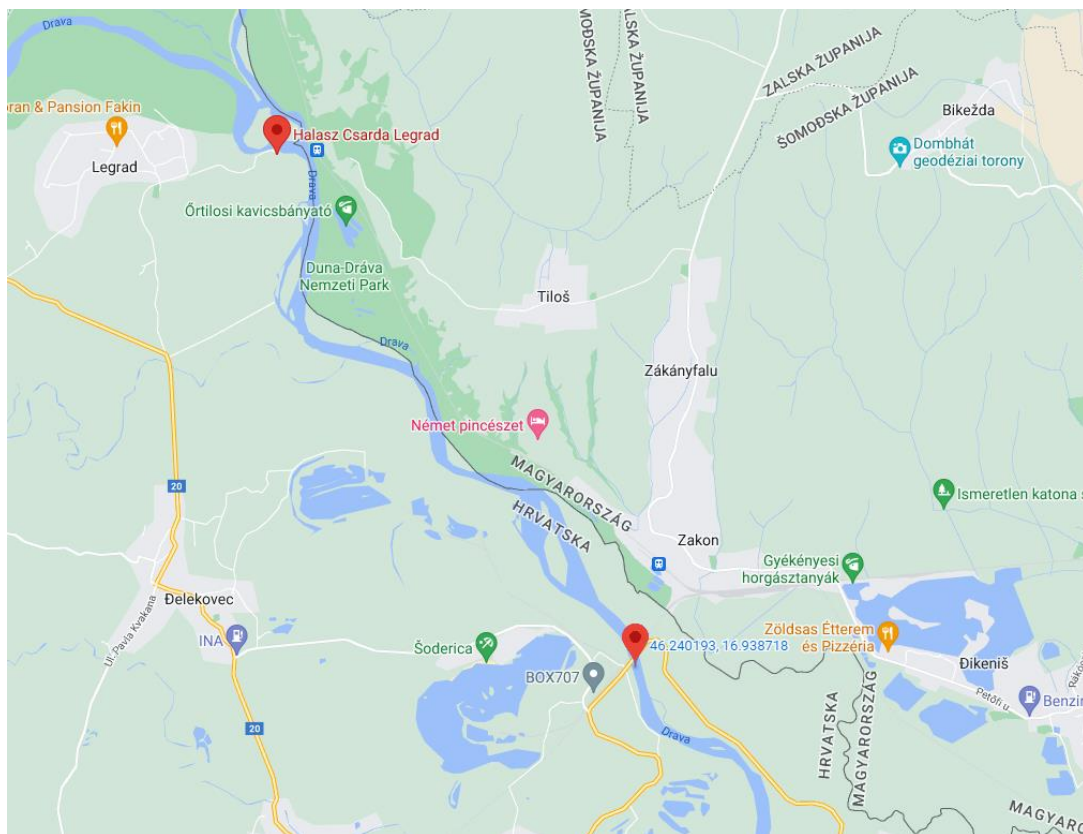
1.1. Cilj rada

Cilj istraživanja bio je utvrditi raznolikost i brojnost zajednice makrozoobentosa rijeke Drave i njenog rukavca Halasz Csarde, te jezeru Šoderica. Na temelju brojnosti organizama i klasifikaciji vrsta utvrditi će se da li postoji razlika u kvaliteti vode na dvije istražene lokacije. Budući da je ljudski utjecaj izraženiji na Halasz Csardi, pretpostavlja se da će organizmi prisutni na tom području ukazivati na nisku kvalitetu vode.

2. Materijali i metode

2.1. Područje istraživanja

Rijeka Drava izvire u Toblaškom polju u Italiji, protječe kroz Austriju, Sloveniju, Mađarsku i Hrvatsku te utječe u Dunav kod Osijeka. Ukupna dužina njenog toka je 749 km, od čega se 323 km proteže Hrvatskom (Matica i Turinski 2013). Područje ovog istraživanja je na granici Hrvatske i Mađarske, u blizini grada Koprivnice. Uspoređivati će se dva lokaliteta rijeke Drave – Halasz Csarda, koja je rukavac rijeke Drave, te odabrana lokacija pogodna za uzimanje uzoraka na rijeci Dravi koja se nalazi ~8 km zračne udaljenosti nizvodno od Halasz Csarde (Slika 1). Iako je planirano, uzorkovanje jezera Šoderica je bilo onemogućeno u istraživanom periodu.



Slika 1. Prikaz lokacija istraživanja na karti (izvor: Google Maps, pristupljeno 22.04.2023.)

2.2. Halasz Csarda

Halasz Csarda je izletište i ribolovno područje koje privlači veći broj ljudi tijekom toplijih mjeseci (Slika 2). Na području su odabrana dva lokaliteta za uzorkovanje, međusobno udaljena otprilike 100 metara. Oba lokaliteta su pogodna za uzorkovanje, supstrat se sastoji od mulja i šljunka. Temperatura zraka prilikom uzorkovanja iznosila je oko 28°C sva tri mjeseca, dok je razina vode bila niska. Tok je izrazito spor, i na površini vode su na mnogim mjestima vidljivi znakovi onečišćenja. Uzorci su uzeti u rasponu od 10.00 - 16.00 h, a plima je rasla kako je vrijeme odmicalo.



Slika 2. Halasz Csarda

2.2. Drava

Druga dva lokaliteta nalaze se na rijeci Dravi, na području gdje nanos šljunka uz njen tok omogućuje lak pristup rijeci, pa tako i uzorkovanje supstrata. Dva lokaliteta također su udaljena oko 100 metara, a supstrat je pretežito šljunkovit (Slike 3 i 4). Tok vode je varirao od umjerenog do brzog, a razina vode je bila niska ranije u danu, nakon čega je stupila plima. Uzorkovalo se u rasponu od 10.00 -16.00 h. Temperatura je iznosila ~28°C tijekom, sva tri dana uzorkovanja, a vidljivog zagađenja nije bilo.



Slika 3. Lokacija Drava, lokalitet 1



Slika 4. Lokacija Drava, lokalitet 2

2.3. Metode uzorkovanja

Istraživanje je provedeno u dva dijela: a) uzorkovanje makrozoobentosa na terenu tijekom svibnja, lipnja i srpnja 2022. godine (Slike 5 i 6) i b) determinacija prikupljenih organizama u laboratoriju. Makrozoobentos uzorkovan je ručnom bentos mrežom veličine oka 0,5 mm – povlačeći okvir mreže po dnu, u smjeru suprotnom od toka vode, u mrežu se sakupila veća količina supstrata i odložila na podlogu, nakon čega su se organizmi pincetom izdvojili od ostatka supstrata. Nakon što je prikupljena dovoljna količina uzorka, organizmi su prebačeni u posudice ispunjene 96%-tnim etanolom kako bi se sačuvali za daljnju analizu. Svaka posudica imala je napisanu šifru i datum uzorkovanja. Na obje lokacije su izdvojena dva lokaliteta, te se za svaki lokalitet, svakog mjeseca uzimala jedna skupina/bočica uzoraka (ukupno 12 posudica sa uzorcima). Nakon završetka terenskog dijela, organizmi su u laboratoriju uklonjeni iz etanola te su uz pomoć lupe i ključa za determinaciju makrozoobentosa determinirani do najniže moguće taksonomske kategorije.



Slika 5. Primjer supstrata na Halasz Csardi



Slika 6. Supstrat s rijeke Drave na podlozi

2.4. Statistička obrada podataka

Prikupljeni podaci o brojnosti jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa obrađeni su uz pomoć računalnog programa Microsoft Excel. Kako bi se utvrdila raznolikost zajednice makrozoobentosa, na istraživanim lokalitetima izračunati su indeksi raznolikosti: Shannon-Wienerov i Simpsonov indeks sličnosti. Shannon-Wienerov indeks definiran je formulom $H' = -\sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$, gdje je H' indeks raznolikosti, p_i je udio svake vrste u uzorku, a $\ln p_i$ je prirodni logaritam tog udjela. Taj se indeks često koristi za usporedbu raznolikosti između različitih staništa i pretpostavlja da su organizmi nasumično izvučeni iz populacije te da su sve vrste tog područja zastupljene u određenom uzorku. Vrijednost indeksa obično se kreće od 1,5 do 3,5 a rijetko prelazi 4,5. Glavni je cilj indeksa dobiti kvantitativnu procjenu biološke varijabilnosti koja se može koristiti za usporedbu organizama u prostoru ili vremenu. Ovaj indeks uzima u obzir dvije komponente koje doprinose pojmu raznolikosti u zajednici - bogatstvo vrsta i njihovu ravnotežu (Ortiz-Burgos 2015). Simpsonov indeks sličnosti koristi se za mjerenje sličnosti, tj. preklapanja vrsta između dvije zajednice, putem formule $S = \sum (P_i * Q_i)$, gdje je S Simpsonov indeks sličnosti, a P_i i Q_i predstavljaju zajednice koje uspoređujemo, tj. udio jedinki koje pripadaju istoj vrsti ili kategoriji u određenoj populaciji. Indeks varira od 0 do 1, pri čemu 0 znači da nema zajedničkih vrsta ili kategorija, a 1 predstavlja potpunu sličnost (isti sastav vrsta/relativna učestalost populacije) (Zelený 2017).

3. Rezultati

Tijekom istraživanja ukupno je uzorkovano 270 jedinki, od kojih je 116 s lokacije Halasz Csarde, a 154 sa rijeke Drave. Na Halasz Csardi determinirano je 6 vrsta, dok je na rijeci Dravi determinirano svega 4 vrste. Na lokaciji Halasz Csarda najbrojnije vrste su bile *Pisidium amnicum* i *Chironomus thumi*, dok su u manjem broju bile prisutne *Lymnaea peregra*, *Lymnaea truncatula*, *Hirudinea* i *Calopteryx virgo*. Na lokaciji Drava najbrojniji su bili *Gammarus fossarum* i *Lymnaea peregra*, dok su *Pisidium amnicum* i *Helobdella stagnalis* pronađene u manjem broju, s iznimkom lokacije jedan u lipnju, gdje je uzorkovano 22 jedinke *Pisidium amnicum*.

Tablica 3.1. Halasz Csarda – vrste i brojnost organizama

| <u>Svibanj</u> | |
|---------------------------|----|
| Lokacija 1 | |
| Latinski naziv | N |
| <i>Chironomus thumi</i> | 10 |
| <i>Lymnaea peregra</i> | 8 |
| Lokacija 2 | |
| <i>Chironomus thumi</i> | 16 |
| <i>Lymnaea truncatula</i> | 1 |
| <i>Hirudinea</i> | 1 |
| <i>Pisidium amnicum</i> | 6 |
| <u>Lipanj</u> | |
| Lokacija 1 | |
| <i>Pisidium amnicum</i> | 11 |
| <i>Lymnaea truncatula</i> | 5 |
| <i>Lymnaea peregra</i> | 1 |
| Lokacija 2 | |
| <i>Pisidium amnicum</i> | 21 |
| <i>Calopteryx virgo</i> | 1 |
| <u>Srpanj</u> | |
| Lokacija 1 | |
| <i>Pisidium amnicum</i> | 17 |
| Lokacija 2 | |
| <i>Pisidium amnicum</i> | 11 |
| <i>Lymnaea peregra</i> | 1 |
| <i>Hirudinea</i> | 4 |

Tablica 3.2. Drava – vrste i brojnost organizama

| <u>Svibanj</u> | |
|-----------------------------|----|
| Lokacija 1 | |
| Latinski naziv | N |
| <i>Gammarus fossarum</i> | 10 |
| <i>Lymnaea peregra</i> | 4 |
| <i>Pisidium amnicum</i> | 1 |
| Lokacija 2 | |
| <i>Gammarus fossarum</i> | 11 |
| <i>Lymnaea peregra</i> | 6 |
| <i>Helobdella stagnalis</i> | 3 |
| <i>Pisidium amnicum</i> | 2 |
| <u>Lipanj</u> | |
| Lokacija 1 | |
| <i>Gammarus fossarum</i> | 15 |
| <i>Lymnaea peregra</i> | 7 |
| <i>Pisidium amnicum</i> | 22 |
| Lokacija 2 | |
| <i>Gammarus fossarum</i> | 9 |
| <i>Lymnaea peregra</i> | 10 |
| <i>Pisidium amnicum</i> | 2 |
| <u>Srpanj</u> | |
| Lokacija 1 | |
| <i>Gammarus fossarum</i> | 14 |
| <i>Lymnaea peregra</i> | 7 |
| <i>Pisidium amnicum</i> | 7 |
| Lokacija 2 | |
| <i>Gammarus fossarum</i> | 5 |
| <i>Lymnaea peregra</i> | 11 |
| <i>Pisidium amnicum</i> | 8 |

Iduće dvije tablice (Tablica 3.3. i Tablica 3.4.) prikazuju Shannon-Wienerov i Simpsonov indeks, iz kojih možemo vidjeti sastav (raznolikost i brojnost) zajednice obje lokacije, te na kojem je lokalitetu voda niske kvalitete, a na kojem visoke.

Na Halasz Csardi je na lokaciji jedan u svibnju uzorkovano 10 jedinki *Chironomus thumi* i 8 jedinki *Lymnaea peregra*, a na lokaciji dva uzorkovano je 16 jedinki *Chironomus thumi*, jedna jedinka *Lymnaea truncatula*, jedna jedinka *Hirudinea* i 6 jedinki *Pisidium amnicum*. U lipnju je na lokaciji jedan uzorkovano 11 jedinki *Pisidium amnicum*, 5 jedinki *Lymnaea truncatula* i jedna jedinka *Lymnaea peregra*, a na lokaciji dva uzorkovana je 21 jedinka *Pisidium amnicum* i jedna *Calopteryx virgo*. U srpnju je na lokaciji jedan uzorkovano 17 jedinki *Pisidium amnicum*, dok je na lokaciji dva 11 jedinki *Pisidium amnicum*, jedna *Lymnaea peregra* te 4 jedinki *Hirudinea*.

Na Dravi je na lokaciji jedan u svibnju uzorkovano 10 jedinki *Gammarus fossarum*, 4 jedinke *Lymnaea peregra* i jedna *Pisidium amnicum*, dok je na lokaciji dva uzorkovano 11 jedinki *Gammarus fossarum*, 6 jedinki *Lymnaea peregra*, 3 jedinke *Helobdella stagnalis* i 2 jedinke *Pisidium amnicum*. Tijekom lipnja, na lokaciji jedan uzorkovano je 15 jedinki *Gammarus fossarum*, 7 jedinki *Lymnaea peregra* i 22 jedinke *Pisidium amnicum*, a na lokaciji dva uzorkovano je 9 jedinki *Gammarus fossarum*, 10 jedinki *Lymnaea peregra* i 2 jedinke *Pisidium amnicum*. U srpnju je na lokaciji jedan uzorkovano 14 jedinki *Gammarus fossarum*, 7 jedinki *Lymnaea peregra* i 7 jedinki *Pisidium amnicum*, a na lokaciji dva 5 jedinki *Gammarus fossarum*, 11 jedinki *Lymnaea peregra* i 8 jedinki *Pisidium amnicum*.

Lokacija jedan u svibnju na Halasz Csardi dijeli samo jedno vrstu sa lokacijom jedan u svibnju na Dravi, a ta vrsta je *Lymnaea peregra* – na Halasz Csardi je nađeno duplo više jedinki u tom periodu. Na lokacijama dva istog mjeseca, jedina dijeljena vrsta je *Pisidium amnicum*, koje na Halasz Csardi ima dva puta više u tom periodu.

Lokacija jedan u lipnju na Halasz Csardi dijeli dvije vrste sa lokacijom jedan u lipnju na Dravi. Te vrste su *Pisidium amnicum* i *Lymnaea peregra*. Jedinki *Pisidium amnicum* bilo je duplo više na Dravi, dok je *Lymnaea peregra* bila samo jedna na Halasz Csardi, a 7 ih je uzorkovano na Dravi. Na lokacijama dva istog mjeseca, jedina dijeljena vrsta je *Pisidium amnicum*, koje je na Dravi bilo u znatno većem broju.

Lokacija jedan u srpnju na Halasz Csardi dijeli samo jednu vrstu sa lokacijom jedan u srpnju na Dravi, a ta je vrsta *Pisidium amnicum*. Na Halasz Csardi uzorkovano je 10 više jedinki te vrste nego na Dravi. Na lokacijama dva istog mjeseca, dijeljena je vrsta jedino *Lymnaea peregra* – na Halasz Csardi je uzorkovana samo jedna jedinka, dok na Dravi 11.

Tablica 3.3. Halasz Csarda – Shannon-Wienerov i Simpsonov indeks

| NAZIV INDEKSA | IZRAČUNATA VRIJEDNOST |
|---------------------------------|-----------------------|
| Broj jedinki | 116 |
| Broj vrsta u uzorku | 6 |
| Shannon-Wiener-ov indeks (H(S)) | 1,03 |
| Simpson-ov indeks | 0,95 |

Tablica 3.4. Drava - Shannon-Wienerov i Simpsonov indeks

| NAZIV INDEKSA | IZRAČUNATA VRIJEDNOST |
|---------------------------------|-----------------------|
| Broj jedinki | 154 |
| Broj vrsta u uzorku | 4 |
| Shannon-Wiener-ov indeks (H(S)) | 1,07 |
| Simpson-ov indeks | 0,97 |

U tablicama 3.3. i 3.4. možemo vidjeti da Shannon-Wienerov indeks iznosi 1,03 na Halasz Csardi, a 1,07 na Dravi. Simpsonov indeks na Halasz Csardi iznosi 0,95, a na Dravi 0,97.

Procjena kvalitete vode na obje lokacije provedena je putem indikatorskih vrsta. Slika 7. prikazuje razinu otpornosti određenih vrsta na zagađenje.

1. Neotporni na zagađenje: ovi organizmi su vrlo osjetljivi na zagađenje (npr. ličinke Johine muhe, obalčara)
2. Donekle neotporni na zagađenje: ovi organizmi su osjetljivi na zagađenje (npr. ličinke vilinog konjica, rakovi)
3. Donekle otporni na zagađenje: ove organizme pronalazimo u čistim i blago zagađenim područjima (npr. puževi i ličinke mušice svrbljivice)
4. Otporni na zagađenje: ove organizme pronalazimo u zagađenim, ali i čistim područjima (npr. pijavice, krvavice)

Slika 7. Prikaz otpornosti makrozoobentoskih vrsta na zagađenje (Izvor:

<https://www.mrgscience.com/ess-topic-44-water-pollution.html>, pristupljeno: 1.9.2023.)

Tablica 3.4. Razine otpornosti vrsta na zagađenje

| <u>Halasz Csarda</u> | | <u>Drava</u> | |
|---------------------------|----------|-----------------------------|--------|
| <i>Chironomus thumi</i> | 4 | <i>Gammarus fossarum</i> | 2 |
| <i>Pisidium amnicum</i> | 3 | <i>Lymnaea peregra</i> | 3 |
| <i>Lymnaea peregra</i> | 3 | <i>Pisidium amnicum</i> | 3 |
| <i>Lymnaea truncatula</i> | 3 | <i>Helobdella stagnalis</i> | 4 |
| <i>Hirudine</i> | 4 | | |
| | 17/5=3.4 | | 12/4=3 |

U tablici 3.4. prikazani su organizmi sa pripadajućim razinama otpornosti, te prosjek njihovih vrijednosti za svaku lokaciju. Vidljivo je da je razina otpornosti organizama na Halasz Csardi za 0.4 veća.

3. Rasprava

Rezultati ovog istraživanja ukazuju na to da makrozoobentos rijeke Drave i njenog rukavca Halasz Csarde imaju nizak diverzitet vrsta na obje lokacije, što prema Harapu i sur. (2018) ukazuje na nisku kvalitetu vode, što se poklapa sa rezultatima ovog istraživanja.

Za rezultate Shannon-Wienerovog indeksa uobičajeno je da je donja granica oko 1,5 – takav nizak broj ukazuje na vrlo nizak diverzitet vrsta (Ortiz-Burgos 2015). Na Halasz Csardi i Dravi, ti brojevi iznose 1,03 i 1,07, što znači da je diverzitet vrsta na obje lokacije izrazito nizak, iako je kod Drave taj indeks za 0,04 veći, pa je time veći i diverzitet područja.

Rezultati izračuna Simpsonovog indeksa su visoki na obje lokacije i iznose skoro 1 (što je maksimalni rezultat). Takav visok broj znači da je udio jedinki koje pripadaju istoj vrsti ili kategoriji u obje populacije vrlo visok – sastav vrsta je gotovo isti (Zelený 2017). Na Halasz Csardi Simpsonov indeks iznosi 0,95, a na Dravi 0,97. Indeks na Dravi je za 0,02 veći, što ukazuje da je tamo sastav vrsta populacije malo uniformniji nego na Halasz Csardi.

Zastupljene vrste na obje lokacije su *Pisidium amnicum* i *Lymnea peregra*, čija prisutnost ukazuje na jako zagađenje vode. Na obje lokacije su zastupljene i pijavice (*Helobdella stagnalis*, *Hirudine*), koje ukazuju na još veći stupanj zagađenja. Vrste koje ne pronalazimo na obje lokacije su *Chironomus Thumi* i *Lymnaea truncatula* (samo na Halasz Csardi) te *Gammarus fossarum* (samo na Dravi). *Chironomus Thumi* i *Lymnaea truncatula* također ukazuju na veći stupanj zagađenja, dok *Gammarus fossarum* ukazuje na nizak stupanj zagađenja. Ipak, prema Leitneru i sur. (2021), vrste reda *Pericarida* često koloniziraju rijeke jer se lakše prilagođavaju promjenjivim uvjetima do kojih često dolazi antropogenim zagađenjem.

U znanstvenoj studiji Očadlíka i sur. (2019), provedena je sveobuhvatna analiza rijeke Dunav. Dio relevantan za ovo istraživanje ukazuje na to da njen gornji tok sadrži najmanje organske tvari, a time je i manje zagađen, dok su srednji i donji tok imali veće razine saprobnosti. Iako se područje istraživanja Drave i Halasz Csarde nalazi u gornjem toku rijeke Drave (Natura 2000, 2019), organizmi koji su zastupljeni na tim područjima sličniji su onima iz srednjeg i donjeg toka rijeke Dunav. Mogući razlozi za to su preko 20 brana lociranih prije Donje Dubrave (ICPDR), koje mogu usporiti tok rijeke, kao i sama geografska pozicija tih dviju rijeka – Dravin gornji tok (Natura 2000, 2019) je bliže Dunavovom srednjem toku (Stagl i Hattermann 2015).

Na srednjem i donjem toku rijeke Dunav pronađene su *Hirudinea*, *Chironomidae* i *Pisidium amnicum*, što je očekivano, ali je *Pisidium amnicum* pronađen i na njenom gornjem toku, što se ne poklapa sa rezultatima na Dravi. *Gammarus fossarum* je u znanstvenom izvješću Grafa i sur. (2014) nađen na gornjem toku, što nije iznenađujuće. Na Halasz Csardi je nađena i jedna jedinka vrste *Calopteryx virgo*, no nije uzeta u obzir pri određivanju kvalitete vode budući da ne spada u makrozoobentos, no često se pronalazi u blizini tekuće vode pješčanih ili šljunkovitih obala sa šumotivom obalom (Nelson i sur. 2000), što se poklapa sa svojstvima Halasz Csarde.

U ovom istraživanju zaključilo se i da je kvaliteta vode na obje lokacije prilično niska, iako je na Dravi malo viša, što se i pretpostavljalo budući da je Halasz Csarda ribolovno i izletničko područje, dok je odabrana lokacija na Dravi znatno manje popularno područje. Tomas i sur. (2012) proveli su istraživanje o kvaliteti vode rijeke Drave na raznim postajama, a relevantne za ovo istraživanje su postaje Legrad (blizina Halasz Csarde) i Botovo (blizina mjesta uzorkovanja na Dravi). Njihovo je istraživanje provedeno putem određivanja WQI-a (Water Quality Index), te je pokazalo vrlo visoku kvalitetu vode na obje postaje. Takva razlika u rezultatu može biti objašnjena na više načina – moguća je promjena kvalitete vode zbog protoka vremena i većeg ljudskog utjecaja na oba područja, ali također je moguće da rezultati uzorkovanja jedino preko indikatorskih vrsta nisu dovoljni za točnu analizu kvalitete vode nekog područja. Tijekom istraživanja Tomasa i sur. (2012) koristilo se više metoda ispitivanja kvalitete tijekom dužeg vremenskog razdoblja, stoga je vjerojatno da su ti rezultati bili točniji.

Limitirajući aspekt ovog istraživanja je kratak period uzorkovanja – tri mjeseca, te su sva tri u ljetnom periodu pri visokim temperaturama. Da bi se provelo sveobuhvatno istraživanje, bilo bi poželjno ovakvo istraživanje provesti tijekom dužeg perioda, barem godinu dana, kako bi se uočile moguće fluktuacije u trendovima zagađenja i kako bi mogli saznati više o njihovim uzrocima, te promjenama u količini zagađenja tijekom godine. Također, određivanje kvalitete vode samo putem uzorkovanja makrozoobentosa, tj. putem indikatorskih vrsta nije dovoljno. Kada bi se uz ovakvo uzorkovanje primijenile i druge metode procjene kvalitete vode, dobili bi detaljnije rezultate, pa bi takvo istraživanje bilo poželjno provesti, kao i ponavljati svakih par godina radi praćenja stanja vode i prevencije njenog pogoršanja.

4. Zaključak

Ovim se istraživanjem putem Shannon-Wienerovog i Simpsonovog indeksa utvrdilo da je diverzitet makrozoobentosa na lokacijama Halasz Csarda i Drava nizak, te da je sastav vrsta na obje lokacije vrlo sličan. Kvaliteta vode se odredila putem indikatorskih vrsta – uzorkovane vrste većinom su otporne na zagađenje, dok slabije otpornih gotovo nije ni bilo. Prema ovim rezultatima možemo zaključiti da je voda na obje lokacije barem srednjeg stupnja onečišćenja, iako je lokacija na rijeci Dravi u malo boljem stanju. U budućim istraživanjima ovih područja bilo bi poželjno napraviti sveobuhvatno istraživanje vode, koristeći i druge metode ispitivanja njene kvalitete osim putem indikatorskih vrsta. Takvim istraživanjem došlo bi se do detaljnijih i preciznijih rezultata putem kojih bi upravljanje ovim područjem bilo olakšano.

5. Literatura

- Drava Basin, ICPDR. <https://www.icpdr.org/main/danube-basin/drava-basin>, pristupljeno 4.9.2023.
- Graf W., Csányi B., Leitner P., Paunović M., Huber T., Szekeres J., Nagy C., Borza P. (2014.) Joint Danube Survey 3. Full report report on: Macroinvertebrates
- Gray J., Elliott M. (2009.) Ecology of Marine Sediments: From Science to Management
Harahap A., Barus T. A., Mulya M. B., Ilyas S. (2018.) Macrozoobenthos diversity as bioindicator of water quality in the Bilah river, Rantauprapat. Journal of Physics: Conference Series. 1116. 052026
- Hrvatske vode. (2016.) Odluka o donošenju Metodologije uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće
- Leitner P., Borgwardt F., Birk S., Graf W. (2021.) Multiple stressor effects on benthic macroinvertebrates in very large European rivers – A typology-based evaluation of faunal responses as a basis for future bioassessment, Science of The Total Environment, Volume 756
- M.E.A. (2005.) A Report of the Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being. Island Press, Washington DC
- Matica M., Turinski M. (2013.) Integrirano upravljanje rijekom Dravom. Podravski zbornik. 39: 19-29
- Natura 2000 (2019.) <https://www.drava-life.hr/wp-content/uploads/2016/06/A.5-Drava-LIFE-Natura-2000-Drava-Management-Strategy-HR-FINAL.pdf>, pristupljeno 4.9.2023.
- Nelson, B., Thompson, R., Morrow, C., (2000.) <http://www.habitas.org.uk/dragonflyireland/5616d.htm>, pristupljeno 4.9.2023.
- Octavina C., Dewiyanti I., Nurfadillah N., Ulfah M., Razi N. M., Sakinah R., Agustiar M. (2019.) Community structure of macrozoobenthos in Lamnyong River, Aceh Province. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 348. 012070
- Očadlík M., Lešťáková M., Csányi B, Elexová E. M. (2019.) Aquatic macroinvertebrates. Joint Danube Survey 4 Scientific report: A Shared Analysis of the Danube River
- Ortiz-Burgos S. (2015.) Shannon-Weaver Diversity Index. Encyclopedia of Earth. Sciences Series, 572–573

Stagl J.C., Hattermann F.F. (2015.) Impacts of Climate Change on the Hydrological Regime of the Danube River and Its Tributaries Using an Ensemble of Climate Scenarios. *Water*. 7. 6139-6172

Tomas D., Ćuk R., Marić A.S., Mijatović I. (2012.) Assessment of the Drava river (Croatia) by water quality index method. *Hrvatske vode*. FEB Vol 22. No 3a. 904 – 913

Zelený D. (2017.) Simpson's similarity index vs Simpson's diversity index. <https://davidzeleny.net/blog/2017/03/18/simpsons-similarity-index-vs-simpsons-diversity-index/>, pristupljeno 2.6.2023.