

“Mladi za napredek Maribora 2022”

39. srečanje

EKOLOŠKA OCENA TROJIŠKEGA JEZERA NA PODLAGI BIOLOŠKIH
ELEMENTOV KAKOVOSTI

Raziskovalno področje: Biologija

Raziskovalna naloga

Avtor: SERGEJA MLAKAR

Mentor: TAMARA ŠIŠKO

Šola: II. GIMNAZIJA MARIBOR

Število točk: 147 / 170

Maribor, 2022

VSEBINSKO KAZALO

KAZALO SLIK

KAZALO TABEL

POVZETEK

ZAHVALA

UVOD	1
Namen in cilji naloge	2
Hipoteze	2
PREGLED OBJAV	3
TROJIŠKO JEZERO	3
Zgodovina in nastanek	4
Vzrok za nastanek	4
Opis okolice	4
Fizikalne lastnosti jezera	6
Hidrogeografske značilnosti	6
Problematika	7
Prisotnost dušikovih spojin- nitrit, nitrat in amonij	7
Prisotnost fosfata	8
Prisotnost različnih živali v jezeru in njegovi okolici	8
BENTOŠKI NEVREtenČARJI	10
Pomen bentoških nevretenčarjev	10
Bentoški nevretenčarji kot bioindikatorji	10
Vpliv hidroloških značilnosti na združbo bentoških nevretenčarjev	11
Vodni nevretenčarji in njihova razširjenost	11
Kopenski in sladkovodni mehkužci (Mollusca)	11
Pijavke (Hirudinea)	13
Nižji raki (Entomostraca)	13
Višji raki- sladkovodni in somorni (Malacostraca)	14
Kačji pastirji (Odonata)	14
Vrbnice (Plecoptera)	15
Enodnevnice (Ephemeroptera)	16
Vodni hrošči (Coleoptera aquatica)	16

Mrežekrilci (Neuropteroidea)	17
Dvokrilci (Diptera)	17
Mladoletnice (Trichoptera)	18
Stenice (Heteroptera)	19
Obročasti črvi (Oligochaeta)	19
Ploščati črvi vrtinčarji (Turbellaria)	20
VREDNOTENJE EKOLOŠKEGA STANJA	21
METODA DELA	22
Vzorčna mesta in opis vzorčenja	22
Fizikalne in kemijske meritve	23
Opazovanje	23
Razvrščanje glede na biotske indekse	23
REZULTATI	25
Fizikalno kemijski parametri jezera	25
Biološka komponenta jezera	26
Opazovanje	33
RAZPRAVA	34
Fizikalno kemijski parametri	34
Analiza vsebnosti hranil	34
Taksonomska sestava in zastopanost taksonov na vzorčnih mestih	34
Shannon-Wienerjev indeks	36
Biotski indeks makroinvertebratov	36
Opazovanje	37
ANALIZA HIPOTEZ	38
ZAKLJUČEK	40
DRUŽBENA ODGOVORNOST	41
VIRI	42

KAZALO SLIK

Slika 1: Trojiško jezero iz tlorisnega pogleda	3
Slika 2 in 3: Gastropoda Lymnaeidae	12
Slika 4: prikaz pijavke	13
Slika 5: Amphipoda gammaridae	14
Slika 6 in 7: Odonata lestidae	15
Slika 8: Ličinka vrbnice Isoperla sp.	15
Slika 9: Ličinka enodnevnice Rhithrogena sp.	16
Slika 10: Diptera Chironomidae	17
Slika 11: Chironomidae larva	18
Slika 12: mladoletnica skrita v lastno zgrajeni hiši	18
Slika 13: Heteroptera corixinae	19
Slika 14: Oligochaeta	20
Slika 15: Lokacija vzorčnih mest	22
Slika 16: Deleži taksonomskih skupin na vzorčnem mestu A	27
Slika 17: Deleži taksonomskih skupin na vzorčnem mestu B	28
Slika 18: Deleži taksonomskih skupin na vzorčnem mestu C	29
Slika 19: Deleži taksonomskih skupin na vzorčnem mestu D	29
Slika 20: Deleži taksonomskih skupin na vzorčnem mestu E	30
Slika 21: Število osebkov na posameznem vzorčnem mestu	30
Slika 22: Število taksonov na posameznem vzorčnem mestu	31
Slike 23, 24, 25: Viden pojav evtrofikacije na Trojiškem jezeru	33

KAZALO TABEL

Tabela 1: Fizikalno kemijske meritve vzorčnih mest	25
Tabela 2: Vsebnost hranil v vodi	25
Tabela 3: Taksonomska sestava vzorcev glede na vzorčno mesto	26
Tabela 4: Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks	31
Tabela 5: Biotski indeks	32

POVZETEK

Cilj raziskovalne naloge je bil določiti ekološko stanje Trojiškega jezera na podlagi bioloških elementov kakovosti. Sem spadajo raziskave fitoplanktona, makrofitov, bentoških nevretenčarjev in rib. Osredotočili smo se na analizo bentoških nevretenčarjev, ki običajno kažejo ekološko stanje vodnega ekosistema in se nahajajo povsod v vodnih telesih, tako stoječih kot tudi v gibajočih se vodah, najpogosteje pa v litoralu. Ekološko stanje jezera smo ocenjevali v času med oktobrom in februarjem. Na petih različnih mestih smo vzeli po štiri različne vzorce vode. V laboratoriju smo jih s pomočjo določevalnega ključa razvrstili v skupine višjih in nižjih taksonov. Z dobljenimi podatki smo kasneje določili pestrost skupin na posameznih vzorčnih mestih s Shannon-Wienerjevim in biotskim diverzitetnim indeksom. Najvišja vrednost Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa je znašala 2,09, najnižja pa 0,95. Vrednost MBI biotskega indeksa je bila 8,24. Na podlagi bentoških nevretenčarjev smo ugotovili, da je jezero rahlo onesnaženo, kar se je skladalo tudi z opaženim pojavom eutrofikacije.

ZAHVALA

Posebej bi se zahvalila svoji mentorici, za vso pomoč pri pisanju naloge in izvajanju terenskega dela. Hvaležna sem za vse nasvete in smernice potrebne za oblikovanje naloge.

1. UVOD

“Tema za raziskovalno nalogo, kjer se raziskuje ekološko stanje jezera na podlagi bentoških nevretenčarjev, me je pritegnila predvsem zaradi osebne navezanosti na Trojiško jezero, saj živim v njegovi okolici. Začela sem opazati, da voda ne diši več prav prijetno in da se na gladini nabira vedno več umazanije in modro-zeleno obarvane snovi. To je vzbudilo moje zanimanje za raziskovanje ekološkega stanja jezera.”

Pri določanju ekološkega stanja, se za vrednotenje s posameznimi elementi kakovosti uporabljajo različni pristopi glede na kategorijo voda. V jezeru biološke elemente kakovosti predstavljajo fitoplankton, fitobentos in makrofiti, bentoški nevretenčarji in ribe. Raziskovanje bentoških nevretenčarjev je nemalokrat zelo zanimivo, hkrati pa so organizmi, ki živijo v določenih vodotokih lahko dober pokazatelj čistoče in kakovosti vode.

Na lastnosti vode in organizme v njej pomembno vplivajo dejavniki v različnih delih leta. Največji je vpliv letnih časov in vse kar je povezano z njimi: količina padavin, temperatura, intenzivnost kmetovanj in drugih podobnih dejavnosti. Ostali dejavniki so čez leto bolj ali manj enaki: kanalizacija, odpadna voda iz gostinstev, odpadna voda iz industrijske dejavnosti. (Radovanovič, 1996)

Ljudje s svojim načinom življenja in poseganjem v okolje pomembno vplivamo na kakovost voda. Prisotnost človeka lahko sestavo vode tako zelo spremeni, da se prisotni organizmi na vodno okolje niso več sposobni prilagoditi. Njihovo število se lahko zmanjša ali celo izginejo iz združbe. Pojavijo in razširijo se drugi organizmi, ki niso značilni za to vodno okolje in negativno vplivajo na domorodne vrste. (ARSO, 2021, str. 7)

Človek vodo obremenjuje tudi s hranili in organskimi snovmi iz iztokov industrijskih in odpadnih voda. Pa tudi s spiranjem kmetijskih površin, cest in drugih virov. Najpomembnejši snovi za rast in razvoj rastlin v vodnem okolju sta dušik in fosfor, ki sta prisotna v manjših količinah. Zaradi preobremenjenosti teh hranil lahko pride do eutrofikacije, kjer se alge in cianobakterije začnejo v vodi hitro razraščati. (ARSO, 2021, str. 8)

Vsak biološki element kakovosti se različno odziva na različne obremenitve in spremembe v vodnem okolju, zato lahko pri monitoringu ekološkega stanja voda služi kot kazalnik razmer v vodnem okolju. Na podlagi vrstne sestave in številčnosti posameznih vrst bentoških nevretenčarjev kasneje izračunamo ustrezne indekse in ekološko stanje za hidrofološko spremenjenost in splošno degradiranost jezera. (ARSO, 2021, str 19)

1.1. Namen in cilji naloge

Cilj raziskovalne naloge je bil določiti ekološko stanje Trojiškega jezera na podlagi bioloških elementov kakovosti, sem spadajo raziskave fitoplanktona, makrofitov, bentoških nevretenčarjev in rib. Bentoški nevretenčarji so dober pokazatelj ekološkega stanja vodnega sistema, zato smo se odločili za analizo vode z biološko komponento.

Želeli smo ugotoviti katere družine bentoških nevretenčarjev nahajajo v vodnem okolju, določiti njihovo številčnost in variabilnost. Na podlagi tega smo skušali oceniti ekološko stanje in kakovost vode v jezeru.

1.2. Hipoteze

- Največja biotska pestrost bo na vzorčnem mestu ob pritoku, z muljasto podlago, senčno lego in nizkim antropogenim vplivom.
- Najmanjša biotska pestrost bo na kamnitem mestu, kjer je velik antropogeni vpliv in neposredna bližina njiv in pašnikov.
- Biotska pestrost bo večja na mestu v bližini pritoka in manjša na mestu v bližini iztoka.
- Na mestih z manjšo količino raztopljenega kisika bo število vrst manjše.

2. PREGLED OBJAV

2.1. TROJIŠKO JEZERO



Slika 1: Trojiško jezero iz tlorisnega pogleda (vir: <https://cutt.ly/FAnpQdV>, 21.1.2022)

Trojiško jezero leži v Slovenskih goricah na območju doline Pesnice v Sveti Trojici v Slov. Goricah. Prostorska razmerja Slovenskih Goric so dokaj različna. Za nekatera območja je značilno razgibano gričevje, za druga pa nečlenjenosti velikih in tudi manjših dolin. Med krajinske elemente, ki dajejo prostoru prepoznavnost, sodijo po vrhovih posajeni stebrasti topoli, veliko cerkva in številni vodni zadrževalniki v dolinah. (Marušič, 1998, str. 49)

Krajinska posebnost Slovenskih goric se kaže v izrazitih vinogradniških območjih. Ti so prilagojeni reliefnim značilnostim in členjeni z manjšimi gozdovi na osojnih legah. Dolinsko dno je običajno v ekstenzivni rabi-travništvo, pašništvo, lahko tudi poljedelstvo. Druga vrsta posebnosti pa predstavljajo številna nastala akumulacijska jezera. Te najdemo ob regularnih delih rek prilagojene na druge kranjske značilnosti. (Marušič, 1998, str. 49)

Slovenske gorice imajo prehodno panonsko celinsko podnebje. Dolinska dna imajo v povprečju nižje temperature kot sosednja pobočja in vrhovi. Prsti Slovenskih goric so se razvile pod vplivom številnih dejavnikov in človeka. Med naravnimi dejavniki so najpomembnejše kamnine. Velik del ozemlja pokrivajo laporji, gline in peski. Dolinska dna so navadno dobro oskrbljena s kalcijem, kalijem in fosforjem, vendar pretirano vlažna in slabo zračna. (dr. Belec B. idr., 1998, str. 583)

V Slovenskih goricah prevladuje listnati gozd bukve in bele bekice. Gozdovi so močno izkrčeni in pokrivajo samo še dobro četrtno površine. Prevladujejo listavci: bukev, beli gaber, dob in graden. Od iglavcev je avtohton samo rdeči bor. Smreka, jelka in macesen so se razširili iz alpskega sveta pod vplivom človeka. (dr. Belec B. idr., 1998, str. 583)

2.1.1. Zgodovina in nastanek

V vsej zgodovini kraja z okolico so krajski skrbniki tudi za gospodarski in ekonomski razvoj. Preživljali so se predvsem s kmetijstvom (živinorejo in sadjarstvom), trgovino ter obrtjo. V drugi polovici 18. ter dobro prvo polovico 19. stoletja je bila živinoreja ena izmed glavnih kmetijskih panog. Veliko travnato površino pod trojiškim bregom imenovana "gmajna" so okoliški kmetje uporabljali za skupno pašo. Leta 1923 je 37 krajevnih posestnikov pridobilo lastnino nad "gmajno". To lastnino so izgubili po drugi svetovni vojni in postala je last splošnega ljudskega premoženja. Ob regulaciji struge reke Pesnice v letu 1968, se je ta travnata površina spremenila v 38 hektarjev veliko umetno akumulacijsko jezero na potoku Velka. Ustvaril so ga predvsem z namemon, da bi bila okoliška polja še bolj rodovitna. (Štefanec, 2001, str. 11, 12)

2.1.2. Vzrok za nastanek

Trojiško jezero je akumulacijskega nastanka. Nastalo je kot eno izmed petih jezer na reki Pesnici. Jezero je akumulacija na potoku Velka, ki je pritok reke Pesnice in je bilo narejeno za zadrževanje visoke vode. Zaradi pogostih poplav reke Pesnice so bile v zgodovini urejene obsežne hidromelioracije¹, kjer so poleg jezer nastali številni nasipi in odtočni jarki. Gladina jezera niha glede na gladino vode potokov Velka in reke Pesnice. (Markoli T., 2012, str. 51)

2.1.3. Opis okolice

Na območju Pesniške doline je prisotno največ njiv, najvažnejši pridelki pa so pšenica, koruza in industrijske rastline. Pšenica je namenjena prodaji, koruza pa večinoma živinoreji. Tudi pridelki zasebnega sektorja so namenjeni predvsem živinoreji. Del njivskih površin so ponovno zatravili. Travniki imajo v kmetijstvu pomembno vlogo, ti so pomembna osnova živinoreji. Opazimo pa tudi veliko območij, ki se ukvarja z vinogradništvom. (dr. Belec B. idr., 1998, str. 588)

¹ "Uporaba znanosti in tehnologije za upravljanje z vodnimi viri, za zmanjšanje erozije in za odstranjevanje nezaželenih voda." (GEMET, 3.1.2021) (<https://www.eionet.europa.eu/gemet/sl/concept/11165>)

Na vzhodni strani jezera je regionalna cesta, kjer je promet kar gost. Prav tako je na vzhodni in severni strani v celoti prisotno ukvarjanje s kmetijsko panogo. Na vzhodu je največ njiv za rast pšenice ali koruze, na severu pa poleg teh še območja za pašo živinoreje.

Za Trojiško jezero je značilna izjemna biotska raznovrstnost. Biotsko najbolj pester je vzhodni del, saj se tukaj nahaja mokrišče, naravni bajer, jezerska puferska cona, melioracijski jarek in obrežje potoka Velka. Najpogostejša vodna vegetacija vzhodnega dela jezera so: navadni trs (*Phragmites australis*), togi šaš (*Carex elata*), širokolistni rogoz (*Typha latifolia*), jezerski biček (*schoenoplectus lacustris*), vodna perunika (*Iris pseudacorus*), pravi kolmež (*Acorus calamus*), plavajoča sladika (*Glyceria fluitans*), močvirska sita (*Eleocharis palustris*), močvirska lakota (*Galium palustre*). Obrežje pa je poraščeno z: belo vrbo (*Salix albo*), črnim topolom (*Populus nigra*), bezgom (*Sambucus nigra*), belim drenom (*Cornus sanguinea*), črnim trnom (*Prunus spinoza*), trdolesko (*Evonymus europaea*). (Sulcer, 2014, str. 11)

Severno stran so v preteklosti regulirali, odstranili so vse razen večjega grmičevja in drevja. Nato pa so zasadili vodno vegetacijo in na obrežje posejali travnato vegetacijo. Ta del je poraščen z istimi rastlinskimi vrstami kot vzhod, vendar v tem delu prevladuje travniška vegetacija, manj pa je vodne. Na obrežju so prepoznane naslednje travniške vrste: navadn nokoto (*Lotus corniculatus*), puhasto ovsiko (*Avenula pubescens*), navadno pasjo travo (*Dactylis glomerata*), vrednikov jetičnik (*Veronica chamaedrys*), kukavičjo lučko (*lychnis flos – cuculi*), pravo lakoto (*galium verum*), travniški grahor (*Lathyrus pratensi*), plazečo deteljo (*Trifolium repens*), topolistno kislico (*Scopolia carniolica*), veliko koprivo (*Urtica dioica*), veliki trpotec (*Plantago major*), njivsko preslico (*Equisetum arvense*), ozkolistni trpotec (*Plantago lanceolata*), navadno ivanjščico (*Leucanthemum ircutianum*), pravo kamilico (*Matricaria chamomilla*), regrat (*Taraxacum officinale*), ripečo zlatico (*Ranunculus acris*), njivsko grabljišče (*knautia arvensis*) in navadni grint (*Senecio vulgaris*). (Sulcer, 2014, str.12)

Na jugu na pobočju pa raste gozd bukve in pravega kostanja. To območje ima poseben naravovarstven pomen, saj vodni in kopenski ekosistem omogočata dvoživkam primerno mesto za razmnoževanje. (Sulcer, 2014, str. 12)

2.1.4. Fizikalne lastnosti jezera

Nadmorska višina jezera je 240 m. Jezero je dolgo 1260 m in široko 280 m njegova površina je 44 ha. Največja izmerjena globina je 5,5 m, kar je najgloblje od vseh petih jezer na reki Pesnici. Povprečna globina je 3 metre. (Markoli T., 2012, str. 51)

Temperatura vode je zelo pomemben faktor, saj ima ključno vlogo pri kemijskih, bioloških in fizikalnih spremembah v vodnem telesu. Temperatura vode določa, katere rastline in živali so prisotne, saj imajo nekatere vrste omejeno toleranco z zgornjo in spodnjo temperaturo.

V diplomskem delu Anite Sulcer (2014) je razvidna povprečna temperatura vode jezera, izmerjena jeseni in spomladi. 20.5.2011 je povprečna temperatura znašala 23,8°C. 28.9.2013 pa 16°C.

2.1.5. Hidrogeografske značilnosti

Osrednje slovenske gorice imajo precej gosto vodno mrežo, vendar so namočene zelo neenakomerno. Doline so večkrat poplavljene, po vzpetinah pa zaradi neprepustnosti tal, ki ne dovoljuje večjih zalog talnice, vode primanjkuje. Vodni pretok potokov in rek močno niha. Ob nalicu ali taljenju velike količine snega narase.

Območje občine Sveta Trojica pripada porečju reke Pesnice. Poleg Pesnice sta še pomembnejša vodotoka njena pritoka Velka in Drvanja z Ročico. Trojiško jezero predstavlja največjo vodno maso na območju občine Sveta Trojica (Podobe trojiške šole, 2011)

Za potok Velka, na katerem so naredili akumulacijsko jezero, je značilen dežno-snežni kontinentalni rečni režim. Prvi višek pretoka nastopi pomladi. Ponavadi nastopi v marcu zaradi taljenja snega in pomladanskih padavin. Sekundarni višek je v jeseni v mesecu novembru zaradi jesenskega deževja ter že močno zmanjšanega izhlapevanja. Primarni nizek pretok nastopi poleti, običajno avgusta, redkeje septembra. Drugi nizek pretok pa je pozimi. (Perko, 2001)

Vse te značilnosti potoka Velke pa vplivajo na višino gladine Trojiškega jezera.

2.1.6. Problematika

Vzroki za onesnaževanje vode v Trojiškem jezeru so neposredne kmetijske površine iz katerih se spira hlevski gnoj, gnojnica in umetna gnojila.

Glavni problem jezer in zadrževalnikov vode v Sloveniji je preobremenjenost s hranili. Človek obremenjuje vode s hranili in organskimi snovmi z iztoki iz industrijskih in komunalnih odpadnih voda, pa tudi s spiranjem s kmetijskih površin, cest iz zraka in drugih virov. Najpomembnejši anorganski hranili za rast in razvoj rastlin v vodnem okolju sta dušik in fosfor, ki sta v naravnih okoljih prisotna v manjših količinah. V neobremenjenih okoljih omejujeta čezmerno razrast alg in bakterij. Zaradi previsoke vsebnosti hranil pa pride do razrasti alg in cianobakterij, čemur pravimo eutrofikacija. Gosta razrast ne prepušča svetlobe v spodnje plasti jezera. Predvsem ponoči, ko fotosinteza ne poteka lahko pride do pomanjkanja kisika, kar povzroči pogin rib in drugih vodnih organizmov. (ARSO, 2021, str. 8) Alge se lahko pojavijo v različnih oblikah in barvah. Jezera in ribniki običajno vsebujejo tri široke kategorije alg: nitaste, planktonske in makroalge. Lise nitastih alg so pogosto svetlo zelene, lahko pa so tudi rjave ali rumene barve. Planktonske alge so lahko svetlo modre, zelene, zlate do rdeče barve. Ko cvetijo ali so gosto razvite, se zdijo kot barvilo razlito v jezeru. Makroalge so skupina alg pogostejše najdena v morskih kot sladkovodnih vodah. (Povzeto iz: <https://cutt.ly/2Ab5vY7>, 1.3.2022)

2.1.6.1. Prisotnost dušikovih spojin- nitrit, nitrat in amonij

Nitrit je navadno prisoten v vodi z malo raztopljenega kisika. Nitratna oblika dušika pride v vodo iz zraka (z dežjem, snegom, meglo, usedanjem), z razpadanjem organskega materiala ali zaradi dotoka s kmetijskih površin (dušikova umetna gnojila). Kadar se v jezerih ali vodotokih zveča količina nitrata se pospeši rast alg in drugih rastlin. (Vovk Korže, Bricelj, 2004, str. 42–43).

Analize dušika v različnih oblikah so eden od značilnih pokazateljev sanitarnega onesnaževanja voda. Novo onesnažene vode vsebujejo v večini organski dušik in amonij, večja vsebnost nitratov pa kaže na starejše in že dlje prisotno onesnaženje. (Vovk Korže, Bricelj, 2004, str. 42–43). Mejna količina nitratov na liter je 50 mg/L.²

² Direktiva Evropske unije o nitratih, januar 2010, shorturl.at/zAD45

V raziskavi Anite Sulcer (2013) je voda Trojiškega jezera vsebovala ustrezno vsebnost nitrita. Največjo vsebnost je imela severo-vzhodna stran, kjer je tudi v bližini največja količina kmetijskih površin. Količina dovoljene mejne vrednosti nitrata je bila presežena le na enem vzorčnem mestu izmed desetih izmerjenih. Amoniji v vodi so predvsem gnojnica in umetna gnojila in so za mnoge vodne organizme zelo strupeni. Izmed desetih vzorcev, v devetih vsebnost amonija ni bila zaznana v enem pa je bila manjša od 0.2 mg/L.

2.1.6.2. Prisotnost fosfata

Največ fosfatov pride v vodo prav tako s spiranjem umetnih gnojil s kmetijskih površin in z odpadnimi vodami gospodinjstev. V jesenskem in pomladnem času, ko prihaja do večjega mešanja dna jezera se količina fosforja poveča oz. je lažje izmerjena. Tako lahko pride do večje možnosti razrasti cianobakterij in alg. (Vovk Korže, Bricelj, 2004, str. 41)

Leta 2013 je na merilnih mestih okrog Trojiškega jezera voda vsebovala zelo nizko vrednost fosfatov, in sicer med 0,1 in 0,3 mg/L.

Po teh analizah vode, je ta označena kot neonesnažena. Vendar so podatki starejši in zato težko primerljivi z današnjim stanjem jezera.

2.1.7. Prisotnost različnih živali v jezeru in njegovi okolici

V jezeru se nahajajo naslednje avtohtone vrste rib: Androga (*Abramis bjoerkna*), Koreselj (*Carassius carassius*), Krap (*Cyprinus carpio*), Klen (*Squalius cephalus*), Linj (*Tinca tinca*), Navadni ostriž (*Perca fluviatilis*), Ploščič (*Abramis brama*), Rdečeoka (*Rutilus rutilus*), Rdečeperka (*Scardinius erythrophthalmus*), Smuč (*Sander lucioperca*), Som (*Silurus glanis*), Ščuka (*Esox lucius*), Zelenika (*Alburnus alburnus alburnus*). (program razvoja podeželja, 2021).

V jezeru pa živijo tudi ostale vrste živali: zelena žaba (*Pelophylax kl. esculentus*) in veliko jezerskih brezzobk (*Anodonta cygnea*). V letih 2010 in 2011 so zabeležili dva večja pogina školjk. (Sulcer, 2014, str. 15)

Na območju jezera pa zasledimo tudi srnjad, divje prašiče, poljske zajce, vidre, bobre, lisice ter jazbece. Občasno se pojavi tudi jelenjad. Pesnica s pretoki predstavlja naravni habitat vidre. (Sulcer, 2014, str. 15)

Značilna je tudi številna migracija ptičev. Na širšem območju je bilo do leta 2010 ugotovljenih 193 vrst ptic ali 53% do takrat odkritih vrst v Sloveniji. Vseh 94 potrjenih gnezdečih vrst tega območja predstavlja kar 43% vseh takrat znanih slovenskih gnezdilk, od katerih jih je na rdečem seznamu kar 42. (Markoli iz projektne naloge za občino Lenart, 2010)

V okolici je zabeleženih 24 vrst dnevnih metuljev. Ti predstavljajo tretjino vseh vrst v tem predelu Slovenije. Širša okolica je zelo pomembna za hrošče, saj jih je tukaj znanih okoli 300 vrst. (Sulcer, 2014, str. 15)

2.2. BENTOŠKI NEVRETEČARJI

V preteklosti se je ta skupina živali imenovala tudi veliki vodni nevretenčarji. S tem so jih želeli ločiti od bentoških nevretenčarjev manjših od 0.5 mm, ki jih uvrščamo v skupino obrasti oz. perifitona³. Nekateri bentoški nevretenčarji lahko zrastejo tudi do 20 cm, zato tudi takšno poimenovanje. (G. Urbanič, 2007)

Veliki bentoški nevretenčarji npr. potočni raki so bili v preteklosti pomemben vir hrane. Medicinsko pijavko (*Hirudo medicinalis*) so že dolgo nazaj začeli uporabljati v medicinske namene, kot jo tudi še danes. (G. Urbanič, 2007)

2.2.1. Pomen bentoških nevretenčarjev

Velika raznolikost je ena izmed osnovnih značilnosti skupine. S prehranjevanjem z organskim drobirjem, filtriranjem vode, plenjenjem drugih živali, strganjem alg s podlage in drobljenjem listov pripomorejo h kroženju snovi in izrabi energije v celinskih vodah. S tem zmanjšujejo organsko preobremenjenost vode, ki pa je v večini posledica človekovega delovanja. Mnoge organske snovi, ki jih najdemo v odpadnih vodah so tudi hrana bentoškim nevretenčarjem. Zato pravimo da so pomembnejši člen samočistilne sposobnosti celinskih voda. S prehranjevanjem preoblikujejo organske snovi v vodi, tako da postanejo dostopne drugim organizmom v vodi. Z dihanjem pa zmanjšujejo količino energije v vodnem okolju. Nekatere ribe plenijo bentoške nevretenčarje, prav tako pa so pomemben vir hrane za nekatere ptice. (G. Urbanič, 2007)

2.2.2. Bentoški nevretenčarji kot bioindikatorji

Z večanjem onesnaževanja celinskih voda se spreminja njihova združba. Kljub majhnosti bentoških nevretenčarjev in relativni neopaznosti, ne smemo spregledati sprememb v združbah in kaj nam te odražajo. Številne vrste najdemo le v neonesnaženih, nekatere pa v močno onesnaženih vodah. Na podlagi njihove prisotnosti lahko predvidevamo, ali je voda onesnažena, ali ne. V čistih vodah pogosto najdemo vrbnice, enodnevnice in mladoletnice. Nasprotno v onesnaženih zasledimo maloščetince in ličinke trzač. (G. Urbanič, 2007) Z opazovanjem bentoških nevretenčarjev lahko spremljamo tudi druge strese voda, kot so spremenjenost habitata in zmanjšanje količine vode. S spreminjanjem razmer v celinskih vodah se spreminja sestava in pestrost združbe. (G. Urbanič, 2007)

³ ''Rastlina ali živalski organizem, ki je pritrjen ali prilepljen na površino lista ali peclja zakoreninjene rastline nad vznožjem debla''. (GEMET, 18.1.2022) (<https://www.eionet.europa.eu/gemet/sl/concept/6115>)

2.2.3. Vpliv hidroloških značilnosti na združbo bentoških nevretenčarjev

Okoljske spremenljivke, ki vplivajo na raznolikost vodnih nevretenčarjev v vodnem okolju, lahko razdelimo v dve skupini, v skupino spremenljivk, ki imajo neposreden vpliv in skupino spremenljivk s posrednim vplivom (Statzner in Higler, 1986).

Temperatura vode spada v skupino spremenljivk, ki neposredno vpliva na razporeditev vodnih nevretenčarjev (Urbanič in Toman, 2007). Nanjo vplivajo temperatura zraka, padavine, vetrovne razmere, zračni pritisk, vlažnost zraka in sončno sevanje (Haidakker, 2004). Od temperature je odvisna tudi koncentracija kisika v vodi in nasičenost vode s kisikom. Na vsebnost kisika v vodi poleg temperature vplivajo tudi difuzija kisika iz zraka, atmosferski tlak, turbulenca in razmerje med primarno proizvodnjo in dihanjem. Spremembe koncentracij so sezonske in tudi dnevne (M. Sever, 2007). Na zmanjšanje vsebnosti kisika so zelo občutljive mladoletnice (zlasti na stopnji bube); na toksične snovi in obremenjenost z organskimi snovmi (Urbanič, 1999).

Izguba vode povzroči zmanjšanje in preoblikovanje življenjskega prostora in posledično spremembe v medvrstnih interakcijah in lastnostih prehranskih virov (Lake, 2003). Zatočišča imajo pomembno vlogo pri obnovitvi združbe vodnih nevretenčarjev po suši. Organizmi se lahko izognejo izsušitvi tako, da se skrijejo pod prodnike, plavnine ali med odkrito rastlinje (Boulton, 1989). Kompleksnost substrata je zelo pomemben dejavnik, saj je večji substrat primeren za ene taksone, manjši substrat za druge. Določeni taksoni cel življenjski cikel preživijo v vodi (npr. maloščetinci, pijavke), medtem ko imajo drugi taksoni v svoj življenjski cikel vključeno tudi odraslo, kopensko fazo razvoja (npr. mladoletnice, enodnevnice, vrbnice). Sezonsko so ugotovili (M. Sever, 2007) najvišje število taksonov jeseni, sredi pomladi (marca) in začetku poletja. Številčnost taksonov pa je bila najvišja pozno jeseni in pomladi. Jesenski višek je zelo izrazit zaradi velike številčnosti rodu *Simulium* sp..

2.2.4. Vodni nevretenčarji in njihova razširjenost

2.2.4.1. Kopenski in sladkovodni mehkužci (*Mollusca*)

Mehkužci so velika živalska skupina, kopno in sladke vode so naselili le polži (*Gastropoda*) in školjke (*Bivalvia*). Celinskih je več kot 20.000 vrst, ki pripadajo dvema razredoma predškrigarjev in pljučarjev. Na površju obe skupini živita tako na kopnem kot v vodi. Školjke zastopajo v celinski Sloveniji tri družine podrazreda Heterodonta. Večina je nezahtevnih,

prilagodljivih na okolje in jih kot rod najdemo v raznih vodnih habitatih. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001)

Mehkužce v Sloveniji zastopa 323 vrst polžev in 18 vrst školjk. Poglavitni vzroki ogroženosti mehkužcev so zmanjševanje pestrosti površinskih stoječih voda in števila izvirov, spreminjanje vodnega režima in vnos tujerodnih vrst (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001).



Slika 2 in 3: *Gastropoda Lymnaeidae*(avtorska)

2.2.4.2. Pijavke (*Hirudinea*)

Pijavke naseljujejo sladke vode, nekaj vrst je kopnih in morskih. Največ jih živi v evtrofnih stoječih in počasi tekočih vodah. Dobra polovica se jih prehranjuje plenilsko, del pijavk pa je zajedalskih (zajedajo vodne polže, ribe in toplokrvne vretenčarje). V Sloveniji je ugotovljenih približno 25 vrst pijavk, od katerih je 22 sladkovodnih. Poglavitna vzroka ogroženosti sta uničevanje evtrofnih habitatov in onesnaževanje voda. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001)



Slika 4: prikaz pijavke (vir: <https://cutt.ly/wAnp5K6>. 7.3.2022)

2.2.4.3. Nižji raki (*Entomostraca*)

V celinskih vodah v Sloveniji zastopajo nižje rake predstavniki štirih skupin: škrgonožci, listonožci, ceponožci in dvoklopniki. Škrgonožci živijo predvsem v občasnih mlakah. Vodne bolhe živijo v stoječih ali počasi tekočih vodah. zelo številna skupina so sladkovodni ceponožni raki (*Copepoda*). Dvoklopniki (*Ostracoda*) so drobni od 0,5 do 2 mm dolgi bentoški rakci, veliko vrst jih živi v podzemlju. Pomembni so pri kroženju snovi v okolju. V Sloveniji so leta 2002 ugotovljene 4 vrste škrgonožcev, 60 vrst vodnih bolh, več kot 150 vrst ceponožcev in okrog 18 vrst dvoklopnikov. Ogroža jih predvsem izsuševanje močvirij in onesnaženost podzemnih in površinskih voda. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001)

2.2.4.4. Višji raki- sladkovodni in somorni (*Malacostraca*)

Višje rake delimo v več skupin: enakonožce, postranice, deseteronožce in rake peščinarje. Sladkovodne in somorne⁴ enakonožce (*Isopoda*) v Sloveniji zastopa pribl. 20 vrst. Sladkovodne in somerne postranice zastopa pribl. 50 vrst. V slovenskih celinskih vodah so znane 3 vrste potočnih rakov, 4 vrste kozic ter 2 vrsti peščinarjev. Glavni vzroki za ogroženost so onesnaženost vodnih ekosistemov in zasipavanje, izsuševanje, onesnaževanje mrtvic. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001)



Slika 5: *Amphipoda gammaridae* (avtorska)

2.2.4.5. Kačji pastirji (*Odonata*)

So red žuželk z nepopolno preobrazbo. Večino življenja, včasih tudi več let preživijo kot ličinke v vodi, medtem ko je življenje odraslih žuželk mnogo krajše, praviloma le nekaj tednov. Kačji pastirji so pomembni bioindikatorji, saj je njihovo preživetje odvisno od mnogih dejavnikov in raznolikih struktur v vodnem in kopenskem okolju. Po doslej zbranih podatkih je bilo do leta 2002 v Sloveniji opaženih 73 vrst. Poglavitni vzroki ogroženosti so eutrofikacija in uničenje ekološke strukturiranosti stojećih vodnih ekosistemov, naseljevanje in prekomerno

⁴ sinonim: brakična voda. Voda, ki je mešanica sladke in slane vode. (SSKJ)

doseljevanje rib, vnašanje tujerodnih ribjih vrst, izsuševanje močvirij in mokrišč, odstranjevanje obrežne vegetacije. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001)



Slika 6 in 7: *Odonata lestidae* (avtorski)

2.2.4.6. Vrbnice (*Plecoptera*)

Vrbnice ali kamenjarke uvrščamo med žuželke, ki večino življenja preživijo kot ličinke v vodi. Odrasli osebki živijo na kopnem in so slabi letalci, zato se zadržujejo v bližini vode ali počivajo na obrežni vegetaciji oz. so skriti pod kamenjem. Življenjska doba odraslih osebkov je od nekaj ur do nekaj tednov. Zaradi izjemne občutljivosti na zmanjšanost količine kisika in toksičnost snovi v vodi so prav vrbnice pomembni bioindikatorji pri biološkem ocenjevanju kakovosti površinskih voda. Pri nas je razširjenost vrbnic dobro raziskana, poznamo okrog 100 vrst. Glavna vzroka za ogroženost sta onesnaženost voda in spremembe ter posegi v vodno okolje in obrežni pas vegetacije. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001)



Slika 8: Ličinka vrbnice *Isoperla* sp. (vir: <https://cutt.ly/6AnashV>. 7.3.2022)

2.2.4.7. Enodnevnice (Ephemeroptera)

Uvrščamo jih med t.i. vodne žuželke, za katere je značilna nepopolna preobrazba. večino življenja preživijo kot ličinke v vodi. Levitev v odrasli osebek pa poteka po dveh stopnjah. Ta živi le nekaj ur, se ne prehranjuje in energetske zaloge porabi zgolj za razmnoževanje. Enodnevnice so pomemben bioindikator pri spremljanju kakovosti voda.

Za območje Slovenije je trenutno znanih 78 vrst enodnevnice, ki pripadajo 9 družinam in 23 rodovom. Veliko habitatov je slabo raziskanih, skoraj neznane so enodnevnice stojećih voda in spodnjih delov večjih rek. (Zabriz, 2001) Vzroka za ogroženost sta onesnaževanje vodotokov in jezer ter spremembe in posegi v vodno okolje ali obrežni pas



Slika 9: Ličinka enodnevnice *Rhithrogena* sp. (vir: <https://cutt.ly/6AnashV>. 7.3.2022)

2.2.4.8. Vodni hrošči (*Coleoptera aquatica*)

Vodni hrošči svoje življenje preživijo v vodi. Za večino je ugodna le sladka voda, nekatere vrste pa živijo v bolj slanem okolju. Radi izbirajo bogato zarasle stoječe vode. Med vodnimi hrošči so za spremembe najbolj občutljive vrste, ki živijo v kislih stojećih vodah z malo hranili, in vrste velikih in bogato zaraslih stojećih voda v poplavnih območjih rek. Po svetu je znanih pribl. 2000 vrst vodnih hroščev. (povzeto iz: shorturl.at/jvIV4, 30.1.2021)

Vodni hrošči so občutljivi na onesnaževanje in so zato dobri kazalci čistih voda. (povzeto iz: shorturl.at/jvIV4, 30.1.2022)

2.2.4.9. Mrežekrilci (Neuropteroidea)

So razmeroma malo številna skupina žuželk. Vanjo sodijo *Megaloptera*, *Neuroptera*, *Raphidoptera*. Poseljujejo zelo raznolike habitate. Nekaj vrst ima ličinke v vodah ali v mejnem območju med vodo in kopnim (*Sialidae*, *Sisyridae*, *Osmylidae*). Večina ostalih živi na drevju ali v grmovju. Nekateri naseljujejo travnike in pašnike ali skalnate tople habitate.

V Sloveniji poznamo 104 vrst mrežekrilcev. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001)

Poglavitni vzroki ogroženosti mrežekrilcev v vodnem okolju so onesnaževanje vodotokov in jezer, melioracije, posegi v obrežno vegetacijo. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001)

2.2.4.10. Dvokrilci (Diptera)

Od ostalih žuželk se ločijo po tem, da imajo zadnji par kril zakrnel. Ustni organi so pri odraslem osebkcu spremenjeni v sesalo ali lizalo. Večina vrst se prehranjuje z rastlinskimi sokovi, nekateri so plenilci, mnogi pa sesajo kri.

Živijo v skoraj vseh kopenskih in sladkovodnih kapitatih na zemlji. Ličinke so vezane na vodne ali vsaj vlažne habitate. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001)



Slika 10: *Diptera Chironomidae* (avtorska)



Slika 11: *Chironomidae* larva (avtorska)

2.2.4.11. Mladoletnice (*Trichoptera*)

Mladoletnice so red vodnih žuželk s popolno preobrazbo. Ličinke in bube naseljujejo vse vodne habitate. Vrsto najbogatejši so izviri, povirja in manjši potoki. Odrasli osebki živijo na kopnem pribl. en mesec, predvsem na račun zalog, ki jih nakopičijo kot ličinke. Večina ličink mladoletnic si za bivanje izdelava prenosne hišice. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001)

Za naše ozemlje je znanih 212 vrst, vendar so nekateri deli države kar se tiče mladoletnic še zelo slabo raziskani, zato njihovo dejansko število ocenjujejo na 240 do 250. Vzroka za ogroženost sta onesnaževanje vodotokov in spremembe ter posegi v vodno okolje in obrežni pas. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001)



Slika 12: mladoletnica skrita v lastno zgrajeni hiši (avtorska)

2.2.4.12. Stenice (*Heteroptera*)

So zelo raznolika in številna skupina žuželk z nepopolno preobrazbo. Naseljujejo kopno, sladke vode in vodno gladino. Med njimi so plenilci, zajedavci in rastlinojedci. V Sloveniji je bilo zapisanih 643 vrst stenice, vendar je dejansko število gotovo precej večje. Glavni vzroki ogroženosti stenice so zasipavanje, onesnaževanje in zaraščanje mlak, mrtvic in kalov; regulacije vodotokov, onesnaževanje in zaježitve rek, gradnja, urbanizacija. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001)



Slika 13: *Heteroptera corixinae* (avtorska)

2.2.4.13. Obročasti črvi (*Oligochaeta*)

Kopenski obročasti črvi so znani pod imenom deževniki in živijo v vlažnih tleh. Najbolj so razširjeni v kisli in humusni prsti. Vodni obročasti črvi pa so majhni in vitki, katerih notranjost je možno videti skozi njihovo prosojno telo. Živijo v sladkovodnih in slanovodnih okoljih, najdemo pa jih tudi v močvirjih. (povzeto iz: <https://cutt.ly/3AbmyS8>, 31.1.2022)



Slika 14: *Oligochaeta* (avtorska)

2.2.4.14. Ploščati črvi vrtinčarji (*Turbellaria*)

Živijo samostojno življenje tako v morju, kot v sladkih vodah in vlažnih tleh. Običajno so mesojedi, lahko pa so v soodvisnem razmerju z drugimi živalmi, nekaj pa je zajedalcev. Telo obdaja zunanja povrhnjica prekrita z migetalkami, s pomočjo katerih se premikajo. Med sladkovodnimi predstavniki so *Planaria*, ki živijo pod kamenjem v vodah in blatu. (povzeto iz: <https://cutt.ly/3AbvUhU>, 30.1.2022)

2.3. VREDNOTENJE EKOLOŠKEGA STANJA

Med biološkimi in splošnimi fizikalno-kemijskimi razmerami obstaja močna povezava, zato je pomembno, da pri vrednotenju ekološkega stanja vodotokov poleg bioloških dejavnikov analiziramo tudi pomembne hidrološke in fizikalno-kemijske dejavnike. (Tavzes, 2006) Pri vrednotenju fizikalno-kemijskih elementov kakovosti spremljamo odražanje toplotne in kisikove razmere v vodi, slanost, zakisanost, stanje hranil in prosojnost vode.

Pri vrednotenju ekološkega stanja voda na podlagi bioloških elementov kakovosti spremljamo vse večje skupine vodnih organizmov, ki so poleg njihovega življenjskega prostora, osnovni gradniki vodnih ekosistemov. Gre za združbe primarnih proizvajalcev (alge in makrofiti) in združbe višjih trofičnih nivojev (bentoški nevretenčarji in ribe). Vsak od bioloških elementov se odziva na specifične antropogene obremenitve. V Sloveniji v jezerih ekološko stanje vrednotimo z Indeksom bentoških nevretenčarjev litorala jezer (LBI) in Multimetrijskim indeksom za vrednotenje ekološkega stanja jezer na podlagi rib (SI-LFI). Viri obremenitve, ki jih spremljamo z biološkimi elementi kakovosti, so razpršeno in točkovno onesnaževanje s hranili in organskimi snovmi ter hidromorfološke spremembe skupaj s spošno degradiranostjo. Ta sta široko medsebojno povezana pojma, katerih vplive na stanje združb težko ločimo. Hidromorfološka spremenjenost vključuje neposredno spremembe dna in obal jezer. Splošna degradiranost združuje vse spremembe v okolici voda zaradi vplivov poselitve, kmetijstva in industrije. (povzeto iz: <https://cutt.ly/2AbbzFb>, str 11, 12, 31.1.2022)

Ob ekstremnih okoljskih spremembah določene vrste izginejo. Prisotnost ali odsotnost organizmov uporabljamo kot merilo za vrednotenje kakovosti vode in spremenljivost okolja. Indeksi, ki jih uporabljamo za vrednotenje kakovosti voda temeljijo na enem od dveh pristopov:

- struktura združbe: diverzitetni indeksi (Shannon- Wienerjev diverzitetni indeks)
- indikatorskih organizmih: saprobni indeks in biotski indeksi (indeksi LBI, CBS, BMWP) (Urbanič in Toman, 2003)

3. METODA DELA

3.1. Vzorčna mesta in opis vzorčenja

Raziskava je potekala v Trojiškem jezeru, v kraju Sveta Trojica v Slovenskih Goricah (Mesta označena na spodnjem zemljevidu, slika 1). Za območje ob jezeru je značilen visok delež njiv, pašnikov in travnikov.

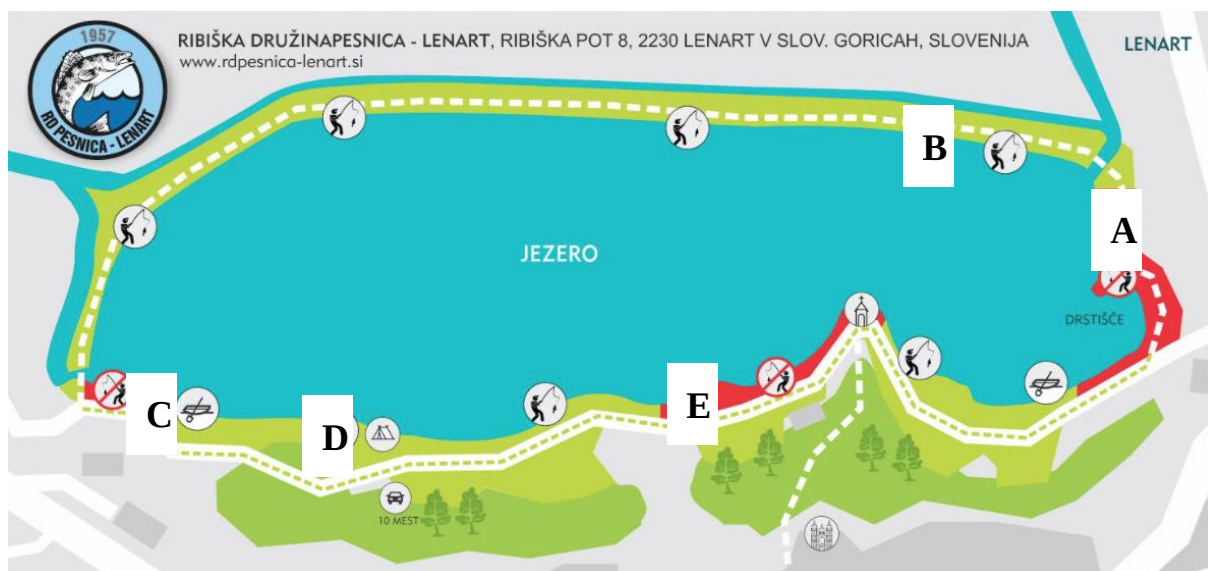
A - litoral porasel z emergentnimi makrofiti, drevjem, muljasta podlaga, senčna lega, območje v bližini pritoka, majhen antropogen vpliv

B - litoral porasel z emergentnimi makrofiti, kamnita in muljasta podlaga, sončna lega, neposredna bližina pašnikov in njiv

C - litoral porasel z manj emergentnimi makrofiti, muljasta podlaga, senčno/sončna lega, območje v bližini odtoka

D - litoral porasel z submerznimi makrofiti, veliko drevja, kamnito-muljasta podlaga, senčna lega

E - litoral porasel z submerznimi in emergentnimi makrofiti, muljasta podlaga, sončna lega, visoka prisotnost antropogenih vplivov in posega v okolje



Slika 15: Lokacija vzorčnih mest (vir: <https://cutt.ly/mAnaA4R>. 7.3.2022)

Vzorčili smo na litoralu Trojiškega jezera, kjer smo si izbrali vzorčno ploskev. Vsaka vzorčna ploskev je bila vzorčena na globini 0-0,5 m. Velikost posameznega mesta je 0,5x0,5 m, čas vzorčenja posamezne ploskve pa 30 s. Na vsakem vzorčnem mestu smo vzeli 4 vzorce. Vzorčili smo s standardno ročno mrežo, ki ima okvir 25 x 25 cm, z velikostjo odprtin 0,5 x 0,5 mm.

Metoda vzorčenja je poznana kot “kick sampling”. Taksone smo kasneje določili s pomočjo določevalnih ključev in jih shranili v etanolu.

3.2. Fizikalne in kemijske meritve

Na vsakem mestu smo najprej z Vernierjevim senzorjem izmerili pH, temperaturo vode, temperaturo zraka in delež raztopljenega kisika v vodi. Pri opazovanju vsebnosti kisika smo s sondo na rahlo krožili, da se koncentracija kisika zaradi delovanja naprave ni lokalno zmanjšala.

Za preverjanje vsebnosti hranil v vodi smo uporabili mobilni laboratorijski kovček EcoLabBox. Za prikaz koncentracije nutrientov smo uporabljali metodo kolorimetrije. Pri tej metodi se koncentracija parametra določi s pomočjo barvnega reagenta. Po pretečenem času pride do barvne spremembe vzorca, katerega primerjamo s priloženo barvno lestvico.

3.3. Opazovanje

Že z opazovanjem smo opazili spremembe vode v jezeru. opazovali smo gladino vode (eutrofikacija, odpadni material), lego mesta (pritok, iztok, območje antropogenih vplivov), barvo vode, prosojnost.

3.4. Razvrščanje glede na biotske indekse

Pri raziskavi smo izračunali Shannon-Wienerjev in biotski diverzitetni indeks.

Za izračun Shannon Wienerjevega indeksa smo uporabili formulo:

$$H = -\sum[(p_i) * \ln(p_i)]$$

Najprej potrebujemo skupno število osebkov na vzorčnem mestu. Za vsak takson izračunamo njen delež glede na vse posameznike v skupini. Rezultat pomnožimo z naravnim logaritmom in zaokrožimo na želeno decimalno mesto. Vse rezultate posameznih taksonov na koncu seštejemo in dobimo indeks. (povzeto s <https://cutt.ly/wAQqdl3>, 3.2.2022)

Za izračun biotskega diverzitetnega indeksa (Hilsenhoff Biotic Index) smo uporabili spletni kalkulator, kamor smo vpisali zahtevane vrste, če so te pri raziskavi bile prisotne. Število posameznih osebkov se pomnoži s faktorjem, ki je podan glede na občutljivost vrste na onesnaženost vode. Na koncu se izračuna vsota vseh dobljenih vrednosti. Vsota se deli s številom vseh osebkov. Rezultat na koncu nam pove ali je voda zelo ali malo onesnažena. Višja kot je vrednost bolj je voda onesnažena. (Povzeto s <https://cutt.ly/QAQwHUf>, 3.2.2022)

4. REZULTATI

4.1. Fizikalno kemijski parametri jezera

Na Vzorčnih mestih A, B, C in D je podobna količina raztopljenega kisika v vodi. Na mestu E je senzor pokazal nizko vsebnost kisika v vodi. pH je na vseh območjih v bližini nevtralnega 7. Temperatura vode in zraka je nihala, zaradi vzorčenja v različnih delih dneva.

Tabela 1: Fizikalno kemijske meritve vzorčnih mest (Merjeno 16.10.2021)

	A	B	C	D	E
Temperatura vode [°C]	12	13,2	13,6	14	15,7
Temperatura zraka [°C]	16,8	19,4	21	18	22,4
Ph vode	6,89	7,01	6,85	6,68	6,95
Količina O ₂ v vodi [mg/L]	13,2	13,2	12,8	13,2	2,3

V času merjenja je imela voda pravšnjo količino hranil v vodi in na vseh mestih enako.

Tabela 2: Vsebnost hranil v vodi (Merjeno 8.1.2022)

	A	B	C	D	E
Fosfat, PO ₄ [mg/L]	0	0	0	0	0
Nitrat, NO ₃ [mg/L]	10	10	10	10	10
Amonijak, NH ₄ [mg/L]	0,05 ≤ x < 0,2	0,05 ≤ x < 0,2	0,05 ≤ x < 0,2	0,05 ≤ x < 0,2	0,05 ≤ x < 0,2
Nitrit, NO ₂ [mg/L]	0,02 ≤ x < 0,1	0,02 ≤ x < 0,1	0,02 ≤ x < 0,1	0,02 ≤ x < 0,1	0,02 ≤ x < 0,1

4.2. Biološka komponenta jezera

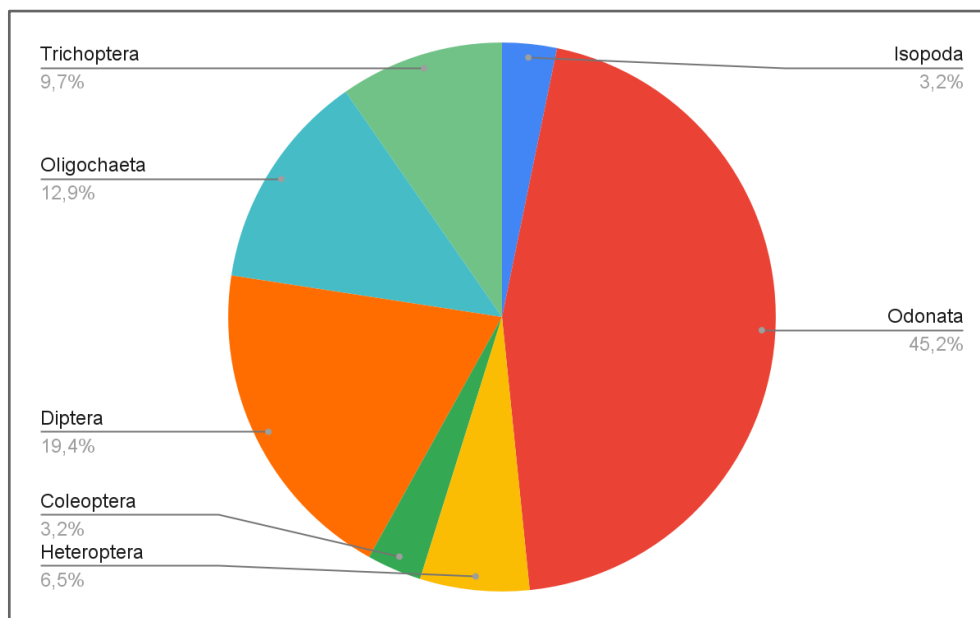
V jezeru smo zasledili največje število predstavnikov *Odonata*. Ti so bili prisotni na vsakem vzorčnem mestu razen na območju E. Po en osebek so bili opaženi predstavniki *Isopoda*, *Coleoptera*-družina vodnih hroščev in *Turbellaria*.

Tabela 3: Taksonomska sestava vzorcev glede na vzorčno mesto
(Vzorci A, B, D, E vzeti 16.10.2021, vzorec C vzet 19.11.2021)

Višji takson	Nižji takson	Vrsta	A	B	C	D	E
Isopoda	Asellidae	Asellus aquaticus	1	0	0	0	0
Odonata	Coenagrionidae		10	2	1	1	0
	Corduliidae		1	0	0	5	0
	Lestidae		3	0	3	0	0
Heteroptera	Corixidae	Corixinae	1	2	1	0	0
	Corixidae	Micronecta sp.	1	1	0	0	0
Coleoptera	Dytiscidae		1	0	0	0	0
Diptera	Chironomidae	Chironomus sp.	6	5	1	0	9
	Tipulidae	Larve von Tipula	0	0	0	1	3
Oligochaeta	Lumbriculidae	Lumbriculus variegatus	3	2	5	2	3
	Enchytraeidae	Enchytraeidae	1	0	0	4	0
	Tubificidae	Branchiura sowerbyi	0	0	0	10	0
Turbellaria	Dugesidae	Dugesidae lugubris	0	1	0	0	0
Gastropoda	Lymnaeidae	Radix balthica	0	1	3	1	0
Ephemeroptera	Ephemerellidae	Ephemerella ignita larvae	0	0	3	0	0
Trichoptera	Leptoceridae	Mystacides azurea	2	1	1	0	0
	Helicopsychidae		1	0	0	0	0
Amphipoda	Gammaridae	Gammarus roeseli	0	0	5	0	0

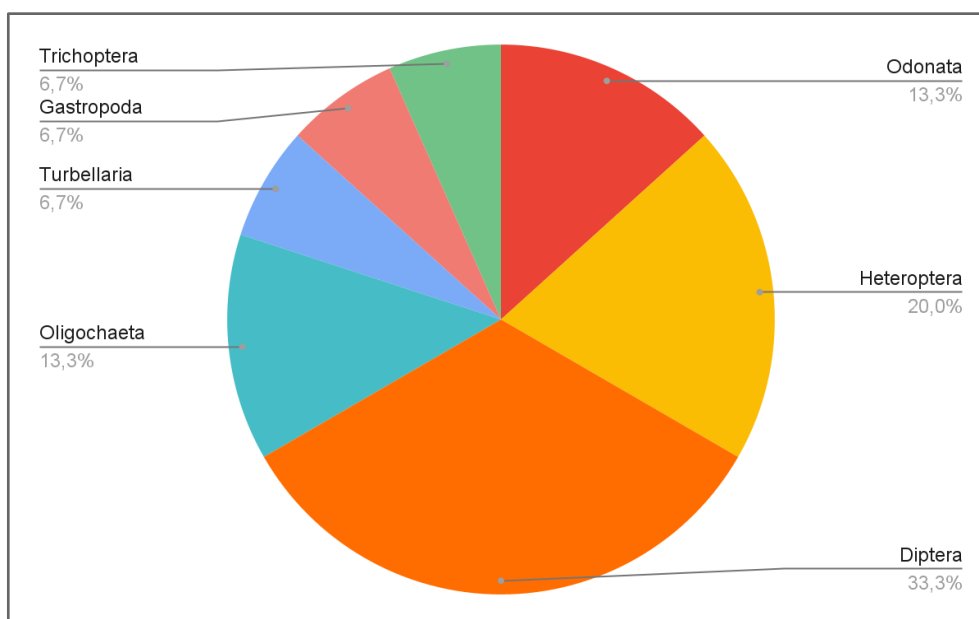
Na slikah opazimo, da se deleži taksonomskih skupin razlikujejo glede na vzorčno mesto.

Na vzorčnem mestu A, kjer prevladujejo emergentni makrofiti, je majhen antropogeni vpliv in je območje pritoka, prevladujejo predstavniki taksona *Odonata*.



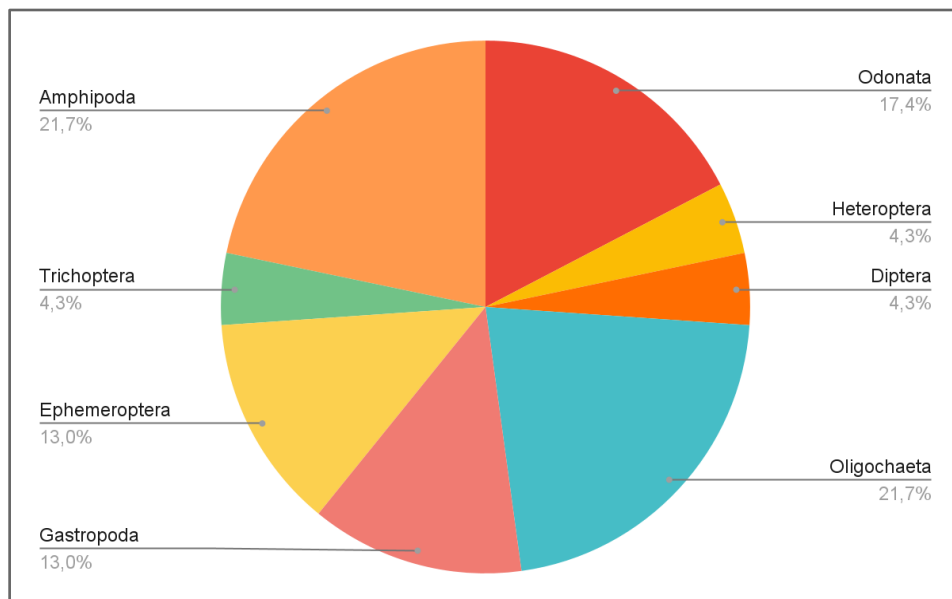
Slika 16: Deleži taksonomskih skupin na vzorčnem mestu A

Na vzorčnem mestu B, kjer je kamnita in muljasta podlaga prevladujejo dvokrilci, katerim pa sledijo stenice.



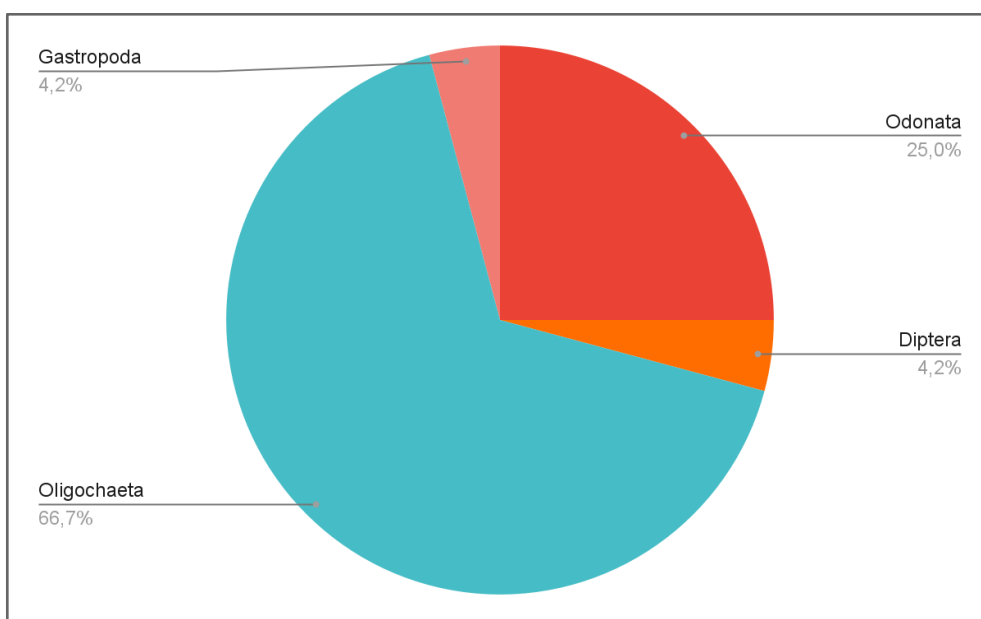
Slika 17: Deleži taksonomskih skupin na vzorčnem mestu B

Na vzorčnem mestu C, kjer je muljasta podlaga, zmeren antropogen vpliv in območje iztoka je prisotnih največ predstavnikov *Amphipoda* in *Oligochaeta*.



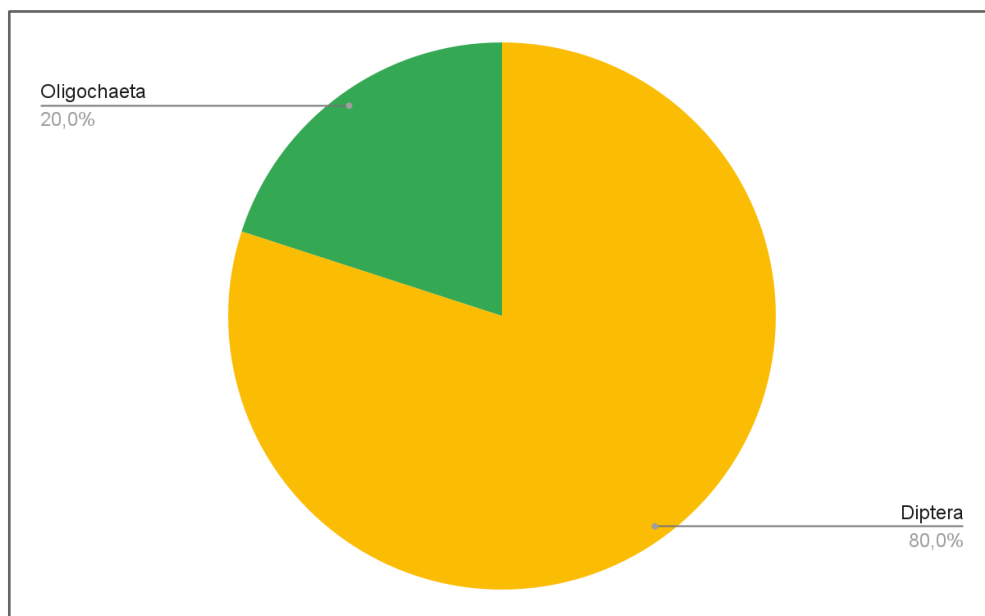
Sika 18: Deleži taksonomskih skupin na vzorčnem mestu C

Na vzorčnem mestu D, kjer so prisotni submerzni makrofiti in drevje je največ prisotnih obročastih črvov.



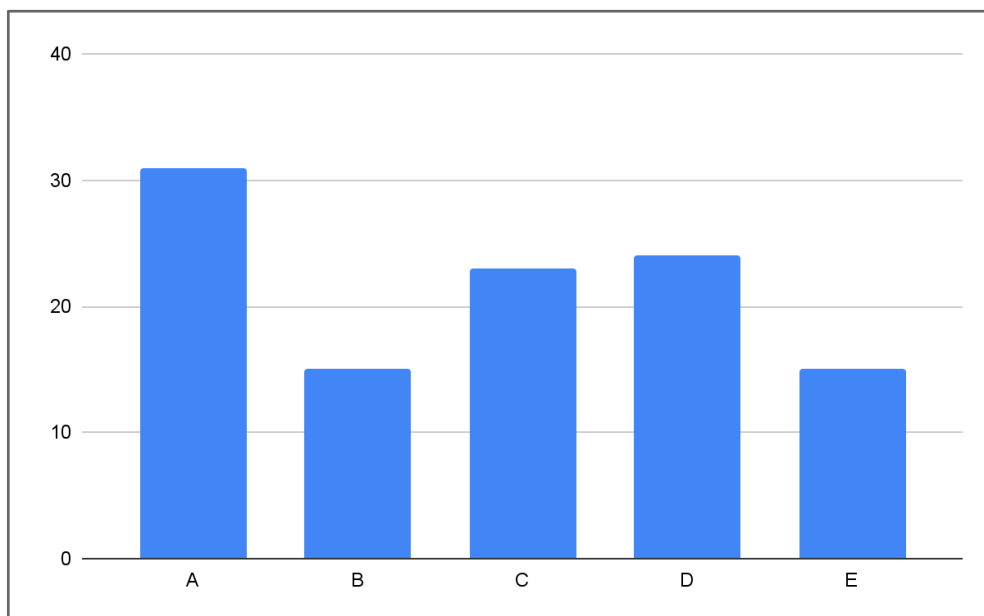
Slika 19: Deleži taksonomskih skupin na vzorčnem mestu D

Na vzorčnem mestu E, kjer je največji antropogeni vpliv, prevladuje takson *Diptera*.



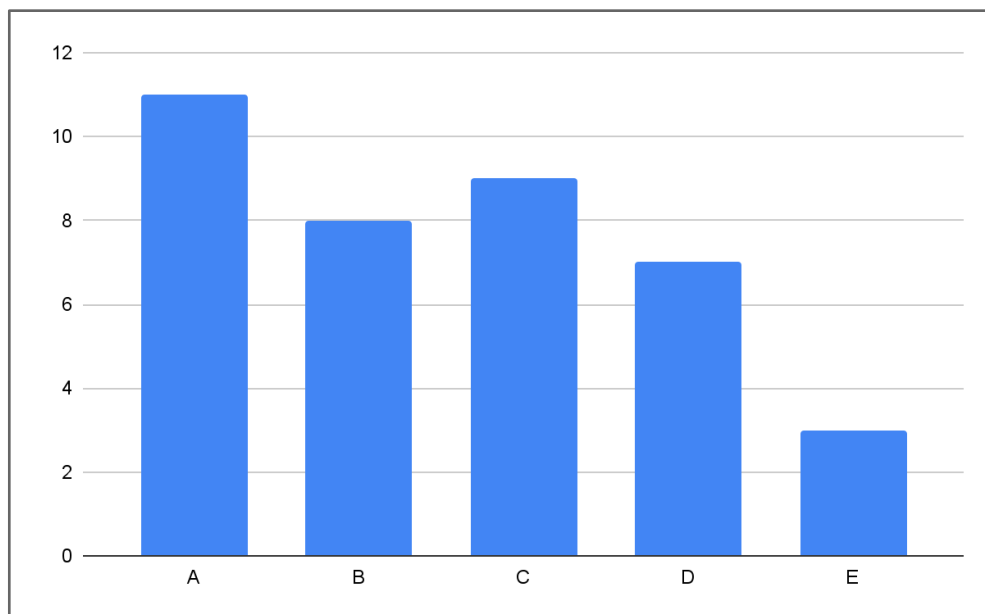
Slika 20: Deleži taksonomskih skupin na vzorčnem mestu E

Največje število osebkov je bilo prisotnih na vzorčnem mestu A, najmanjše pa na vzorčnem mestu E.



Slika 21: Število osebkov na posameznem vzorčnem mestu

Prav tako je bilo največ taksonov prisotnih na vzorčnem mestu A, na vzorčnem mestu E pa so bili prisotni le 3-je nižji taksoni (Tabela 3).



Slika 22: Število taksonov na posameznem vzorčnem mestu

V tabeli 4 je prikazan izračun Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa. Če je izračunana vrednost SW indeksa enaka 0, so v vzorcu prisotni organizmi samo enega taksona. Večja kot je vrednost indeksa, večja je pestrost združbe. Največja pestrost je izračunana na vzorčnem mestu A. Vrednosti vzorčnih mest A, B in C so primerljive, rahlo nižji je na mestu D in še nižji na mestu E.

Tabela 4: Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks

A	2,09
C	2,01
B	1,89
D	1,59
E	0,95

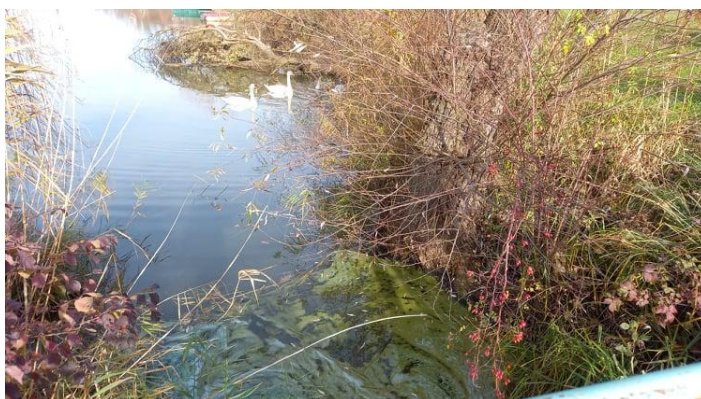
V tabeli 5 je prikazan izračun biotskega indeksa (Hilsenhoff Biotic Index, Macroinvertebrate Biotic Index, povzeto <https://cutt.ly/XAQrtvw>). Taksonska bogatost se nahaja v območju “good”, kar pomeni dobro bogatost taksonov EPT pa je 3, kar je v območju “fair”. MBI indeks, je izračunan na 8,24, kar kaže, da bi glede na število osebkov naj bilo jezero zelo onesnaženo.

Tabela 5: Biotski indeks

ORGANISM	N	Ti	Tv
Flatworm	1	6.0	6
Aquatic worm	30	10.0	300
Sowbug	1	6.0	6
Scud	5	4.0	20
Mayfly	3	3.0	9
Snail Case Caddisfly	1	3.0	3
Other Caddisfly	4	3.50	14
Riffle Beetle	1	5.0	5
Crane fly	4	4.0	16
Bloodworm Midge	16	11.0	176
Midge	5	6.0	30
Left Handed Snail	3	9.0	27
Right Handed Snail	2	7.0	14
	TOTALS	76	626
ORGANISM SAMPLED	76		
TAXA RICHNESS	13		
EPT TAXA RICHNESS	3		
MBI	8.24		
	Taxa richness	EPT Taxa richness	MBI
excellent	>= 14	>= 5	<= 4.35
good	12 - 13	4	4.36 - 5.00
fair	9 - 11	3	5.01 - 5.70
poor	7 - 8	2	5.71 - 6.25
very poor	<= 6	0 - 1	>= 6.26

4.3. Opazovanje

Na fotografijah vzetih 19.11.2021 je opaženo evtotrofno jezero. Prepoznane so t. i. planktonske alge, svetlo zelene do modre barve. Nahajale so se na obrežjih jezera in na območju iztoka.



Slike 23, 24, 25: Viden pojav evtrofikacije na Trojiškem jezeru (avtorske)

5. RAZPRAVA

5.1. Fizikalno kemijski parametri

Z merilnikom smo izmerili fizikalno kemijske parametre na 5 različnih mestih. Vzorčenja so potekala v različnih delih dneva, zato je opaženo naraščanje temperature vode v vzorcih A, B, C in E. Vzorec C ni bil vzorčen enak dan, vendar v primerljivem časovnem delu dneva kot vzorec D, zato sta tudi temperaturi primerljivi. pH vode je bil na vseh mestih blizu nevtralnega oz. rahlo kisel. Največje odstopanje je opazno na vzorčnem mestu D. Vsebnost kisika je na vseh vzorčnih mestih primerljiva, le na vzorčnem mestu E je krepko nižja. Predvidevamo, da je do tega prišlo zaradi opaženega pojava eutrofikacije. Predvidevano razširjene alge in bakterije intenzivno porabljajo kisik in s tem povzročijo znižanje koncentracije kisika. (ARSO, 2021, str. 8) Na ostalih mestih pojav eutrofikacije ni bil opažen v radiju 10 m, so pa se alge razraščale na drugih rahlo oddaljenih obrežjih jezera.

5.2. Analiza vsebnosti hranil

Za analizo vsebnosti hranilnih snovi v jezeru smo se odločili, ker smo opazili pojav eutrofikacije ob vzorčenju 19.11.2021. Vzorčenje hranilnih snovi je bilo izvedeno 8.1.2022. Opažena je bila skoraj nična prisotnost fosfatov in količina nitratov, ki ne presega mejne količine 50 mg/L. (Direktiva Evropske unije o nitratih, januar 2010, shorturl.at/zAD45) Glede na opaženo eutrofikacijo smo pričakovali visoko vsebnost fosfatov in dušikovih spojin. Menimo, da je vzorčenje hranilnih snovi potekalo v prevelikem časovnem zamiku glede na opažen pojav na jezeru. Ko smo vzorčili hranila alge na površju niso bile več opažene, kar kaže, da se je jezero vrnilo v manj onesnaženo stanje. Predvidevamo, da smo alge opazili, ker je vzorčenje potekalo v času gnojenja njiv, ki je dovoljena vse do konca prve polovice novembra. (povzeto iz <https://cutt.ly/WAQtZe>, 31.1.2022) Ta gnojila vsebujejo fosfate in dušikove spojine, ki se hitro izpirajo iz zemlje v podtalnico, potem v vodovodno vodo, ki se izteka v jezero. V času analize hranil gnojenje pridelovalnih površin ni bilo več dovoljena in se posledično v jezero niso iztekale večje količine fosforja in dušika.

5.3. Taksonomska sestava in zastopanost taksonov na vzorčnih mestih

V sliki 22 lahko vidimo, da se število nižjih taksonov razlikuje glede na vzorčna mesta. Na vzorčnem mestu E smo zaradi nizke vsebnosti kisika in eutrofnosti pričakovali nizko število taksonov. Največje število taksonov je bilo na mestu A, kar lahko razložimo z majhnim antropogenim vplivom in drugimi dejavniki. Mesto A je imelo prisotno največje število

taksonov in posameznih osebkov na vzorčnem mestu. Območje ima muljasto podlago in leži v senčni legi, kar je primerno za rast bentoških nevretenčarjev. Nizka temperatura vode prav tako ne predstavlja primerne okolja za rast bakterij in alg, zato je v vodi zadostna količina kisika za razvoj nevretenčarjev. (povzeto iz <https://cutt.ly/5AQthv6>) Največja je bila prisotnost taksona kačjih pastirjev (*Odonata*), ti so pomemben bioindikator v vodnem okolju, saj je njihovo življenje odvisno od mnogih dejavnikov, kot so eutrofikacija, naseljevanje v bližini in prekomerno doseljevanje rib. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001) Po številu so drugi najbolj prisotni organizmi predstavniki taksona dvokrilcev (*Diptera*).

Na vzorčnem mestu B so najpogostejši predstavniki dvokrilcev (*Diptera*), ki so bili zastopani kot ličinke, še nerazviti organizmi. Po številu pa so jim sledili predstavniki stenic (*Heteroptera*).

Na vzorčnem mestu C je bilo število osebkov dokaj podobno. Najbolj primerljivi so bili predstavniki taksonov *Odonata*, *Oligochaeta* in *Amphipoda*. Procentualno pa ni bilo veliko manj niti predstavnikov *Gastropoda* ali *Ephemeroptera*. Enodnevnice in kačji pastirji so pomembni bioindikatorji, zato njihova prisotnost kaže na to da še voda ni prehudo onesnažena. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001) Vendar njihovo malo število nakazuje na to, da prav čista tudi ni.

Na mestu D pa vidimo kar veliko večjo število predstavnikov *Oligochaeta* v primerjavi z ostalimi taksoni. In je tudi največje število osebkov v posameznem taksonu v primerjavi z vzorci na vseh vzorčnih mestih.

Za mesto E bi lahko rekli, da taksonomske pestrosti ni bilo in je bilo tudi število posameznih osebkov nižje v primerjavi z vzorci na ostalih vzorčnih mestih. Menimo da je vzrok majhnega števila prav pojav eutrofikacije. Veliko število predstavnikov *Diptera* ne preseneča, saj so ti organizmi na splošno bolj odporni na višje ravni onesnaževanja v vodnih okoljih. (MOP in ARSO, Stanje biotske raznovrstnosti, 2001) Opazimo tudi, da se število taksonov manjša s prehajanjem na območja, kjer se prisoten večji antropogeni vpliv in večkrat opažene živali, ki bi lahko predstavljale plenilce za vodne organizme.

Skupno je bilo v vzorcih najdenih 108 osebkov, kar je sorazmerno malo glede na dejstvo da smo vzorčili na 5 različnih vzorčnih mestih in vedno vzeli štiri različne vzorce vode. Sklepamo, da je na to vplivalo veliko različnih dejavnikov. Vzorčili smo v času velikega nihanja temperature in konstantne spremembe vremena, kar je lahko povzročilo velika nihanja v vodnem okolju in vplivalo na v njem živeče vodne organizme. Prav tako je teden pred vzorčenjem na travnikih pogosto potekalo gnojenje površin, posledično so se kemikalije skozi podtalnico iztekale v jezero in povzročile rahlo cvetenje alg (Vovk Korže, Bricelj, 2004, str. 41), kot je opazeno na slikah 2, 3, 4.

5.4. Shannon-Wienerjev indeks

Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks je najbolj razširjena mera za diverziteto združb. Večja kot je vrednost indeksa, večja je pestrost posamezne združbe na območju. (povzeto s <https://cutt.ly/wAQqdl3>, 3.2.2022) Največjo pestrost smo zasledili na območju A, ki pa ni imelo veliko večje vrednosti kot mesto C. Ti mesti imata tudi največje število vzorčenih taksonov. Po vrednosti indeksa sta za njima mesti B in D. B ima višji diverzitetni indeks, kar je bilo tudi predvideno, saj smo vzorčili tudi večjo število taksonov in večjo pestrost nižjih taksonov. Nižja pestrost na območju E je bila predvidena, saj so bile prisotne le tri skupine nižjih taksonov in le dve skupini višjih taksonov. Poleg pojava eutrofikacije in nizke vsebnosti kisika bi na ta pojav lahko vplivala tudi visoka antropogena dejavnost na tem območju. V oddaljenosti 5 m, se dokaj redno vozijo avtomobili, v vodi so pogosto opažene živali, ki lahko za nevretenčarje predstavljajo plenilce.

5.5. Biotski indeks makroinvertebratov

Za biotski indeks smo uporabili spletni kalkulator⁵, ki je na podlagi števila osebkov, ki so pomembni bioindikatorji izračunalo indeks na podlagi katerega lahko uvrstimo jezero v kategorijo neonesnaženega ali onesnaženega. Biotski indeks EPT ocenjuje kakovost vode glede na tri glavne predstavnike žuželk *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*, ki imajo nizko odpornost na onesnaževanje vodnega okolja. Indeks je pokazal vrednost 8.24, kar sodi pod zelo slabo stanje vodnega sistema.

⁵ (Macroinvertebrate Biotic Index Calculator, shorturl.at/jwW24, uporabljeno 23.2.2022)

5.6. Opazovanje

Najpomembnejša ugotovitev je bila pojav evtrofnosti, ki smo jo zasledili na obrežjih jezera. Nalagala se je na majhnih območjih v kar veliki vmesni razdalji. Opazili smo tudi, da je bila voda ob pritoku čista in pojav evtrofnosti ni bil opažen, med tem ko je bila voda ob iztoku veliko bolj prizadeta. Alge so bile na široko razširjene in lahko opazne. Menimo, da je voda ob iztoku bolj onesnažena in prizadeta, saj se vsi procesi jezera, vsa onesnažena voda in snovi pretakajo prav proti iztoku in se potem tukaj nabirajo in iztekajo v potok. V času vzorčenja hranil je bil iztok že očiščen in ta pojav razrasti alg ni bil več opazen.

6. ANALIZA HIPOTEZ

- 1. hipotezo lahko glede na dobljene podatke potrdimo.

Največje število osebkov in taksonov je bilo odvzetih prav na vzorčnem mestu A. Prav tako je Shannon-Wienerjev indeks pokazal največjo diverziteto na tem območju. Predvidevamo, da je zato tukaj voda v jezeru bila najmanj prizadeta in pod najmanjšim vplivom vsebnosti hranil in drugih snovi v vodi. Ker je antropogeni vpliv tukaj tudi majhen ne prihaja do neprestanega posega v okolje, kar omogoča organizmom boljše pogoje za razvoj.

Podobno so ugotovili tudi v raziskavi »Združba bentoških nevretenčarjev v litoralu Bohinjskega jezera« (2021), kjer je na mestu z ne kamnito podlago in prisotnimi emergentimi makrofiti, kot na našem vzorčnem mestu bilo vzorčenih največ osebkov.

- 2. hipotezo na podlagi raziskanega ovržemo.

Najmanjša pestrost je bila na območju E, kjer je bila muljasta podlaga, a smo opazili pojav eutrofikacije. Menimo da je to tudi glavni vzrok za nizko število taksonov. Gosta razrast alg ne prepušča svetlobe v spodnje plasti jezera, zato pride do pomanjkanja kisika, kar povzroča pogon vodnih organizmov. (ARSO, 2021, str. 8)

- 3. hipotezo lahko glede na dobljene rezultate delno potrdimo.

Z izračunom Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa smo ugotovili, da je bila diverziteta višja na območju pritoka, kot na območju iztoka, vendar razlika ni bila tako velika. Na območju iztoka je bila vrednost še višja kot na preostalih vzorčnih mestih. Kar ne kaže na veliko slabše razmere za bivanje na mestu iztoka, kot na mestu pritoka.

V raziskavi 2021 (Združba bentoških nevretenčarjev v litoralu Bohinjskega jezera, interno gradivo) so ugotovili enako, vendar v večjem številskem razponu. V bližini pritoka v Bohinjsko jezero je bilo vzorčenih največje število osebkov, na mestu iztoka je bilo število krepko manjše. Moramo pa upoštevati dejstvo, da je bilo to mesto iztoka neporasel litoral s pogostimi motnjami, v našem primeru pa je bilo mesto iztoka litoral porasel z submerznimi makrofiti in kamnito-muljasto podlago, kar predstavlja ugodnejše razmere za življenje organizmov.

- **4. hipotezo na podlagi izmerjenega potrdimo.**

Vsebnost kisika je bila na vzorčnem mestu E krepko nižja kot na preostalih mestih. Tukaj smo tudi vzorčili najmanjše število osebkov in izračunali tudi najnižji Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks.

Človek obremenjuje vode s hranili in organskimi snovmi z iztoki iz industrijskih in komunalnih odpadnih voda, pa tudi s spiranjem s kmetijskih površin, cest iz zraka in drugih virov. (ARSO, 2021, str. 8) To pojasnjuje nizko vsebnost kisika, ki je posledica velikega antropogenega vpliva.

7. ZAKLJUČEK

V raziskovalni nalogi je vzorčenje potekalo na 5 različnih mestih jezera. Izmerili smo splošne fizikalne lastnosti (temperatura vode, zraka, pH, delež kisika). Nabrane živali smo analizirali s pomočjo določevalnih ključev. Pri analizi števila in pestrosti vrst smo upoštevali tudi okolico vzorčnega mesta. Ugotovili smo, da so lahko bentoški nevretenčarji dobri pokazatelji čistosti ali ne čistosti vodnega okolja. Nekateri so na vpliv onesnaževanja bolj občutljivi in jih na onesnaženih predelih jezera ne bomo zasledili. Primeri tega so predstavniki skupin *Trichoptera*, *Ephemeroptera* in *Plecoptera*. Kar smo tudi pokazali, ko na najbolj prizadetem predelu jezera nismo zasledili nobenega predstavnika občutljivih skupin. Na ostalih mestih so bili v manjših številkah predstavniki prisotni. Ker pa na število osebkov v vodnem okolju vpliva veliko dejavnikov je težko določiti vzrok za relativno majhno število najdenih osebkov. Menimo, da bi lahko vzorčenje potekalo bolj zgodaj v letu, ko še na vodno okolje ni tako vplivala sprememba vremena in gnojenje pašnikov v bližnji okolici. Sicer bi to bil lahko dober pokazatelj da zunanji dejavniki kot so gnojenje travnatih površin in ostali antropogeni dejavniki negativno vplivajo na vodo v jezeru s to raziskovalno nalogo to težko dokažemo, saj je analiza vsebnosti hranil potekala v velikem časovnem zamiku. Opazili smo predviden pojav eutrofikacije, kar pa je pokazatelj, da so bile v vodi prisotne presežene količine najverjetneje spojin fosforja in dušika. Sicer pa menimo da je naš cilj dosežen. Ocenili smo ekološko stanje jezera na podlagi bentoških nevretenčarjev. Rezultati so se skladali z videnim, saj smo na evtrofnih območjih zasledili le vrste, ki so bolj odporne na onesnaženo okolje, na ostalih mestih pa smo vzorčili majhno količino občutljivih vrst, kar je pokazalo da je bilo jezero tudi, ampak manj ogroženo. Med delom na terenu zasledili kar nekaj problematike s katero se sooča to jezero in splošno vsa akumulacijska jezera v Sloveniji, zato bi bilo dobro, da se takšni popisi ekoloških stanj vodnih teles opravljajo vsaj na letni osnovi in se objavijo na občinskih straneh s priporočili za ravnanje. Ozaveščanje o stanju jezera se lahko prenaša tudi na splošno javnost in šolajoče se otroke in mladostnike z vzpostavitvijo habitatne učne poti okrog jezera.

8. DRUŽBENA ODGOVORNOST

Menimo, da je kakovost Slovenskih voda zelo pomembna za naše okolje in kakovost našega življenja. Vodni ekosistemi niso pomembni le za vodne organizme. Odgovornost do jezera imamo ljudje, ki živimo v bližini in ti ki prihajajo sem le občasno. Poskrbeti moramo da ohranimo vodo čisto in ne otežujemo življenja tem, ki so od nje odvisni. Jezera predstavljajo pomemben življenjski prostor mnogim živalskim in rastlinskim vrstam, so vir hrane in imajo tudi gospodarski pomen. Monitoringi tudi manjših jezer bi lahko potekali bolj pogosto, da ne bi prihajalo do nekontroliranih pojavov onesnaženja in posledično eutrofikacije. Želimo si čisto in zdravo okolje, vendar moramo za to poskrbeti mi, da v okolje ne mečemo odpadkov, skrbimo za primerno količino hranil v času gnojenja blizu ležečih obdelovalnih površin in se v neposredni bližini jezer čim manj vozimo z avtomobili in drugimi okolje ogrožajočimi se prevoznimi sredstvi.

9. VIRI

Agencija Republike Slovenije za okolje. (2001). Pregled stanja biotske raznovrstnosti in krajinske pestrosti v Sloveniji. Ljubljana: Ministrstvo za okolje, Agencija RS za okolje

Ambrožič, A. (2016). Ogroženost pod vodno gladino. Letnik 22, številka 4. Pridobljeno s <https://cutt.ly/NAnyxp7>

ARSO, sektor za ekološko stanje voda (2021). Ekološko stanje celinskih voda. Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana.

Belec, B., Fridl, J., Gabrovec, M., Hrvatin, M., Kert, B., Kladnik, D., ... Žiberna, I. (1998). Slovenija pokrajine in ljudje. Ljubljana: Mladinska knjiga

Common types of algae. (b.d.). Pridobljeno s <https://cutt.ly/2Ab5vY7>

Dolinar, N., Gabrijelčič, E., Krivograd Klemenčič, A., Kuhar U., Remec Rekar, Š., Štupnikar, N. (2020). Ekološko stanje površinskih voda v Sloveniji. Ljubljana: ARSO

Hilsenhoff biotic index. (b.d.). Povzeto s <https://cutt.ly/QAQwHUf>

Markoli, T. (2012). Kvaliteta vode v akumulacijskih jezerih na reki Pesnici (Diplomsko delo). Univerza v Mariboru, filozofska fakulteta. Maribor

Marušič, I. (1998). Krajinske subpanonske regije. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor RS.

Osnovna šola in vrtec Sv. Trojica. (2011). Podobe trojiške šole: 225-letnica šolstva pri Sv. Trojici v Slovenskih Goricah in 140-letnica šolske zgradbe. Ljubljana: Korotan.

Oligochaeta. (2021). Pridobljeno s: <https://cutt.ly/NAnyxp7>

Program razvoja podeželja. (2021). Pridobljeno s <https://cutt.ly/2AnqIAN>

Radovanovič, S. (1996). Podravje, Maribor, Ptuj A-Ž: priročnik za popotnika in poslovnega človeka. Pomurska založba. Murska Sobota.

Sulcer, A. (2014). Trojiško jezero v luči vodne direktive (Diplomsko delo). Univerza v Mariboru, filozofska fakulteta. Maribor

Štefanec, T. (2001). Trojiška Kronika. Sv. Trojica: Kulturno društvo Ernest Golob-Peter

Tavzes, B. (2006). Odvisnost življenjskih združb vodnih nevretenčarjev od hidromorfoloških lastnosti vodotokov (Doktorska disertacija). Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani. Ljubljana.

Turbellaria- vrtinčarji. (b.d.). Pridobljeno s <https://cutt.ly/NAnyxp7>

Urbančič, G., Toman, M. (2003). Varstvo celinskih voda. Ljubljana: Študentska založba.

Sever, M. (2007). Vpliv hidroloških značilnosti na združbo vodnih nevretenčarjev (Diplomsko delo). Univerza v Ljubljani, biotehniška fakulteta. Ljubljana.

Shannon diversity index calculator. (b.d.). Pridobljeno s <https://cutt.ly/wAQqdl3>

Urbančič, G., Toman, M. J. (2007). Influence of environmental variables on stream caddis larvae in three Slovenian ecoregions: Alps, Dinaric western Balkans and Pannonian lowland. *Internat. Rev. Hydrobiol*

Vovk Korže, A. (b.d.). Kopenske vode v geografskem okolju. Pridobljeno s <https://cutt.ly/CAb6UVG>

Slika 1: Trojiško jezero iz tlorisnega pogleda. Pridobljeno s <https://cutt.ly/FAnpQdV>. (6.3.2022)

Slika 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 23, 24, 25: avtorske slike

Slika 4: prikaz pijavke. Pridobljeno s <https://cutt.ly/wAnp5K6>. (7.3.2022)

Slika 8: Ličinka vrbnice *Isoperla* sp. Pridobljeno s <https://cutt.ly/6AnashV>. (7.3.2022)

Slika 9: Ličinka enodnevnice *Rhithrogena* sp. Pridobljeno s <https://cutt.ly/6AnashV>. (7.3.2022)

Slika 15: Lokacija vzorčnih mest. Pridobljeno s <https://cutt.ly/mAnaA4R>. (7.3.2022)