

Mikrofauna epifitona u različitim sastojinama makrofita

Žeželj, Barbara

Master's thesis / Diplomski rad

2014

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:023712>

Rights / Prava: [In copyright](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2022-01-24**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Barbara Žeželj

**MIKROFAUNA EPIFITONA U RAZLIČITIMA SASTOJINAMA
MAKROFITA**

Diplomski rad

Zagreb, travanj 2014. godine

Ovaj diplomski rad izrađen je u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Marie Špoljar i predan je na ocjenu Vijeću Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra struke znanosti o okolišu - smjer znanosti o okolišu.

Zahvaljujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Mariji Špoljar, na savjetima, vodstvu i strpljenju pri izradi ovog diplomskog rada.

Također, zahvaljujem neposrednoj voditeljici dr. sc. Ani Ostojić i dr. sc. Tvrtku Dražini na pomoći u terenskom i laboratorijskom radu.

Hvala svim kolegicama i prijateljicama koje su mi uljepšale vrijeme provedeno na fakultetu.

Posebno zahvaljujem svojim roditeljima, sestri i zaručniku na strpljenju i podršci tijekom studiranja.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

MIKROFAUNA EPIFITONA U RAZLIČITIM SASTOJINAMA MAKROFITAMA

BARBARA ŽEŽELJ

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb

Istraživanja epifitona provedena su tijekom ljetnih mjeseci (srpanj, kolovoz, rujna) 2012. godine na tri lokaliteta (šljunčara Zajarki, mrtvaja Škrčev kut, rukavac Sutle) s različitim intenzitetom antropogenog utjecaja). Osnovne hipoteze ovog rada bile su: (i) kompleksnost građe habitusa makrofita povećava brojnost i raznolikost mikrofaune epifitona; (ii) različite metode fiksiranja uzoraka utječu na rezultate kvalitativnog i kvantitativnog sastava mikrofaune epifitona. Ciljevi ovog rada bili su utvrditi: 1. razlike u brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona s obzirom na građu habitusa (složena, jednostavna) makrofita; 2. razlike u brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona s obzirom na različitost mikrostaništa (unutar sastojina makrofita, rub sastojina vodenih makrofita prema slobodnoj vodi); 3. utjecaj različitih metoda obrade uzoraka na rezultate strukture mikrofaune epifitona.

Od analiziranih fizičko-kemijskih čimbenika rezultati statističke analize ukazivali su na značajne razlike konduktiviteta, ukupnih suspendiranih tvari, mutnoće vode, nitrata, nitrita, ukupnog dušika, KPK, klorofil *a* iz planktona i epifitona i POM između tri lokaliteta. S obzirom na kompleksnost građe habitusa veća brojnost i raznolikost mikrofaune epifitona zabilježena je u rukavcu sa submerznim makrofitima, gdje su sve istraživane skupine mikrofaune postigle svoje najveće brojnosti, a ukupnom strukturom mikrofaune dominirali su Ciliophora. U šljunčari s flotantnim makrofitima zabilježena je statistički najmanja brojnost i raznolikost skupina Testacea, Rotifera i Gastrotricha. U mrtvaji s visokim stupnjem trofije, a malom pokrovnošću flotantnih makrofita zabilježena je mala raznolikost i velika brojnost skupina Testacea, Rotifera i Gastrotricha, ali mala raznolikost. Između istraživanih mikrostaništa na rubu i unutar sastojina makrofita nisu utvrđene statistički značajne razlike u strukturi mikrofaune, iako su rubna mikrostaništa pokazivala veću raznolikost. Rezultati statističke analize ukazuju da je brojnost mikrofaune epifitona pozitivno korelirala s izvorima hrane, algama u epifitonu, suspendiranim i otopljenim organskim česticama te fitoplanktonom. Usporedbom strukture mikrofaune na živom i fiksiranom materijalu. Utvrđeno je značajno smanjenje brojnosti skupina Ciliophora i Gymnamoeba, kao i raznolikosti mikrofaune. Rotifera su se pokazali znatno bolji za determinaciju i kvantitativnu analizu u fiksiranom materijalu. Iz toga proizlazi da različiti načini obrade skupljenog materijala zahtijevaju međusobnu usporedbu u interpretaciji kako bi rezultati bili što potpuniji. Rezultati ovog rada ukazuju da različiti oblici antropogenog djelovanja utječu na okolišne uvjete u vodenim sustavima kao i na promjene u strukturi biocenoze.

(54 stranice, 13 slika, 11 tablica, 69 literaturnih navoda, jezik izvornik: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: epifiton/submerzni i flotantni makrofiti/Rotifera/Ciliophora

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Maria Špoljar

Ocjenitelji: Izv. prof. dr. sc. Maria Špoljar (mentor)

Izv. prof. dr. sc. Jasenka Sremac

Doc. dr. sc. Sandra Radić Brkanac

Doc. dr. sc. Neven Bočić

Rad prihvaćen: 3. travnja 2014.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

EPIPHYTIC MICROFAUNA IN DIFFERENT MACROPHYTES STANDS

BARBARA ŽEŽELJ

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The research of epiphytic microfauna was conducted during the summer months (July, August, September) of 2012 in three localities (Zajarki Gravel-pit, Škrčev kut Oxbow and Sutla Backwater) with various intensity of anthropogenic impacts. The basic hypothesis of this study were: (i) the complexity of macrophytes habitus increases the diversity and abundance of epiphyton (ii) different methods of fixing the samples affect the results of the qualitative and quantitative composition of the epiphytic microfauna. Main goals of this study were to determine: 1) differences in the diversity and abundance of epiphytic microfauna due to habitat structure (complex and simple) of aquatic macrophytes; 2) differences in the diversity and abundance of epiphytic microfauna considering microhabitats (within macrophyte stands on the edge and in the macrophyte stands); 3) the impact of different methods of sample fixation on the results of epiphyton community structure.

An analysis of physico-chemical parameters showed statistically significant spatial changes of water conductivity, total suspended solids, turbidity, nitrite, nitrate, total nitrogen, chemical oxygen demand, chlorophyll *a* from plancton and epiphyton and POM between three water bodies.

Given the complexity of macrophytes habitus the higher abundance and diversity of epiphytic microfauna was recorded in water body with submerged macrophytes, where all studied groups of microfauna have achieved their highest abundance, and overall structure of the microfauna dominated by Ciliophora. The gravel-pit with floatant macrophytes was observed with statistically the smallest abundance and diversity of taxa Testacea, Rotifera and Gastrotricha. In the oxbow with a high degree of trophy and small cover percentages of floatant macrophytes recorded a large number of individual groups of Testacea, Rotifera and Gastrotricha but with small diversity. Among the investigated microhabitats on the edge and inside the macrophytes stands was no statistically significant differences in the structure of the microfauna, although edge of macrophytes stands showed a higher diversity of species. Results of statistical analyzes indicate that the number of the epiphytic microfauna positively correlated with food sources in epiphytic algae, suspended and dissolved organic particles and phytoplankton. Comparing the structure of the microfauna in live and fixed material, a significant decrease of taxa Ciliophora showed while Rotifera showed significantly better for the determination and quantitative analysis in fixed material. Consequently, different ways of processing collected materials require each comparison in the interpretation so the results would be as complete as possible. Results of this study indicate that different forms of anthropogenic activities affect the environmental conditions of individual water body and changes in the structure of biocenoses.

(54 pages, 13 figures, 11 tables, 69 references, original in: Croatian)

This thesis is deposited in the Central Biological Library.

Key words: epiphyton/ submergent and floating macrophytes/ rotifers/ciliates

Supervisor: Dr. Maria Špoljar, Assoc. Prof.

Reviewers: Dr. Maria Špoljar, Assoc. Prof.

Dr. Jasenka Sremac, Assoc. Prof.

Dr. Sandra Radić Brkanac, Assist. Prof.

Dr. Neven Bočić, Assist. Prof.

Thesis accepted: 3rd April, 2014.

Lista kratica

Chl *a* - klorofil *a*

DOM - (eng. *dissolved organic matter*) koncentracija otopljene organske tvari

KPK - kemijska potrošnja kisika

NH₄ - amonijak

NTU - (eng. *nephelometric turbidity unit*) mjerna jedinica za mutnoću vode

POM - (eng. *particulate organic matter*) suspendirane organske tvari

SD - standardna devijacija

Src - na rubu sastojina makrofita (*Ceratophyllum demersum*)

Sc - unutar sastojina makrofita (*Ceratophyllum demersum*)

Škrl - na rubu sastojina makrofita lokvanj (*Nuphar lutea*)

Škl - unutar sastojina makrofita lokvanj (*Nuphar lutea*)

POM – (eng. *particulate organic matter*) suspendirana organska tvar

TSS - (eng. *total suspended solids*) ukupne suspendirane tvari

Zrl - na rubu sastojina makrofita lokvanj (*Nuphar lutea*)

Zl - unutar sastojina makrofita lokvanj (*Nuphar lutea*)

SADRŽAJ

1.0. UVOD	1
1.1. Osnovna obilježja obraštaja	1
1.2. Čimbenici koji utječu na razvoj obraštaja	3
1.2.1. Abiotički čimbenici	3
1.2.2. Biotički čimbenici	4
1.3. Različite metode uzorkovanja i mikroskopske analize uzoraka epifitona	5
1.3.1. Metode uzorkovanja	5
1.3.2. Mikroskopska analiza uzoraka	6
1.4. Svrha rada	7
2.0. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	8
3.0. MATERIJALI I METODE	11
3.1. Analiza uzoraka epifitona	12
3.2. Analiza fizičko-kemijskih čimbenika vode	12
3.3. Analiza podataka	15
4.0. REZULTATI	15
4.1. Fizičko-kemijski čimbenici	16
4.2. Izvori hrane	20
4.3. Brojnost i raznolikost mikrofaune epifitona	21
4.3.1. Brojnost i raznolikost mikrofaune epifitona u plitkom jezeru sa submerznim makrofitima	21
4.3.2. Brojnost i raznolikost mikrofaune epifitona u plitkom jezeru s flotantnim makrofitima	29
4.3.3. Brojnost i raznolikost mikrofaune epifitona u dubljem jezeru s flotantnim makrofitima	34
4.3.4. Uvjetovanost različitosti biocenoza	41
5.0. RASPRAVA	43
6.0. ZAKLJUČAK	46
7.0. LITERATURA	48
ŽIVOTOPIS	54

1.0. UVOD

1.1. Osnovna obilježja obraštaja

Čvrste površine stalno ili povremeno uronjene u vodi tijekom vremena postaju prekrivene obraštajem ili perifitonom (grč. *periphutos* - rasti posvuda; njem. *Aufwuchs*, *auf-na*, *der Wuchs* - rast - u doslovnom prijevodu rasti na ili po nečemu) (Palmer i White, 1997; Woerner i sur., 2000). Pojam obraštaj najprije se odnosio na alge koje sluzavim ovojem oblažu slobodne površine predmeta uronjenih u vodu. Iako su istraživanja obraštaja dugo vremena bila zanemarivana, u novije vrijeme ukazuje se na veliku važnost obraštajnih zajednica u vodenim ekosustavima s obzirom na njihovu produkciju, raznolikost i brojnost organizama (Azim i sur., 2005). Weitzel (1979) proširuje definiciju obraštaja na ukupan broj sesilnih ili pričvršćenih organizama na nekom supstratu. Proširena definicija obraštaja ili perifitona odnosi se na složenu zajednicu koju čine autotrofni (alge) i heterotrofni organizmi (gljivice, Protozoa, mikroskopski sitni beskralježnjaci: virnjaci (Turbellaria), kolnjaci (Rotifera), oblići (Nematoda), trbodlaci (Gastrotricha), dugoživci (Tardigrada), maločetinaši (Oligochaeta)) te bakterije. Također, isti autor uvodi dva nova izraza: a) euperifiton, odnosi se na nepokretne (sesilne) organizme pričvršćene za supstrat rizoidima, želatinoznim dršcima ili drugim mehanizmima i b) pseudoperifiton koji uključuje pokretne organizme. Na svim tipovima supstrata euperifiton i pseudoperifiton dolaze zajedno te tvore jedinstvenu zajednicu.

Razvoj obraštaja na supstratu započinje taloženjem organske tvari (aminokiseline, mukopolisaharidi). Kroz nekoliko sati počinje se stvarati biofilm (sluzava prevlaka) bakterija, a otopljene čestice organske tvari služe im za pričvršćivanje i hranu (Flemming, 1995). Prisutnost suspendiranih organskih čestica u eutrofnim jezerima ubrzava proces kolonizacije (naseljavanja) i nastanka obraštaja. Proizvedena sluz bakterija čini supstrat pogodnijim za život autotrofnih i heterotrofnih organizama. Nakon nekoliko dana bakterijske kolonizacije javljaju se prvi autotrofni organizmi - alge. Od heterotrofnih organizama među prvima u zajednici dolaze bičaši, nakon kojih se pojavljuju sluzavci i trepetljikaši dok se kolnjaci pojavljuju u većem broju tek nakon dva do tri tjedna (Azim i sur., 2005).

Ranu fazu kolonizacije obilježava ubrzani rast i raznolikost vrsta, dok kasnije faze kolonizacije obraštaja obilježava velika zastupljenost i rast već postojećih vrsta (Hillebrand i sur., 2000). Raznolikost i brojnost obraštaja ovisi o nizu čimbenika kao što su stanište, vrsta supstrata, intenzitet svjetlosti, stopa grazinga (eng. *grazing* - ispaša, u planktonskoj

terminologiji podrazumijeva filtraciju čestica detritusa, bakterija, algi) i dostupnost hranjivih tvari (Azim i sur., 2005).

S obzirom na vrstu supstrata obraštaj dijelimo na: epifiton - obraštaj vodenog bilja; epipelon - obraštaj mulja; epiliton - obraštaj kamena; epipsamon - obraštaj pijeska; epidendron - obraštaj drva (Azim i sur., 2005).

Brojnost i raznolikost obraštaja na biljkama ili epifitona ovise o morfologiji habitusa makrofita koji na svojoj površini pružaju stanište za kolonizaciju (Kuczynska-Kippen i sur., 2007; Špoljar i sur., 2011). Vodene biljke ili makrofite definiramo kao makroskopske fotosintetske organizme (alge, mahovine, vaskularna vegetacija) koji su prilagođeni životu u vodenom okolišu kao submerzno (*Ceratophyllum*, *Myriophyllum*, *Elodea*), flotantno (*Lemna minor*, *Nuphar*) i emerzno (*Alsima plantag*, *Situm latifolium*) vodeno bilje te su kao takvi važna sastavnica vodenih ekosustava (Chambers i sur., 2008). Razgranjenije stabljike submerznih makrofita (npr. *Myriophyllum* div. sp. i *Ranunculus circinatus*) obično su bogatije epifitonom nego vrste nerazgranjenih stabljika (npr. *Potamogeton* div. sp.). Laugaste (2005) je utvrdio da je brojnost epifitona veća u eutrofnim jezerima, dok udio epifitona u ukupnoj primarnoj produkciji jezera može biti veći u oligotrofnim jezerima s makrofitima koji se nalaze u dubljim dijelovima. U svojim istraživanjima Kuczynska-Kippen (2007) objašnjava da osim habitusa makrofita, klorofil *a* i pH utječu na gustoću skupine Rotifera. Tako je i gustoće vrste *Keratella quadrata* povezana s pH što je utvrđeno 2-godišnjim istraživanjima koja su proveli Irfanullah i Moss (2005).

Značaj epifitona očituje se u vezanju ugljika, kruženju hranjivih tvari u vodenim ekosustavima kao i povećanju količine i raznolikosti hrane vodenim beskralježnjacima i kralježnjacima. U sastavu epifitona prevladavaju protisti (jednostanični organizmi s brzom reprodukcijom i kratkim životnim vijekom, tj. alge i protozoa) i mikroskopski sitni višestanični organizmi koji brzo reagiraju na promjene kvalitete vode, stoga je epifiton značajan indikator ekoloških promjena unutar vodenih ekosustava (Biggs i sur., 2000; Azim i sur., 2005). Epifiton se smatra ključnim čimbenikom u procesima pročišćavanja vode i poboljšanja kvalitete vode u jezerima i rijekama. Uloga epifitona je u sposobnosti apsorpiranja višaka hranjivih tvari i teških metala, koji dospijevaju u vodene ekosustave ispiranjem s poljoprivrednih površina, ispuštanjem otpadnih voda, turizmom te prihranjivanjem riba za sportski ribolov (Biggs i sur., 2000; Azim i sur., 2005).

1.2. Čimbenici koji utječu na razvoj obraštaja

Postotak pokrovnosti dna makrofitima, njihova gustoća i biomasa u vodenim ekosustavima značajno utječu na abiotičke (npr. svjetlost, temperatura, koncentracija kisika) i biotičke (npr. kompeticija, predacija, dostupnost hrane) čimbenike i njihove interakcije (Liboriussen i sur., 2005; Kuczynska-Kippen, 2007; Špoljar i sur., 2012).

1.2.1. Abiotički čimbenici

Svjetlost je ograničavajući abiotički čimbenik koji utječe na razvoj različitih skupina organizama u perifitonu. Dovoljan intenzitet svjetlosti uzrokuje dominaciju autotrofnih organizama (algi) u epifitonu dok je dominacija heterotrofnih organizama i/ili bakterija uzrokovana nedostatkom svjetlosti (Vermaat, 2005). Istraživanja koja su proveli Hepinstall i suradnici (1994) ukazuju da smanjenje svjetlosti utječe na smanjenje brojnosti algi u epifitonu i fitoplanktonu za 40 %. Povoljni svjetlosni i temperaturni uvjeti uz povećanje hranjivih tvari utječu na strukturu epifitskih zajednica koje u takvim uvjetima obilježava povećanje biomase i ubrzanje metabolizma (Uehlinger i Brock, 2006).

Eutrofikacija (povećanje primarne produkcije uslijed povećanja koncentracija nitrata i fosfata) ubrzava rast primarnih proizvođača, algi, u planktonu i perifitonu te uzrokuje promjene u sastavu skupina i povećanju gustoće perifitona (Campbell, 1996). Dominacija fitoplanktona zajedno sa suspendiranim organskim česticama uzrokuje smanjenje prozirnosti vode, a samim time i sprječavanje rasta submerzne vegetacije i epifitskih algi (Špoljar, 2013). Prozirna jezera s dominacijom vodenih makrofita i mutna jezera s dominacijom fitoplanktona, podrazumijevaju postojanje dviju značajno različitih vodenih biocenoza u sličnim vanjskim okolišnim uvjetima, ali različitim unutrašnjim koncentracijama hranjivih tvari (Scheffer, 1997). U prozirnim stajaćicama veća je raznolikost vrsta i staništa uslijed dominacije submerzne vegetacije koja sprječava resuspenziju sedimenta, smanjuje koncentraciju hranjivih tvari i daljnju eutrofikaciju, a ujedno osigurava zaklon od predatora zooplanktonu kao i ostalim beskralježnjacima i kralježnjacima (Kuczynska-Kippen, 2003; Špoljar i sur., 2012). U mutnim stajaćicama, zbog smanjenog prodora svjetlosti, izostaje submerzna vegetacija, dominira fitoplankton, a mutnoću povećava resuspenzija sedimenta uslijed vjetera,

valova i bioturbacije (resuspenzija uslijed kretanja organizama) (Meerhoff i sur., 2007; Špoljar i sur., 2011).

U lotičkim sustavima na brojnost i strukturu obraštajnih zajednica utječe brzina strujanja vode (Abe i sur., 2000; Primc-Habdija i sur., 2000). Skupine čvrsto vezane uz podlogu razvijaju se na mjestima gdje je brzina strujanja vode veća, dok na mjestima sporijeg strujanja dominiraju slabo vezane skupine (Abe i sur., 2000).

Strukturalna složenost staništa značajna je za sastav obraštaja jer određuje rasprostranjenost vrsta s obzirom na njihovu veličinu, tjelesna obilježja i način prehrane (Kuczynska-Kippen i sur., 2007). Time brojnost mikrofaune raste s povećanjem površine i razgranjenošću habitusa makrofita (Kuczynska-Kippen, 2003; Špoljar i sur., 2012).

Različita dna obilježava različita veličina čestica (megalital, makrolital, psamal i dr.) što uvelike ovisi da li se radi o lotičkom ili lentičkom sustavu. Tako u gornjim tokovima tekućica prevladavaju velike čestice na kojima se razvija obraštaj (epiliton), no ponekad je najveća biomasa vezana uz sitne čestice sedimenta (mulj ili pijesak) (Cattaneo i sur., 1997). Gucker (2003) ukazuje da fizička i kemijska svojstva sedimenta utječu na rasprostranjenost Protozoa. Primjer tome je kvantitativna i kvalitativna rasprostranjenost marinskih intersticijskih trepetljikaša koji su morfološki prilagođeni i ovise o veličini intersticijskih međuprostora u sedimentu.

1.2.2. Biotički čimbenici

Od biotičkih čimbenika najvažniji su predacija, kompeticija i izvori hrane koji utječu na bioraznolikost i brojnost obraštajnih zajednica. Svojom morfologijom makrofiti pružaju zaštitu mikrofauni obraštaja koja je glavna hrana mnogim beskralježnjacima (puževi, rakovi, ličinke kukaca) te ribama i vodenjacima kao predstavnicima kralježnjaka (Vermaat, 2005; Meerhoff i sur., 2007). Beskralježnjaci (npr. puževi) i kralježnjaci (npr. ribe) *grazing*-om uzrokuju fizičke promjene na obraštaju čime smanjuju biomasu, ali povećavaju produktivnost obraštaja uklanjajući mrtve i stare alge te na taj način obogaćuju perifiton hranjivim tvarima (fosfor i dušik). Predatori obraštaja mogu biti specijalizirani raznim morfološkim i fiziološkim prilagodbama što također može utjecati na strukturu obraštaja. Vrste ciprinidnih riba iz roda

Labeo (*L. calbasu*, *L. gonius* i *L. rohita*) s poprečnim i debelim ustima s oštrim rubovima kojima stružu epifitske alge s podloge, visoko su specijalizirane za herbivornu prehranu (Sibbing i sur., 2005). Kolnjaci se brzo prilagođavaju dostupnom izvoru hrane te pokazuju veliku prilagodljivost raznim promjenama i funkcionalnu specijaliziranost za određene vrste hrane. Kolnjaci koji žive na makrofitima (u odnosu na planktonske vrste) manje veličine i imaju jedan prst na nozi s adhezivnim žlijezdama kojima su pričvršćeni za supstrat (Duggan, 2001; Kuczynska-Kippen i sur., 2007).

Odnos makrofit - epifiton često se navodi kao jedinstvena ekološka jedinica u plitkim vodenim ekosustavima sa složenim interakcijama (simbioza ili mutualizam, kompeticija, alelopatija). Zagovornici simbioze ili mutualizma slažu se da epifiton ima koristi od organskih spojeva i hranjivih tvari koje pružaju makrofiti, dok su makrofiti zaštićeni od grazinga prevlakom epifitona (Wetzel, 2001). Brandt i Koch (2003) svojim istraživanjem ukazuju na važnost epifitona na makrofitima koji je njihov „štit“ od UV-B zračenja.

Zagovornici kompeticije slažu se da je odnos makrofit - epifiton u stalnoj borbi za izvorima hranjivih tvari i svjetlosti (Goldsborough i sur., 2005) i može imati negativan utjecaj na biljku domaćina uslijed smanjenja dostupnosti svjetla, a time i asimilacije ugljika (Jones i sur., 2000). Teorija alelopatije objašnjava izlučivanje tvari koji inhibiraju rast makrofita odnosno epifitona. Alelopatija između makrofita i algi mnogo puta je opisivana u literaturi te su mnogi spojevi izolirani iz lista makrofita ukazivali na negativne učinke na rast i fotosintezu algi (Gross i sur., 2003). Također, istraživanja Burksa (2002) su ukazala na negativan učinak submerznih makrofita (*Elodea canadensis*) ispuštanjem tvari koje reduciraju rast vrsta roda *Daphnia*.

1.3. Različite metode uzorkovanja i mikroskopske analize uzoraka epifitona

1.3.1. Metode uzorkovanja

Zbog brojnih nedostataka u kvantitativnoj analizi obraštaja na neravnim i grubim površinama prirodnih podloga mnogi znanstvenici u istraživanjima odabiru umjetne podloge (Cattaneo i sur., 1992). Umjetna podloga je bilo koja podloga stavljena u vodu na određeno vremensko razdoblje u kojem osigurava životni prostor živim organizmima (Ostojić, 2010). Od kada je Hentschel 1916. godine prvi puta upotrijebio staklo kao umjetnu podlogu u jezeru za kvalitativnu analizu obraštaja, broj različitih materijala i metoda koje su se koristile u istraživanju obraštaja je porastao. Umjetno stvorene podloge imaju prednosti u odnosu na

prirodne, kao što su: laka manipulacija, jednostavnija kvantitativna mjerenja, jeftine su i relativno jednostavne za korištenje te pojednostavljuju kvantificiranje vrsta s uzorkovane površine (Cattaneo i sur., 1992). Najčešće korištena su stakalca i poliuretanske pjene (Cairns, 1982; Ostojić, 2010).

Istraživanja o razlikama podataka s obzirom na metode uzorkovanja obraštaja su malobrojna te postoji veći broj radova vezanih uz metode sakupljanja zooplanktona, u kojima je bitna veličina oka planktonske mrežice, i njihovog utjecaja na rezultate istraživanja. Primjer tome su istraživanja mezozooplanktona u čijim uzorcima prevladavaju planktonski rakovi dok su kolnjaci, koje obilježava mala veličina tijela, često zanemarivani (Rodriguez i sur., 2013) Ista skupina istraživača je dokazala da u mrežici od 200-300 μm ima manje od 10 % mezozooplanktonskih zajednica dok je biomasa smanjena za jednu trećinu, a sekundarna produkcija za dvije trećine u odnosu na rezultate vezane uz korištenje mrežice veličine oka 20-63 μm .

1.3.2. Mikroskopska analiza uzoraka

Mikroskopska analiza odnosi se na determinaciju i kvantificiranje uzoraka Identifikacija (determinacija) vrsta se provodi za taksonomske skupine i razvojne stadije koji mogu biti klasificirani s obzirom na obilježja vezana uz prehranu, biologiju, ponašanje i njihovo pojavljivanje u pojedinim vodenim tijelima (Postel i sur., 2000; Foissner, 2014). Za većinu metoda determinacije vrsta znanstvenici koriste literaturu, laboratorijske priručnike i rad u laboratoriju (Foissner, 2014). Neke od metoda kojima se mogu bolje uočiti strukture bitne za determinaciju su: supravitalno bojenje s metil zelenim-pironinom, impregnacija suhim i mokrim srebrovim nitratom, elektronska mikroskopija (Foissner, 2014).

Determinacija trepetljikaša, kao i ostalih brzopokretnih mikroskopskih organizama, na živim uzorcima predstavlja izazov zbog brzog kretanja vrsta u promatranom uzorku. Do danas su opisane mnoge fizičke i kemijske metode za usporavanje kretanja trepetljikaša, kao što su imobilizacija niklovim sulfatom ili povećanje viskoznosti medija karbosimetil celulozom, koje su se prema iskustvu mnogih znanstvanika pokazale kao neprikladne za determinaciju vrsta budući da takvi postupci uzrokuju mijenjanje staničnih struktura (Foissner, 2014). Metoda koju je primijenio Foissner (2014) za determinaciju trepetljikaša koristeći petroleter (vazelin) koji se ubrizgava na svaki od četiri kuta pokrovnice, pokazala se korisnom jer na taj način vrste postaju manje pokretljive i bolje uočljive što uvelike olakšava njihovu determinaciju. S druge strane, najčešće korišteni postupci bojanja su tehnike impregnacije

srebrom uz snimanje elektronskim mikroskopom (Foissner, 2014). Impregnacija srebrovim nitratom ili karbonatom nije primjenjiva za sve vrste trepetljikaša i za pojedine skupine meiofaune (Turbellaria, Rotifera, Gastrotricha) koje su determinirane na živom materijalu pošto se prilikom konzerviranja pripadnici ovih skupina kontrahiraju te se ne mogu uočiti njihova anatomska obilježja. Kako bi informacije vezane za određeni uzorak i promatrane skupine bile potpune, potrebna je kombinacija dviju ili više metoda bojanja i/ili fiksiranja, a njima svakako prethodi pregledavanje živog uzorka (Foissner, 2014).

1.4. Svrha rada

Staništa vodenih makrofita pružaju veliku ponudu hrane beskalježnjacima i kralježnjacima u vodenim ekosustavima (Kuczynska-Kippen i sur., 2007; Špoljar i sur., 2011, 2012). Dosadašnja istraživanja su pokazala da na brojnost i raznolikost zajednica epifitona utječe građa habitusa makrofita zajedno s prozirnošću/mutnoćom vode. Habitusom složeniji i stariji makrofiti, imaju veću površinu i raznolikost mikrostaništa za razvoj mikrofaune te stabilniji sastav algi i bakterija kao izvora hrane što doprinosi većoj raznolikosti epifitona. Suprotan utjecaj na razvoj epifitona i pripadajuće mikrofaune imaju mlađi i habitusom jednostavniji makrofiti (Liboriussen i sur., 2005; Kuczynska-Kippen i sur., 2010).

Nadalje, različite metode uzorkovanja kao i fiksiranja uzoraka mogu utjecati na rezultate kvalitativnog i kvantitativnog sastava zajednice (Rodriguez i sur., 2013; Foissner, 2014).

Osnovne hipoteze ovog rada koje objašnjavaju da kompleksnost građe habitusa makrofita povećava brojnost i raznolikost epifitona i da različite metode fiksiranja uzoraka utječu na rezultate kvalitativnog i kvantitativnog sastava mikrofaune epifitona bile su polazište za utvrđivanje ciljeva ovog rada.

Ciljevi istraživanja u ovom radu bili su utvrditi:

- razlike u brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona s obzirom na građu habitusa (složena, jednostavna) vodenih makrofita;
- razlike u brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona s obzirom na različitost mikrostaništa (unutar sastojina makrofita i na rubu sastojina vodenih makrofita prema slobodnoj vodi);
- utjecaj različitih metoda obrade uzoraka na rezultate o strukturi mikrofaune epifitona.

2.0. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživana su tri lokaliteta: rukavac Sutle, mrtvaja Škrčev kut i šljunčara Zajarki, koja se nalaze u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske, u Hrvatskom zagorju. Geološku podlogu Hrvatskog zagorja izgrađuju stijene koje su nastajale od paleozoika do kvartara, a prema geološkim mjerenjima to odgovara rasponu od približno 440 milijuna godina. Njihov litološki sastav s brojnim fosilima ukazuje da su najvećim dijelom bile taložene u morima ili oceanima. Tijekom pliocena i kvartara iz Hrvatskog zagorja povuklo se Paratethys more, a izdignute su današnje planine i formiran je čitav hidrografski sustav. Zajedničkim djelovanjem denudacije i riječne erozije tijekom posljednjih 150 000 godina (u gornjem pleistocenu i holocenu) nastao je današnji krajolik Hrvatskog zagorja (Herak, 1984).

Istraživani lokaliteti uz rijeke Krapinu i Sutlu pripadaju Savskom odnosno Crnomorskom slivu, a njigove su aluvijalne ravnice najniži predjeli Hrvatskog zagorja. Rijeka Sutla granična je rijeka Hrvatske sa Slovenijom, ukupne dužine oko 91 km. U rijeku Savu utječe kao njezin lijevi pritok. Slivno područje Sutle ima brdske i nizinske značajke. Brdski je dio veće površine od nizinskog dijela, a posljedica su toga bujični tokovi u brdskom dijelu i pojave vodnih valova u nizinskom dijelu slivnog područja (Tomec i sur., 2009). Rijeka Krapina također je lijeva pritoka rijeke Save, dužine toka oko 75 kilometara, s izvorom rijeke na planini Ivanščici. Sava tako prima vode obiju navedenih rijeka, ukupne duljine 945,5 km i površine poriječja 96 328 km². S prosječnim protokom na ušću od 1670 m³/s vodom je najbogatiji dunavski pritok (po vodnom bogatstvu osmi u Europi).

Istraživana tri lokaliteta različitog su postanka, morfometrije, prozirnosti, sastava i pokrivenosti makrofitima. Sva tri lokaliteta danas su ribnjaci kojima upravlja Sportsko ribolovno društvo „Šaran“ Zaprešić te su poribljeni šarankama, dok je Zajarki najveći šaranski ribnjak u Hrvatskoj. Stoga u ihtiofauni jezera dominiraju šaranke od koji izdvajamo sljedeće vrste: babuška (*Carassius gibelio*), štuka (*Esox lucius*), vijun (*Cobitis elongata*), grgeč (*Perca fluviatilis*), sunčanica (*Lepomis gibbosus*), bodorka (*Rutilus rutilus*), bezribica (*Pseudorasbora parva*) i karas (*Carassius auratus*).

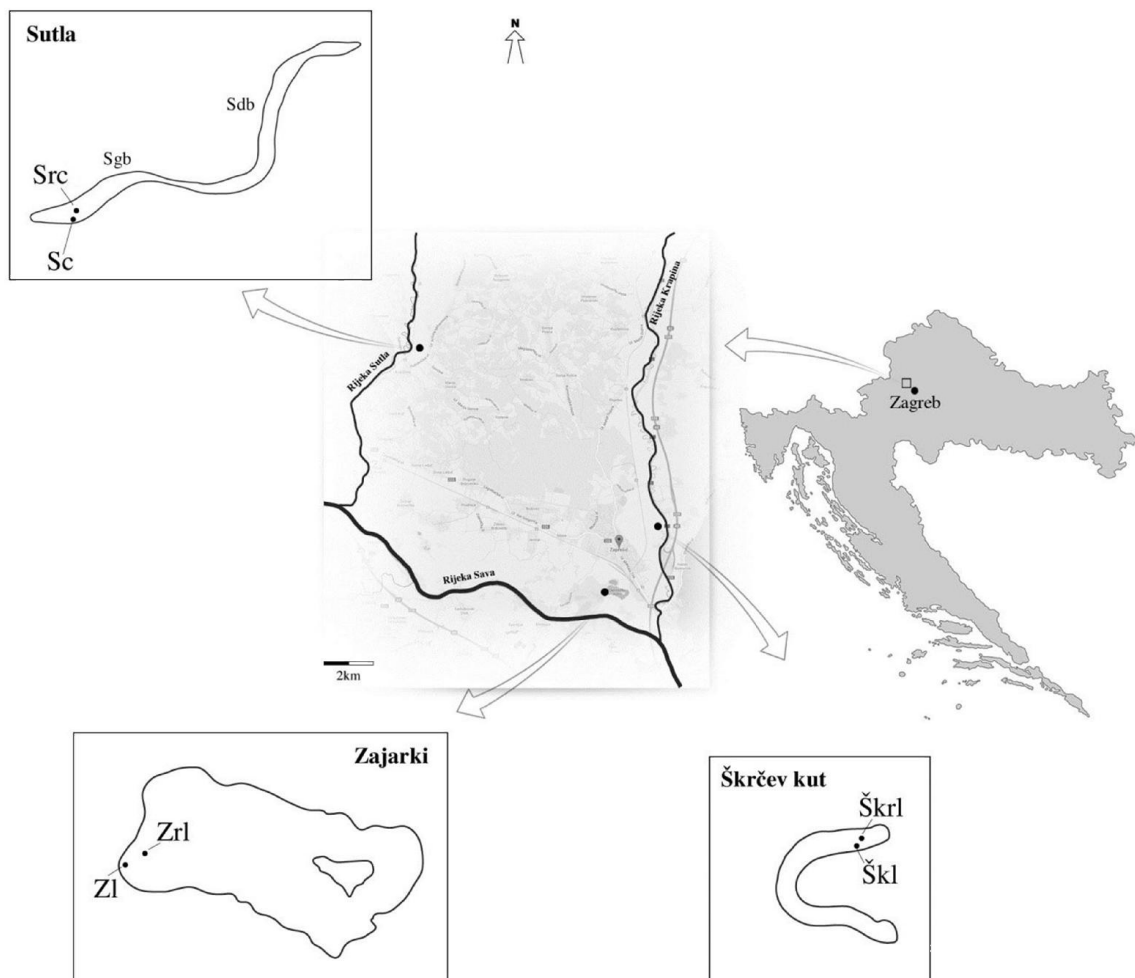
Rukavac rijeke Sutle (S), ima dva bazena: a) gornji bazen - plitak, veće površine i velike pokrovnosti submerznim makrofitima i b) donji bazen - dublji, veće površine i manje pokrovnosti submerznim makrofitima. U gornjem bazenu dominantni su submerzni makrofiti - voščika (*Ceratophyllum demersum*) gdje su bile smještene istraživane postaje (Tablica 1,

Slika 1). Pod intenzivnim je utjecajem ispiranja tvari s okolnih livada i oranica, ali i sportskog ribolova.

Mrtvaja Škrčev kut (Šk) je odsječeni meandar rijeke Krapine nastao odvajanjem od glavnog toka rijeke uslijed gradnje Zagorske magistrale pedesetih godina XX stoljeća. Mrtvaja Škrčev kut je plitka, male površine, velike mutnoće u odnosu na šljunčaru Zajarki s malo flotantnih makrofita (lokvanj *Nuphar lutea*), te je pod utjecajem ispiranja tvari s okolnih livada i oranica (Tablica 1, Slika 1).

Jezero Zajarki (Z) je po postanku šljunčara nastala na aluvijalnim nanosima blizu ušća Krapine u Savu (Tablica 1, Slika 1). Počeci iskapanja šljunka na mjestu današnjeg jezera Zajarki počeli su sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća te su trajali do 2010. godine. U početku je nastalo nekoliko malih ujezerenja koja su iskapanjem šljunka spojena i produbljena. Šljunčara Zajarki je duboka, veće površine i prozirnija u odnosu na ostala dva istraživana lokaliteta. Šljunčaru obilježava malo flotantnih (plutajućih) makrofita, a dominira lokvanj, *Nuphar lutea*. Antropogeni utjecaj se očituje u sportskom ribolovu i ljetnoj sezoni kupanja.

Okolnu vegetaciju sva tri vodena tijela čine vrbe (*Salix* sp.) i topole (*Populus* sp.).



Slika 1 Shematski prikaz istraživanih lokaliteta rukavac Sutle (S), mrtvaja Škrčev kut (Šk) i šljunčara Zajarki (Z) s označenim postajama uzorkovanja: Src - rukavac Sutle rub sastojina *Ceratophyllum demersum*, Sc - rukavac Sutle unutar sastojina *Ceratophyllum demersum*, Škrl - mrtvaja Škrčev kut rub sastojina lokvanja *Nuphar lutea*, Škl - mrtvaja Škrčev kut unutar sastojina lokvanj *Nuphar lutea*, Zrl - šljunčara Zajarki rub sastojina lokvanja *Nuphar lutea* i Zl - šljunčara Zajarki unutar sastojina lokvanj *Nuphar lutea*.

Tablica 1 Morfometrijska obilježja istraživanih lokaliteta - Sutla (S), Škrčev kut (Šk) i Zajarki (Z)

Obilježje	Lokalitet	Sutla (S)	Škrčev kut (Šk)	Zajarki (Z)
Koordinate		45°54'51''S; 15°42'11''I	45°51'45''S; 15°49'29''I	45°50'36''S; 15°48'78''I
Duljina max (m)		260	300	750
Širina max (m)		20	12	310
Površina (m ²)		2 500	2 500	31 000
Dubina max (m)		3	2	6
Pokrovnost makrofitima (%)		70 - 80	30 - 40	10
Prozirnost vode (m)		1,4 ± 0,2	0,53 ± 0,2	2,1 ± 0,1
TSI _(SD)		55	69	49
Tip vodenih makrofita		Submerzni	Flotantni	Flotantni
Vrsta vodenih makrofita		Voščika (<i>Ceratophyllum demersum</i>)	Lokvanj (<i>Nuphar lutea</i>)	Lokvanj (<i>Nuphar lutea</i>)
Okolno područje		Livade i oranice	Livade i oranice	Uređene obale za sportski ribolov i rekreaciju
Ihtiofauna		Sunčanica (<i>Lepomis gibbosus</i>) Bodorka (<i>Rutilus rutilus</i>)	Sunčanica (<i>Lepomis gibbosus</i>) Vijun (<i>Cobitis elongata</i>)	Sunčanica (<i>Lepomis gibbosus</i>) Grgeč (<i>Perca fluviatilis</i>)

3.0. MATERIJALI I METODE

Plan istraživanja

Uzorci su sakupljeni jednom mjesečno na tri lokaliteta tijekom ljetnog razdoblja (srpanj, kolovoz, rujana) 2012. godine. Na svakom lokalitetu, rukavac Sutle (S), mrtvaja Škrčev kut (Šk) i šljunčara Zajarki (Z) uzorkovane su dvije postaje (mikrostaništa): na rubu tj. granici makrofita - pelagijal i unutar sastojina makrofita. U šljunčari Zajarki i mrtvaji Škrčev kut uzorci epifitona su uzimani s flotantnih makrofita - lokvanj (*Nuphar lutea*) (Zajarki rub sastojina lokvanja (Zrl), Škrčev kut rub sastojina lokvanja (Škrl) i Zajarki unutar sastojine lokvanj (Zl), Škrčev kut unutar sastojinae lokvanj (Škl), U rukavcu Sutle uzorci su uzimani sa submerznih makrofita - voščike (*Ceratophyllum demersum*) (Sutla rub sastojina *Ceratophyllum demersum* (Src) i Sutla unutar sastojina *Ceratophyllum demersum* (Sc)). Na svakoj postaji uzorci za kvalitativnu i kvantitativnu analizu mikrofaune epifitona i izvora

hrane (alge, detritus) uzimani su struganjem sa stabljika makrofita u triplikatima. Uzorci epifitona skupljani su rezanjem 10 - 15 cm stabljike submerznih ili flotantnih makrofita, zatim su stavljani u plastične vrećice uz dodatak 50 do 100 mL vode s pripadajuće postaje. Svi uzorci su dopremljeni u Limnološki laboratorij Zoologijskog zavoda Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu u prijenosnim hladnjacima i spremljeni u hladnjak na temperaturi od 4°C.

3.1. Analiza uzoraka epifitona

Za analizu mikrofaune, epifiton je u laboratoriju strugan četkicom sa svake stabljike. Stabljike s kojih je odstranjen epifiton bile su sušene do konstantne težine na 104 °C te izvagane radi izračuna brojnosti mikrofaune epifitona po jedinici suhe mase stabljike (jed/g SM). Za kvantitativnu analizu, svaki uzorak je izbrojan u tri poduzorka. Determinacija svojiti provedena je na živom i fiksiranom (4 % formalin) materijalu korištenjem svjetlosnog mikroskopa oznake Jenaval (Carl Zeiss Jena, 125× i 400×). Za determinaciju vrsta korišteni su sljedeći ključevi:

- Sarcodina (Ogden i Hedely, 1980),
- Ciliophora (Foissner i Berger, 1996),
- Rotifera (Voigt i Koste, 1978),
- Cladocera (Amoros, 1984),

Većina trepetljikaša i kolnjaka iz skupine Monogononata je određena do vrste. Bdeloidni kolnjaci (Bdelloidea), trbodlaci (Gastrotricha), oblići (Nematoda), dugoživci (Tardigrada) maločetinaši (Oligochaeta), ljuskari (Ostracoda) i veslonošci (Copepoda) nisu određeni do vrste.

3.2. Analiza fizičko-kemijskih čimbenika vode

Fizičko-kemijska analiza vode obuhvaćala je mjerenje sljedećih čimbenika:

- temperature vode (°C, oksimetar oznake WTW OXI 96)
- koncentracije otopljenog kisika (mg O₂/L, oksimetar oznake WTW OXI 96)
- pH vrijednosti (pH-metar oznake WTW 330i)
- konduktiviteta (µS/cm, konduktometar marke Hach Sension 5)

- ukupne suspendirane tvari, eng. *total suspended solids* - TSS (mg/L)
- mutnoće vode (NTU - eng. *nephelometric turbidity unit*)
- koncentracije ortofosfata (mg P-PO₄³⁻/L)
- koncentracije ukupnog fosfora (mg P/L)
- koncentracije amonijaka (mg N-NH₄/L)
- koncentracije nitrita (mg N-NO₂⁻/L)
- koncentracije nitrata (mg N-NO₃⁻/L)
- koncentracije ukupnog dušika (mg N/L)
- koncentracije otopljenih organskih tvari (kemijska potrošnje kisika, KPK, mg O₂(KMnO₄)/L)
- biomase fitoplanktona (koncentracija klorofila *a* µg/L)
- biomase epifitskih algi (koncentracija klorofila *a* µg/g SM)
- koncentracije suspendirane organske tvari (mg AFDM / L)

Na terenu su sondama izmjereni osnovni limnološki čimbenici: temperatura, koncentracija otopljenog kisika, pH, konduktivitet. Paralelno s uzorcima epifitona uzimani su uzorci za fizičko-kemijsku analizu vode: ostalih limnoloških čimbenika (mutnoća vode, ukupne suspendirane tvari), hranjivih tvari (fosfati, ukupni fosfor, amonijak nitriti, nitrati i ukupni dušik) kao i analizu izvora hrane (koncentracije otopljenih organskih tvari, biomase fitoplanktona, biomase epifitskih algi, koncentracije suspendirane organske tvari) koji su određivani volumetrijskim i spektrofotometrijskim metodama (spektrofotometar HACH DR/2000).

Mutnoća vode (eng. *nephelometric turbidity unit* – NTU) i ukupne suspendirane tvari (TSS, eng. *total suspended solids*) određivane su spektrofotometrijski.

Ukupni fosfor određen je prevođenjem u ortofosfate i dalje je određivan metodom s amonijevim molibdatom. Koncentracija ortofosfata određivana je spektrofotometrijski uz amonijev molibdat (APHA, 1995).

Od dušičnih spojeva određivani su amonijak, nitriti (kolona IonPAC AS22), nitrati i ukupni dušik. Nitriti i amonijak su određivani pomoću ionskog kromatografa (Dionex ICS-3000) (APHA, 1995). Ukupni dušik je određivan Kjeldahlovom metodom (APHA, 1995). Koncentracija nitrata određena je metodom reakcije s natrijevim-salicilatom (HÖLL K. 1986).

Za procjenu koncentracije otopljene organske tvari (eng. *dissolved organic matter*, DOM) korištena je oksido-redukcijska metoda kemijske potrošnje kisika iz kalijevog permanganata (KPK_{KMnO_4}). Metoda se zasniva na kemijskoj reakciji u kojoj kalijev permanganat (jako oksidativno sredstvo), oksidira svu otopljenu organsku tvar u vodi. Količina utrošenoga kisika ekvivalentna je količini otopljene organske tvari (Špoljar i sur., 2011).

Klorofil *a* (Chl *a*) je osnovni fotosintetski pigment većine autotrofnih organizama. Mjerenje njegove koncentracije je jedan od načina određivanja biomase fitokomponente u planktonu i obraštaju. Postupak određivanja koncentracije klorofila *a* proveden je etanolskom ekstrakcijom prema Nuschu (1980). Koncentracija klorofila *a* iz planktona izračunata je prema izrazu:

$$\text{Chl } a \text{ } (\mu\text{g/L}) = 29,6 (E^b_{665} - E^a_{665}) v/Vd$$

a klorofil *a* iz obraštaja izračunat je prema izrazu:

$$\text{Chl } a \text{ } (\mu\text{g/g ST}) = 29,6 (E^b_{665} - E^a_{665}) a/md$$

gdje je:

- E^a_{665} - ekstinkcija ekstrakta na 665 nm prije zakiseljavanja
- E^b_{665} - ekstinkcija ekstrakta na 665 nm nakon zakiseljavanja
- v - volumen ekstrakta uzorka (mL)
- a - jedinica površine
- V - volumen profiltrirane vode (L)
- d - poprečni presjek spektrofotometrijske kivete (cm)
- m - masa suhe tvari makrofita (g SM)

Za procjenu sadržaja detritusa u vodi određivana je masa suspendirane organske tvari (eng. *particulate organic matter*, POM) temeljem vrijednosti gubitka pri žarenju (eng. *ash free dry mass*, AFDM). Uzorak je prvo sušen na temperaturi od 104°C (vaganjem je dobivena masa suhog ostatka) u keramičkoj posudici, a potom žaren u mufolnoj peći na 600 °C/6 h (vaganjem je dobivena masa žarenog ostatka). Razlika masa suhog i žarenog ostatka je gubitak pri žarenju, POM (mg AFDM/L).

3.3. Analiza podataka

Pokrovnost jezerskog dna makrofitima (%) određena je temeljem omjera širine pojasa makrofita i širine jezera izmjerene na pet lokacija na svakom jezeru (Lau i Lane, 2002).

Vrijednosti TSI (eng. *trophic state index*) izračunate su temeljem prozirnosti izmjerenih Secchi diskom te govore o stupnju produktivnosti vodenog sustava (Carlson, 1977).

Prije statističke analize svi podaci su logaritamski transformirani [$\log(x+1)$] i provedena je provjera raspodjele podataka Shapiro-Wilk's T testom, iz čega proizlazi da su podaci za temperaturu, kisik, pH, NTU, TSS, amonijak, ukupni dušik, klorofil *a* iz planktona i epifitona slijedili pravilnu raspodjelu. Stoga su za daljnju analizu korišteni parametrijski ANOVA testovi, a za detaljnu informaciju o značajnosti razlika između pojedinih postaja korišten je *post hoc* Tukey HSD test. Za analizu podataka koji nisu slijedili pravilnu raspodjelu primijenjeni su neparametrijski testovi (Kruskal-Wallis test, Mann-Whitney U test), a za detaljnu informaciju o značajnosti razlika između pojedinih postaja korišten je *post hoc* test višestruke usporedbe. Za utvrđivanje značajnosti interakcija između pojedinih okolišnih čimbenika te interakcija između okolišnih čimbenika i mikrofaune epifitona korišten je Spearmanov koeficijent korelacije (r). Dendrogram sličnosti (*Cluster* analiza) i nemetričkog multidimenzionalnog skaliranja (NMDS) korišteni su za utvrđivanje sličnosti između postaja temeljem brojnosti dominantnih skupina mikrofaune epifitona. Za statističku analizu ovih podataka korišten je program STATISTICA 8.0 (StatSoft inc., 2007).

U prikazu podataka korištene su osnovne statističke mjere kao što su srednja vrijednost i standardna devijacija (SD). U grafičkim prikazima mjeseci su označeni rimskim brojevima (srpanj - VII, kolovoz -VIII, rujna - IX). Grafički i tabelarni prikazi izrađeni su u programu Microsoft Excel 2003 (Microsoft Corporation, 2003).

4.0. REZULTATI

Rezultati prikazuju promjene fizičko-kemijskih čimbenika, brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona na živom i fiksiranom materijalu tijekom ljetnog razdoblja u tri vodena tijela, različita s obzirom na morfometriju, dominaciju makrofita i pokrovnost dna makrofitima.

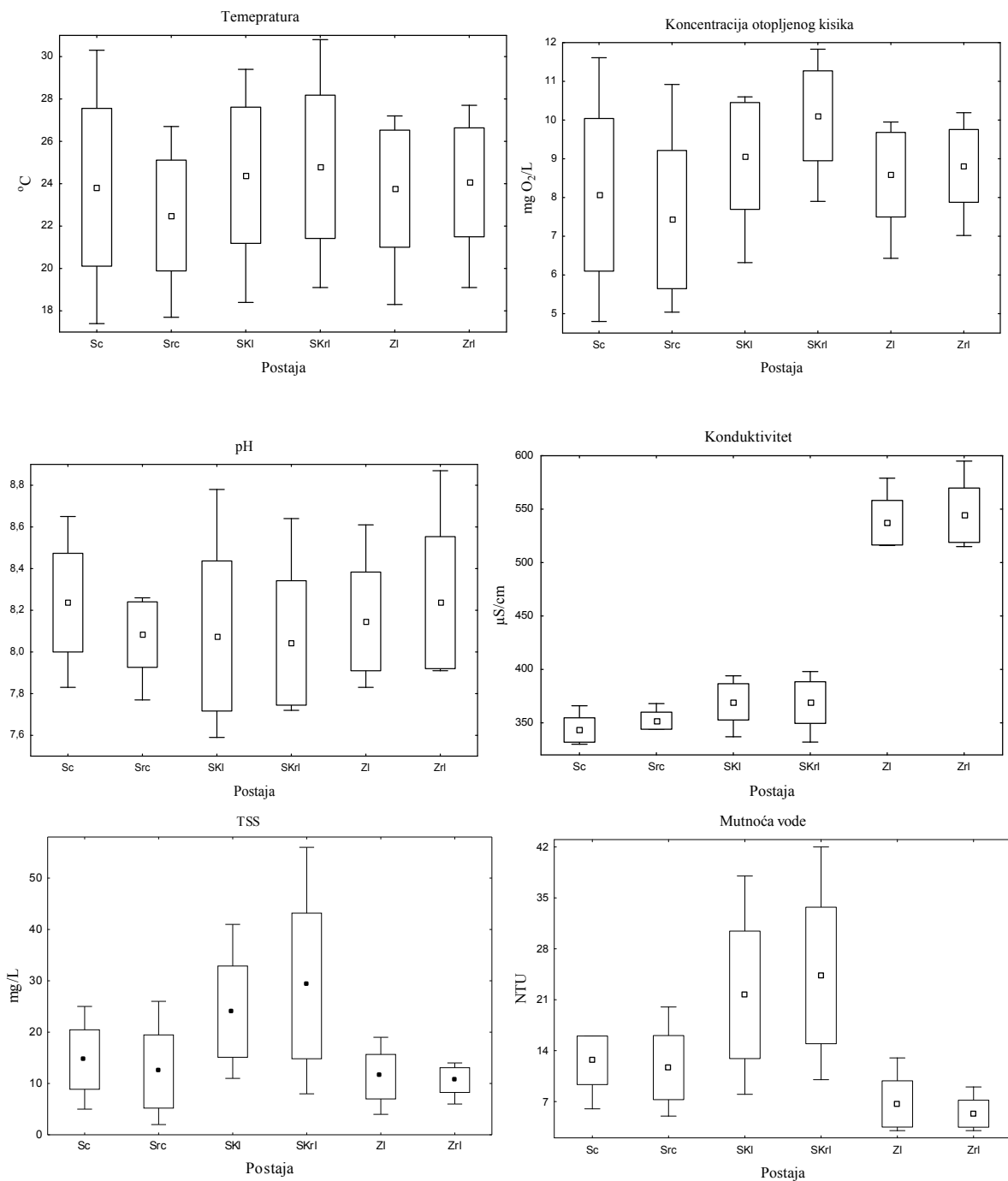
4.1. Fizičko-kemijski čimbenici

Statistička analiza rezultata ukazala je na značajne razlike fizičko-kemijskih čimbenika između tri lokaliteta, dok između istraživanih postaja (rub i unutar sastojina makrofita) na pojedinom lokalitetu nisu bile statistički značajne (ANOVA/Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$). Tijekom ljetnog razdoblja **temperatura** ($23,89 \pm 4,53$ °C), **koncentracija otopljenog kisika** ($8,68 \pm 2,26$ mg O₂/L) i **pH** ($8,13 \pm 0,40$) nisu pokazivali statistički značajne oscilacije između tri istraživana vodena tijela (Slika 2, Tablica 2). Vrijednosti temperature statistički su se značajno smanjivale od srpnja prema rujnu, dok su pH vrijednosti u kolovozu bile u alkalnom području te su se statistički značajno razlikovale u odnosu na srpanj i rujnu (Tablica 2).

Vrijednosti **konduktiviteta** signifikantno su bile veće na postajama u šljunčari Zajarki u odnosu na postaje u mrtvaji Škrčev kut i rukavcu Sutle, dok vremenske razlike nisu bile statistički značajne (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$) (Tablica 3).

Ukupne suspendirane tvari (TSS) i **mutnoća vode** pokazivale su sličan slijed prostornih oscilacija koje su bile statistički značajne, kao i vremenske oscilacije. U mrtvaji Škrčev kut vrijednost TSS ($26,5 \pm 18,53$ mg/L) i mutnoća vode ($23 \pm 14,14$ NTU) statistički su značajno bile više u odnosu na mjerenja u šljunčari Zajarki i rukavcu Sutle (Slika 2, Tablica 3).

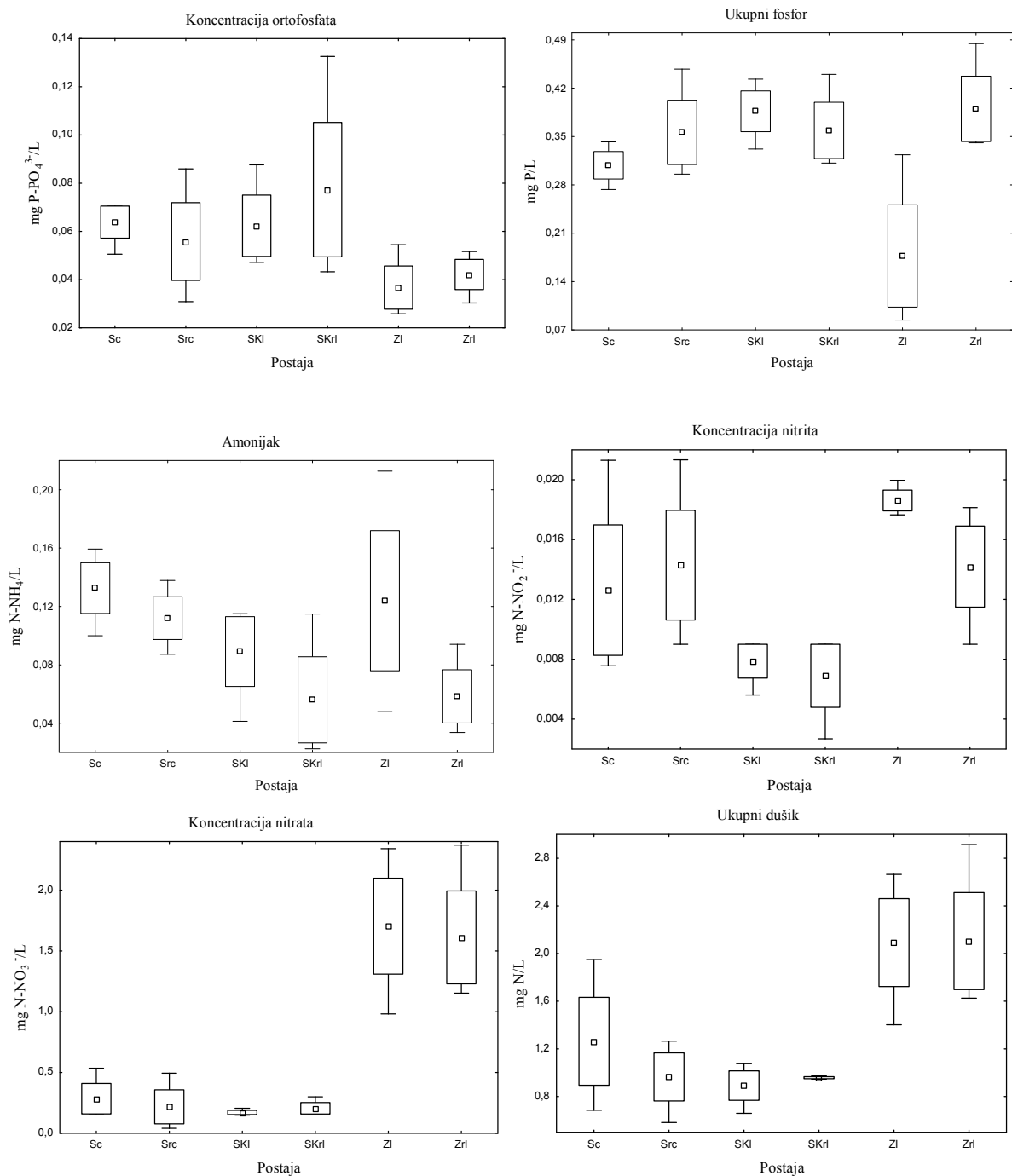
Koncentracije orto-fosfata i ukupnog fosfora nisu se značajno razlikovale prostorno niti vremenski (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$), a kretale su se oko srednje vrijednosti $0,06 \pm 0,02$ mg P-PO₄³⁻/L za orto-fosfate i $0,33 \pm 0,1$ mg P/L za ukupni fosfor (Slika 3, Tablica 3). Vrijednosti **koncentracije amonijaka** nisu bile statistički značajno različite između tri lokaliteta (ANOVA, $p > 0,05$), a kretale su se oko srednje vrijednosti $0,095 \pm 0,051$ mg N-NH₄/L. Statistički značajno veća koncentracija NH₄ zabilježena je u kolovozu u odnosu na ostala dva ljetna mjeseca (Tablica 2). Vrijednosti koncentracija **nitrita** i **nitrata** bile su statistički značajno veće u šljunčari Zajarki u odnosu na mrtvaju Škrčev kut i rukavac Sutle (Tablica 3). Statistički veće vrijednosti **ukupnog dušika** zabilježene su u šljunčari Zajarki. Statistički značajno niže vrijednosti ukupnog dušika zabilježene su u kolovozu u odnosu na ostala dva ljetna mjeseca (Slika 3, Tablica 2 i 3).



Slika 2 Oscilacije minimalnih, maksimalnih i srednjih vrijednosti temperature (°C), koncentracije otopljenog kisika (mg O₂/L), pH, konduktiviteta (µS/cm), ukupnih suspendiranih tvari, TSS (mg/L) i mutnoće vode (NTU) na istraživanim postajama. Legenda: □ srednja vrijednost ± SD | Minimalna-Maksimalna vrijednost

Tablica 2 Značajnost prostornih i vremenskih razlika u promjenama fizičko-kemijskih čimbenika, hranjivih tvari i izvora hrane na tri istraživana lokaliteta (ANOVA, *post-hoc* Tukey HSD test, $p < 0,05$)

Limnološki čimbenici	F	p	Tukey HSD test
Temperatura (°C)			
Lokalitet	3,2	0,0726	
Mjesec	173,5	0,0000	VII > VIII > IX
Kisik (mg O₂/L)			
Lokalitet	1,4	0,2904	
Mjesec	2,0	0,1741	
pH			
Lokalitet	0,8	0,4667	
Mjesec	29,4	0,0000	VIII > VII, IX
Mutnoća vode (NTU)			
Lokalitet	17,2	0,0002	Šk > S > Z
Mjesec	12,4	0,0010	IX < VII, VIII
TSS (mg/L)			
Lokalitet	9,6	0,0028	Šk > S,Z
Mjesec	28,4	0,0000	IX < VII, VIII
Amonijak (mg N-NH₄/L)			
Lokalitet	2,7	0,1061	
Mjesec	5,8	0,0160	VIII > VII > IX
Ukupni dušik (mg N/L)			
Lokalitet	23,2	0,0001	Z > S, Šk
Mjesec	8,1	0,0053	VIII < VII, IX
Chl <i>a</i> plankton (µg/L)			
Lokalitet	14,8	0,0004	Z < S, Šk
Mjesec	3,3	0,0675	
Chl <i>a</i> epifiton (µg/g SM)			
Lokalitet	4,7	0,0287	Z < S
Mjesec	0,1	0,9154	



Slika 3 Oscilacije minimalnih, maksimalnih i srednjih vrijednosti orto-fosfata (mg P-PO₄⁻/L), ukupnog fosfora (mg P/L), amonijaka (mg N-NH₄⁺/L), nitrita (mg N-NO₂⁻/L), nitrata (N-NO₃⁻/L) i ukupnog dušika (mg N/L) na istraživanim postajama. Legenda: □ srednja vrijednost ± SD | Minimalna-Maksimalna vrijednost

Tablica 3 Značajnost prostornih razlika u promjenama fizičko-kemijskih čimbenika, hranjivih tvari i izvora hrane na tri istraživana lokaliteta (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$; *post hoc* test višestruke usporedbe)

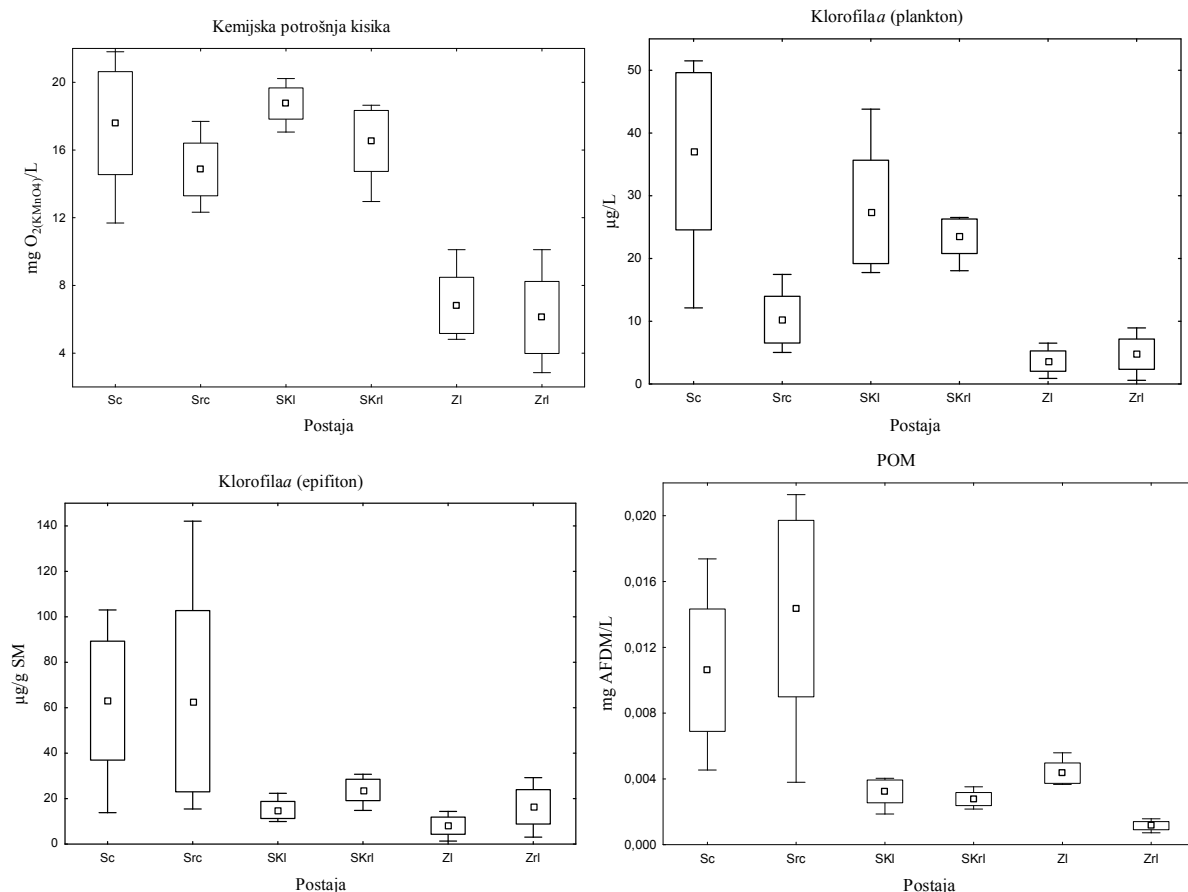
Limnološki čimbenici	H	p	Višestruka usporedba
Konduktivitet ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	12,3	0,0021	Z > S, Šk
Koncentracija ortofosfata ($\text{mg P-PO}_4^{3-}/\text{L}$)	4,7	0,0945	
Ukupni fosfor ($\text{mg P}/\text{L}$)	1,4	0,499	
Koncentracija nitrita ($\text{mg N-NO}_2^-/\text{L}$)	6,9	0,0317	Z > S, Šk
Koncentracija nitrata ($\text{mg N-NO}_3^-/\text{L}$)	11,4	0,0034	Z > S, Šk
KPK KMnO_4 ($\text{mg}/\text{L O}_2$)	11,6	0,0031	S, Šk > Z
POM ($\text{mg AFDM}/\text{L}$)	8,6	0,0138	S > Šk, Z

4.2. Izvori hrane

Koncentracije otopljene organske tvari, mjerene kao $\text{KPK}_{\text{KMnO}_4}$, statistički su značajno bile više u rukavacu Sutle i mrtvaji Škrčev kut nego u šljunčari Zajarki (Slika 4, Tablica 3), dok vremenske oscilacije nisu bile statistički značajne (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$).

Koncentracije klorofila *a* zabilježene u planktonu rukavaca Sutle i mrtvaji Škrčev kut bile u signifikantno više u odnosu na one u šljunčari Zajarki (Slika 4, Tablica 2). Vrijednosti klorofila *a* u epifitonu bile su također više na lokalitetu rukavac Sutle u odnosu na šljunčaru Zajarki, što je rezultiralo statistički značajnim razlikama (Slika 4, Tablica 2).

Suspendirane organske tvari, izražene kao **POM**, pokazivale su ujednačene vrijednosti na lokalitetima šljunčara Zajarki i mrtvaja Škrčev kut dok su vrijednosti POM na lokalitetu rukavac Sutle bile značajno više (Slika 4, Tablica 3).



Slika 4 Oscilacije minimalnih, maksimalnih i srednjih vrijednosti KPK (mg O₂/L), klorofila *a* (plankton) (µg/L), klorofila *a* (epifiton) (µg/g SM) i POM (mg AFDM/L) na istraživanim postajama. Legenda: \square srednja vrijednost \pm SD, \perp Minimalne-Maksimalne vrijednosti

4.3. Brojnost i raznolikost mikrofaune epifitona

Rezultati su prezentirani usporedbom brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona na živom i fiskiranom materijalu. U njima su prikazane promjene raznolikosti i brojnosti mikrofaune epifitona unutar i na rubu makrofitskih sastojina u tri različita hidrosustava.

4.3.1. Brojnost i raznolikost mikrofaune epifitona u plitkom jezeru sa submerznim makrofitima

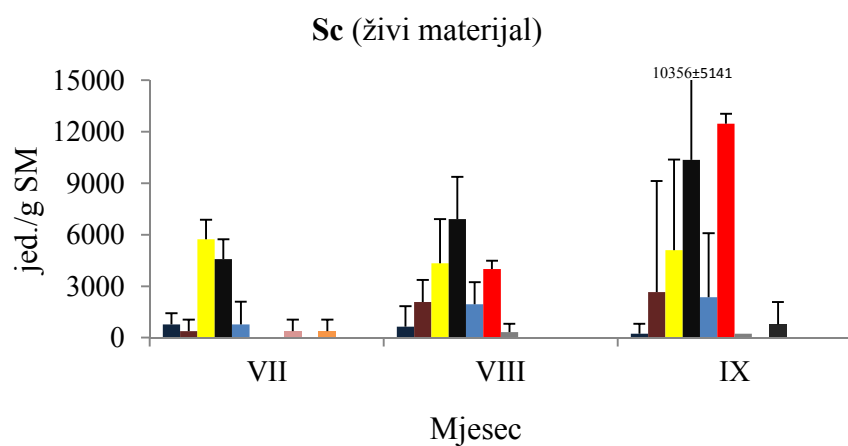
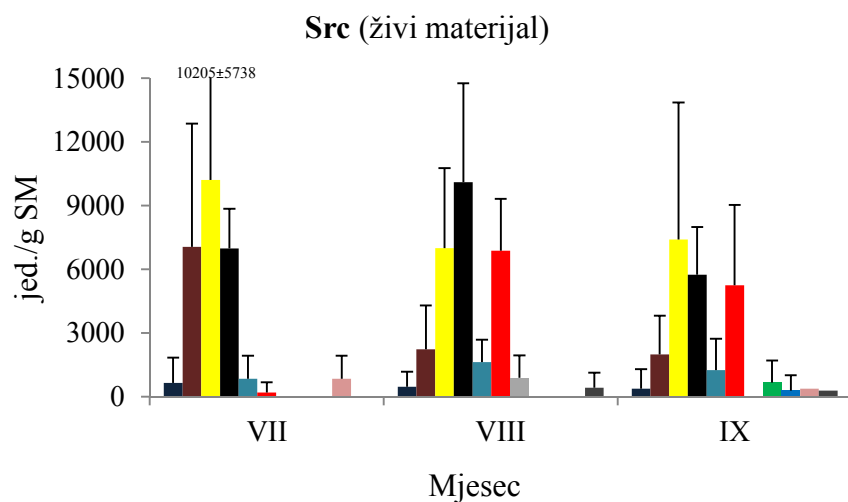
Rukavac Sutle

Živi materijal

Na rubu sastojina vrste *Ceratophyllum demersum* (Src) determinirano je 50 svojti iz skupine Ciliophora (26), a dvostruko manje iz skupine Rotifera (12). Podjednak broj svojti

zabilježen je u sva tri mjeseca ($27 \pm 1,5$) (Tablica 4). U ukupnoj brojnosti mikrofaune epifitona prevladavale su jedinke iz skupine Ciliophora (38 %) i Rotifera (26 %). Dominantna vrsta Ciliophora bila je *Uronema nigricans* s najvećom brojnošću u srpnju (3281 jed/g SM). Od Rotifera značajan udio u brojnosti imali su bdeloidni kolnjaci (64 %), te vrsta *Colurella obtusa* (18 %) od monogonontnih kolnjaka. Skupina Ciliophora postigla je na ovoj postaji najveću brojnost (8201,667 jed/g SM).

Na postaji unutar sastojina vrste *Ceratophyllum demersum* (Sc) zabilježeno je ukupno 40 svojti. Najviše ih je zabilježeno tijekom kolovoza (28), a najmanje u srpnju (14). Najveća ukupna brojnost na toj postaji zabilježena je u rujnu (34378 jed/g SM). Najveću brojnost postigla je skupina Gymnamoebia (546 jed/g SM) u odnosu na ostale lokalitete. Skupina Ciliophora isticala se raznolikošću (20 svojti), a srednja vrijednost brojnosti iznosila je 5054 ± 698 jed/g SM. Rotifera su bili zastupljeni s 9 svojti, ali je njihova srednja vrijednost brojnosti od 7282 ± 2904 jed/g SM bila najveća u odnosu ostale skupine (Slika 6, Tablica 4). Najveći udio u skupini Ciliophora postigla je vrsta *Cinetochilum margaritaceum* (47 %). Udio bdeloidnih kolnjaka iznosio je 42 % u ukupnoj brojnosti Rotifera (Slika 6). Ukupna raznolikost svojti kao i brojnost skupina Gymnamoebia i Ciliophora u rukavcu Sutle značajno su bile više u odnosu na ostala dva lokaliteta, a također i broj ostalih skupina i ukupne mikrofaune epifitona u odnosu na šljunčaru Zajarki (Tablica 5).



- | | | |
|--------------------|----------------|--------------|
| ■ Gymnamoebae | ■ Testacea | ■ Ciliophora |
| ■ Rotifera | ■ Gastrotricha | ■ Nematoda |
| ■ Oligochaeta | ■ Ostracoda | ■ Insecta |
| ■ Microturbellaria | ■ Tardigrada | ■ Cladocera |

Slika 6 Vremenske promjene pojedinih skupina mikrofaune epifitona u rukavcu Sutle na postajama Src i Sc

Tablica 4 Promjene brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona submerznih makrofita na istraživanim postajama u rukavcu Sutle (Src - rub sastojina makrofita *Ceratophyllum demersum* i Sc - unutar sastojina makrofita *Ceratophyllum demersum*)

Skupina	Svojta	Postaja Mjesec		Src ± SD		Sc ± SD		Src ± SD		Sc ± SD		Src ± SD		Sc ± SD	
		Srpanj		Kolovoz		Rujan									
		Jed/g SM		Jed/g SM		Jed/g SM		Jed/g SM		Jed/g SM		Jed/g SM		Jed/g SM	
Gymnamoeba															
	<i>Amoeba proteus</i>				211 ± 516			82 ± 202							
	<i>Thecamoeba striata</i>						764 ± 662			396 ± 641					
	<i>Thecamoeba verrucosa</i>									165 ± 403					
	<i>Vahlkampfia limax</i>			650 ± 1116					251 ± 614				375 ± 918	232 ± 567	
Gymnamoeba ukupno		650 ± 1196		764 ± 662		461 ± 719		643 ± 1191		375 ± 918		232 ± 567			
Testacea															
	<i>Arcella discoides</i>			1101 ± 1328		382 ± 662			1173 ± 1118		530 ± 1075		666 ± 1043	1589 ± 3890	
	<i>Centropyxis aculeata</i>			5508 ± 4747					1054 ± 1680		1554 ± 1003		1331 ± 1528	1059 ± 2593	
	<i>Diffugia oviformis</i>			452 ± 1212											
Testacea ukupno		7061 ± 5809		382 ± 662		2227 ± 2073		2084 ± 1279		1997 ± 1821		2647 ± 6483			
Ciliophora															
	<i>Aspidisca costata</i>			990 ± 1168									291 ± 712		
	<i>Aspidisca lynceus</i>			594 ± 994											
	<i>Chilodonella</i> sp.								211 ± 516						
	<i>Chilodonella uncinata</i>			848 ± 1082											
	<i>Chilodontopsis</i> sp.								251 ± 614						
	<i>Cinetochilum margaritaceum</i>			594 ± 1455		2674 ± 2386			502 ± 777		576 ± 826		291 ± 712	1059 ± 1640	
	<i>Coleps hirtus</i>			199 ± 485					421 ± 1032		149 ± 366		375 ± 918	529 ± 1297	
	<i>Cyclidium</i> sp.			1355 ± 2424		2293 ± 1985			1595 ± 1714		1548 ± 1486				
	<i>Epistylis</i> sp.			452 ± 1212							411 ± 1008		2036 ± 4986		
	<i>Euplotes charon</i>												291 ± 712		
	<i>Euplotes patella</i>								421 ± 1032		165 ± 255		375 ± 918		
	<i>Holosticha pulaster</i>												666 ± 1043	463 ± 718	
	<i>Litonotus lamella</i>					382 ± 662			502 ± 777		149 ± 366			529 ± 1297	
	<i>Loxophyllum meleagris</i>												666 ± 1043		
	<i>Microthorax pusillus</i>													232 ± 567	
	<i>Nassula ornata</i>								923 ± 1078		299 ± 731		582 ± 902	232 ± 567	
	<i>Ophryoglena atra</i>								251 ± 614						
	Oxytrichidae					382 ± 662			963 ± 1811		247 ± 413				
	<i>Paramecium bursaria</i>										149 ± 366				
	<i>Spirostomum ambiguum</i>												291 ± 712		
	<i>Sientor</i> sp.								251 ± 614		82 ± 202				
	<i>Stylonychia</i> sp.			792 ± 970											
	<i>Tetrahymena pyriformis</i>										165 ± 403		582 ± 902		
	<i>Uronema nigricans</i>			3281 ± 2866										529 ± 1297	
	<i>Urostyla grandis</i>										149 ± 366				
	<i>Vaginicola</i> sp.										82 ± 202				
	<i>Vorticella campanula</i>													463 ± 718	
	<i>Vorticella microstoma</i>			903 ± 1484										529 ± 1297	
	<i>Vorticella monilata</i>												291 ± 712		
	<i>Vorticella similis</i>										82 ± 202		291 ± 712		
	<i>Vorticella</i> -telotroh			199 ± 485					712 ± 785		82 ± 202		375 ± 918	529 ± 1297	
Ciliophora ukupno		10205 ± 5738		5730 ± 1146		7001 ± 3764		4336 ± 2565		7399 ± 6468		5095 ± 5287			

Tablica 4 (nastavak) Promjene brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona submerznih makrofita na istraživanim postajama u rukavcu Sutle (Src - rub sastojina makrofita *Ceratophyllum demersum* i Sc - unutar sastojina makrofita *Ceratophyllum demersum*)

Skupina	Svojta	Postaja Mjesec		Src ± SD		Sc ± SD		Koloovoz		Rujan			
		Src ± SD	SD	Sc ± SD	SD	Src ± SD	SD	Sc ± SD	SD				
		Srpanj				Koloovoz				Rujan			
		Jed/g SM				Jed/g SM				Jed/g SM			
Microturbellaria ukupno		382 ± 662											
Rotifera													
	Bdelloidea	4493 ± 2130		1911 ± 1752		5577 ± 3007	3535 ± 1257	2869 ± 1924	4864 ± 3307				
	<i>Cephalodella forficula</i>	199 ± 594		1146 ± 1146									
	<i>Cephalodella</i> sp.					3310 ± 1690	2130 ± 1335	1622 ± 1983	5493 ± 2276				
	<i>Colurella obtusa</i>	1299 ± 1429		382 ± 662									
	<i>Colurella uncinata</i>					251 ± 614	381 ± 442	375 ± 918					
	<i>Euchlanis dilatata</i>	199 ± 485											
	<i>Keratella cochlearis</i>	199 ± 485						291 ± 712					
	<i>Lecane flexilis</i>							291 ± 712					
	<i>Lecane lunaris</i>	396 ± 1063		764 ± 662		251 ± 614	710 ± 502	291 ± 712					
	<i>Lepadella patella</i>					461 ± 719							
	<i>Monommata</i> sp.						149 ± 366						
	<i>Synchaeta pectinata</i>	199 ± 485											
	<i>Trichocerca biroistris</i>			382 ± 662		251 ± 614							
Rotifera ukupno		6980 ± 1871		4584 ± 1146		10100 ± 4669	6905 ± 2470	5738 ± 2256	10356 ± 5141				
Gastrotricha uku <i>Chaetonotus</i> sp.		848 ± 1082		764 ± 1323		1635 ± 1052	1951 ± 1281	1247 ± 1480	2350 ± 3734				
Nematoda ukupno		199 ± 485				6880 ± 2444	3992 ± 1822	5241 ± 3800	12474 ± 6715				
Oligochaeta ukupno						883 ± 1056	314 ± 487		232 ± 567				
Tardigrada ukupno <i>Macrobotus</i> sp.								666 ± 1043					
Cladocera ukupno <i>Alona</i> sp.								291 ± 712					
Ostracoda ukupno		848 ± 1082		382 ± 662				375 ± 918					
Insecta													
	Chironomidae					211 ± 516		291 ± 712	761 ± 1307				
	Ephemeroptera					211 ± 516							
Insecta ukupno						421 ± 653		291 ± 712	761 ± 1307				
Ukupno		26789 ± 6798		12989 ± 4632		29608 ± 6174	20305 ± 6762	23620 ± 9378	34378 ± 18358				

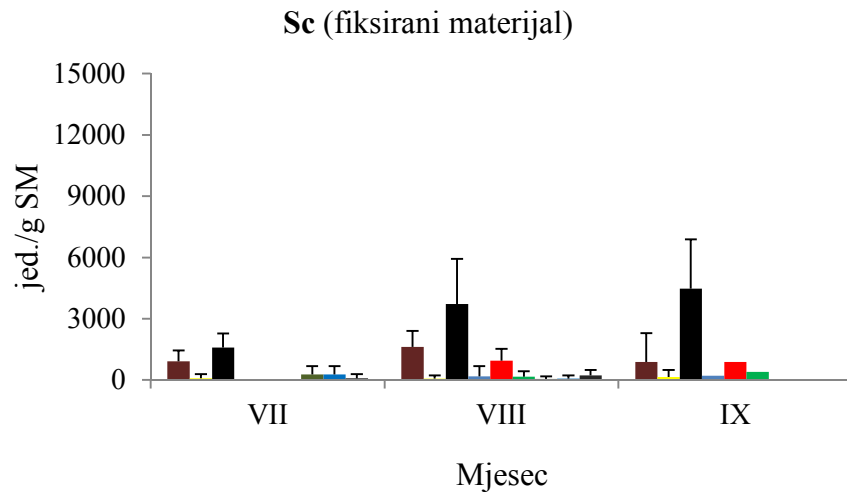
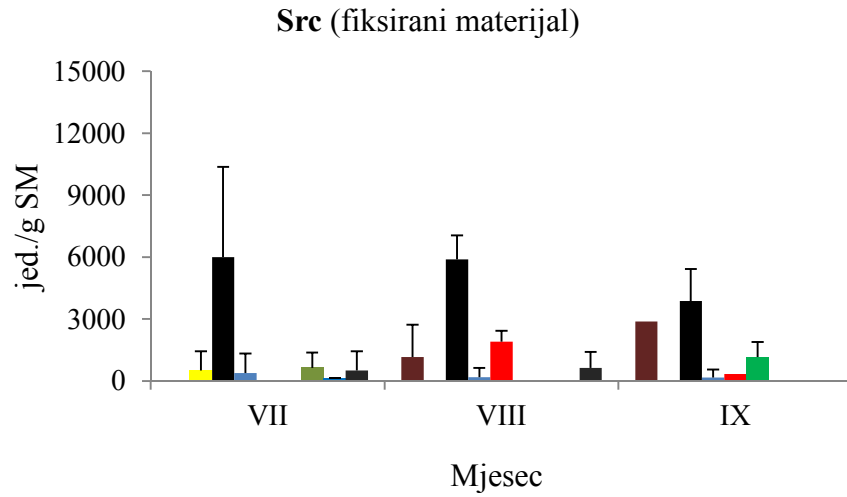
Fiksirani materijal

Na rubu sastojina makrofita (Src) zabilježena je 21 svojta, što je 42 % manje svojti nego u živom materijalu. Skupine Testacea, Rotifera i Nematoda najbrojnije su skupine na ovoj postaji u odnosu na ostale postaje i lokalitete. Udio Rotifera u ukupnoj brojnosti mikrofaune epifitona iznosio je 73 %, odnosno srednja vrijednost brojnosti iznosila je od 5252 ± 1199 jed/g SM. Osim konstantno brojne skupine bdeloidnih kolnjaka u ovom uzorku značajnu brojnost postigle su u srpnju vrste monogonontnih kolnjaka *Lecane flexilis* (768 jed/g SM) i *Epiphanes senta* (384 jed/g SM).

Unutar sastojina makrofita (Sc) determinirane su ukupno 22 svojte. Rotifera su s 50 %-tnim udjelom prevladavali u ukupnoj brojnosti mikrofaune epifitona. Kao i u živim uzorcima, najbrojnija skupina bili su Bdelloidea (49 %) s najvećom brojnošću u rujnu (3729 jed/g SM) što je za 34 % manje nego u živom materijalu. Veći udio u brojnosti postigli su kolnjaci *Trichocerca biroistris* (19 %) i *Lepadella patella* (19 %) (Slika 7, Tablica 5).

Tablica 5 Značajnost prostornih razlika u promjenama u brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$; *post hoc* test višestruke usporedbe)

Mikrofauna epifitona	H	p	Višestruka usporedba
Gymnamoebea	13,705	0,0011	S > Z, Šk
Testacea	10,748	0,0046	Z < S, Šk
Ciliophora	9,346	0,0093	S > Z, Šk
Rotifera	14,810	0,0006	Z < S, Šk
Gastrotricha	11,859	0,0027	Z < S, Šk
Ukupna mikrofauna	12,784	0,0017	S > Z, Šk
S	8,749	0,0126	Z < S



Testacea
 Ciliophora
 Rotifera
 Gastrotricha
 Nematoda
 Tardigrada

Slika 7 Vremenske promjene pojedinih skupina mikrofaune epifitona u rukavcu Sutle na postajama Src i Sc u fiksiranom materijalu

Tablica 6 Promjene brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona submerznih makrofita na istraživanim postajama u rukavcu Sutle u fiksiranim uzorcima

Skupina	Postaja Mjesec	Src ± SD		Sc ± SD		Src ± SD		Sc ± SD		Src ± SD		Sc ± SD	
		Srpanj		Kolovoz		Rujan							
Jed/g SM		Jed/g SM		Jed/g SM		Jed/g SM							
Testacea													
	<i>Arcella discoides</i>		264 ± 408	489 ± 541	166 ± 184	852 ± 776	201 ± 493						
	<i>Centropyxis aculeata</i>		650 ± 523	674 ± 530	1445 ± 789	2031 ± 1155	685 ± 943						
Testacea ukupno			914 ± 529	1163 ± 667	1611 ± 785	2883 ± 1563	886 ± 1403						
Ciliophora													
	<i>Platycola decumbens</i>		85 ± 208										
	<i>Vaginicola</i> sp.	511 ± 930			64 ± 157								
	<i>Vorticella</i> -telotroh										141 ± 346		
Ciliophora ukupno		511 ± 930	85 ± 208		64 ± 157						141 ± 346		
Rotifera													
	Bdelloidea	3959 ± 2640	773 ± 714	3979 ± 1734	2831 ± 1730	2854 ± 1219	3729 ± 2453						
	<i>Brachionus patulus</i>				64 ± 157								
	<i>Cephalodella</i> sp.				51 ± 125	508 ± 859	141 ± 346						
	<i>Collotheca mutabilis</i>	127 ± 310											
	<i>Epiphanes senta</i>	384 ± 940											
	<i>Keratella cochlearis</i>				51 ± 125	163 ± 399							
	<i>Keratella quadrata</i>	127 ± 310											
	<i>Lecane closteroerca</i>		132 ± 323										
	<i>Lecane cornuta</i>	384 ± 940			102 ± 158								
	<i>Lecane flexilis</i>	768 ± 1190											
	<i>Lecane lunaris</i>		85 ± 208										
	<i>Lepadella patella</i>		302 ± 346	186 ± 455	102 ± 158			603 ± 1010					
	<i>Lindia</i> sp.	127 ± 310											
	<i>Lophocaris salpina</i>			523 ± 577	257 ± 315	172 ± 422							
	<i>Trichocerca biroistris</i>	127 ± 310	302 ± 346	1197 ± 1260	257 ± 315	172 ± 422							
Rotifera ukupno		6001 ± 4366	1593 ± 677	5884 ± 1173	3715 ± 2214	3870 ± 1560	4474 ± 2407						
Gastrotricha uk		<i>Chaetonotus</i> sp.		384 ± 940		186 ± 455	179 ± 314	163 ± 399	201 ± 493				
Nematoda ukupno				1905 ± 1474	948 ± 572	335 ± 520	886 ± 1044						
Tardigrada													
	<i>Macrobiotus</i> sp.				166 ± 267	1159 ± 731	402 ± 623						
Tardigrada ukupno					166 ± 267	1159 ± 731	402 ± 623						
Copepoda ukupno		634 ± 748	264 ± 408		51 ± 125								
Cladocera													
	<i>Alona</i> sp.	127	264 ± 408		64 ± 157								
Cladocera ukupno		127	264 ± 408		64 ± 157								
Insecta													
	Chironomidae	511 ± 930	85 ± 208	640 ± 764	102 ± 250								
	Ephemeroptera				128 ± 199								
Insecta ukupno		511 ± 930	85 ± 208	640 ± 764	230 ± 266								
Ukupno		8167 ± 3712	3203 ± 634	9779 ± 2595	7029 ± 2716	8410 ± 2833	6991 ± 3623						

4.3.2. Brojnost i raznolikost mikrofaune epifitona u plitkom jezeru s flotantnim makrofitima

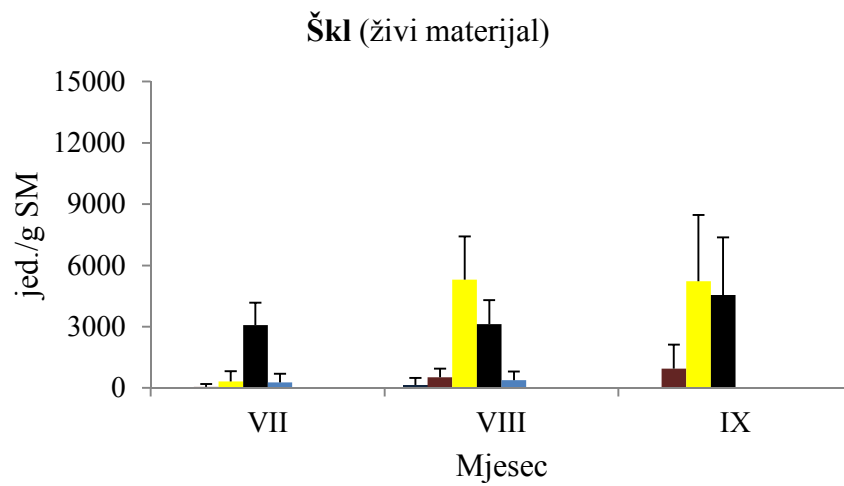
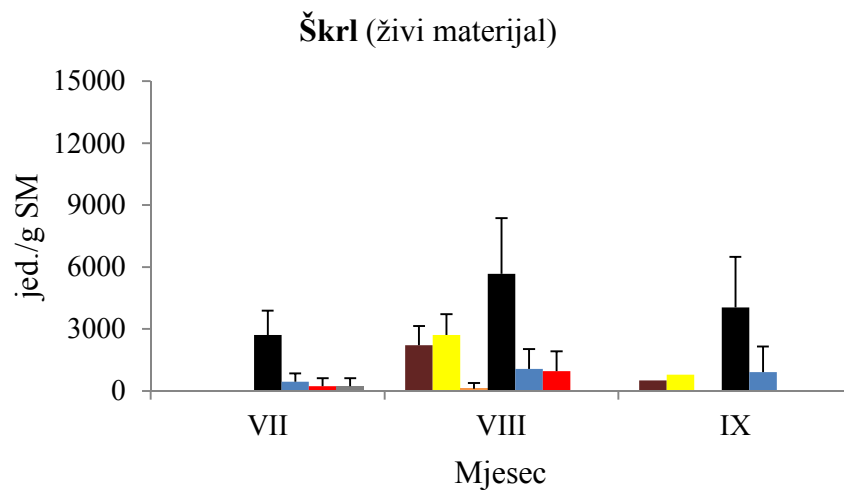
Mrtvaja Škrčev kut

Živi materijal

Na rubu sastojina flotantnih makrofita (Škrl) zabilježeno je 31 svojta, najmanji broj svojti bio je u srpnju (7) a najveći (23) u kolovozu. U ukupnom udjelu mikrofaune epifitona dominirali su Rotifera (75 %) s najvećom brojnošću u kolovozu (5666 jed/g SM). Gastrotricha su bili zastupljeni s 13% u ukupnoj brojnosti najveću brojnost su postigli u kolovozu (1067 jed/g SM). Tijekom istraživanog razdoblja najbrojniji su bili bdeloidni kolnjaci 1511 ± 544 jed/g SM, a od monogonontnih kolnjaka vrsta roda *Cephalodella* 1201 ± 261 jed/g SM. Uz skupinu Rotifera, Ciliophora su bili također brojna i raznolika skupina s dominantnim vrstama *Aspidisca costata* (544 jed/g SM) i *Vorticella similis* (452 jed/g SM) (Slika 8, Tablica 7).

Na postaji unutar sastojina flotantnih makrofita (Škl) zabilježeno je ukupno 35 svojti, najmanje tijekom srpnja (8) a najviše u rujnu (19). Najveća brojnost mikrofaune zbilježena je u rujnu s ukupno 10727 jed/g SM. U ukupnom udjelu mikrofaune epifitona dominirali su Rotifera (83 %) sa srednjom vrijednošću od 3585 ± 840 jed/g SM (Tablica 7). Kod Ciliophora veći udio u brojnosti imale su vrste *Vorticella similis* (27 %) i *Vorticella-telotroh* (25 %).

Na ovom lokalitetu skupine Testacea, Gastrotricha i Rotifera postigle su statistički značajno veće vrijednosti u mrtvaji Škrčev kut u odnosu na šljunčaru Zajarki, dok su skupine Ciliophora i Gymnamoebia postigle statistički značajno manje vrijednost u odnosu na rukavac Sutle (Tablica 5).



- Gymnamoebea ■ Testacea ■ Ciliophora
- Rotifera ■ Gastrotricha ■ Microturbellaria
- Nematoda ■ Oligocheata

Slika 8 Vremenske promjene pojedinih skupina mikrofaune epifitona u mrtvaji Škrčev kut na postajama Škrl i Škl

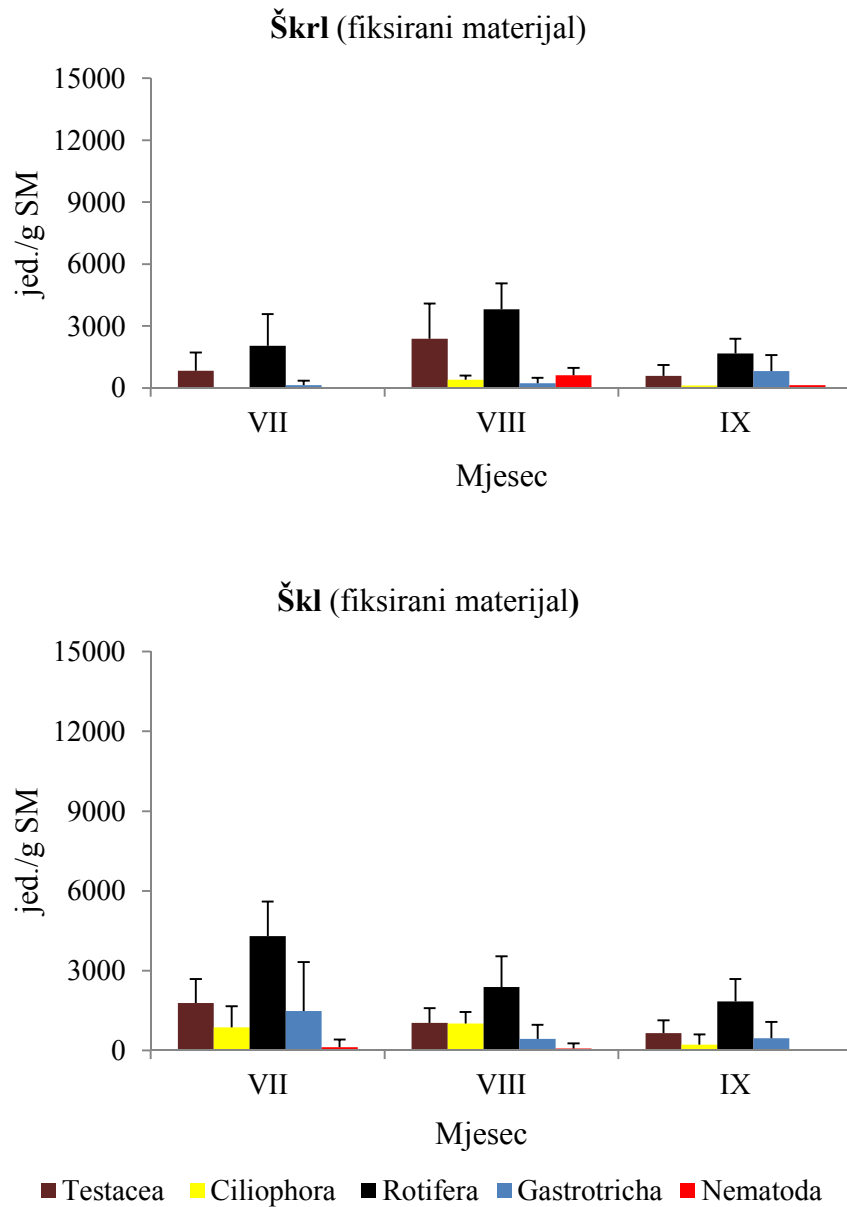
Tablica 7 Promjene brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona flotantnih makrofita na istraživanim postajama u mrtvaji Škrčev kut (Škrl - rub sastojina makrofita *Nuphar lutea* i Škl - unutar sastojina makrofita *Nuphar lutea*)

Skupina	Svojta	Postaja Mjesec	Škrl ± SD		Škl ± SD		Škrl ± SD		Škl ± SD	
			Srpanj		Kolovoz		Rujan			
			Jed/g SM		Jed/g SM		Jed/g SM		Jed/g SM	
Gymnamoeba uku <i>Vampyrella lateritia</i>					144 ± 352					
Testacea										
	<i>Arcella discooides</i>			±	1017 ± 1405	528 ± 414	508 ± 923	348 ± 577		
	<i>Centropyxis aculeata</i>		54 ± 132		1201 ± 1150			598 ± 954		
Testacea ukupno			54 ± 132		2217 ± 2387		528 ± 414		508 ± 923	
Ciliophora										
	<i>Apsidisca lynceus</i>					120 ± 295				
	<i>Aspidisca costata</i>				544 ± 506			120 ± 293		
	<i>Carchesium polypinum</i>							228 ± 559		
	<i>Chilodonella uncinata</i>						271 ± 665	120 ± 293		
	<i>Cinetochilum margaritaceum</i>							348 ± 577		
	<i>Coleps hirtus</i>					144 ± 352				
	<i>Cyclidium</i> sp.		162 ± 397							
	<i>Didinium</i> sp.					144 ± 352				
	<i>Euplotes charon</i>							239 ± 371		
	<i>Euplotes patella</i>				113 ± 277	505 ± 885				
	<i>Glaucoma scintillans</i>							120 ± 293		
	<i>Halteria cirrifera</i>				216 ± 334					
	<i>Holosticha pulaster</i>						127 ± 311			
	<i>Litonotus lamella</i>				226 ± 553	361 ± 605		456 ± 1117		
	<i>Nassula ornata</i>				103 ± 251					
	<i>Opercularia articulata</i>				205 ± 502					
	<i>Paramecium bursaria</i>					144 ± 352				
	<i>Podophrya</i> sp.							228 ± 559		
	<i>Tetrahymena pyriformis</i>				103 ± 251					
	<i>Tintinnopsis lacustris</i>		162 ± 396							
	<i>Tokophrya lemnae</i>							1522 ± 2099		
	<i>Urostyla grandis</i>				113 ± 277	431 ± 721				
	<i>Vaginicola</i> sp.					144 ± 352				
	<i>Vorticella campanula</i>				103 ± 251			228 ± 559		
	<i>Vorticella monilata</i>				205 ± 318	431 ± 721	136 ± 332			
	<i>Vorticella similis</i>				452 ± 553	1418 ± 1376	254 ± 394	1391 ± 2120		
	<i>Vorticella</i> -telotroh				328 ± 361	1343 ± 1064		228 ± 559		
Ciliophora ukupno			324 ± 502		2710 ± 852		5304 ± 2110		788 ± 1014	
Microturbellaria ukupno					113 ± 277					
Rotifera										
	<i>Asplanchna priodonta</i>			162 ± 397						
	Bdelloidea		1809 ± 1036	2700 ± 1292	883 ± 709	1274 ± 1148	1840 ± 1109	2673 ± 2239		
	<i>Cephalodella</i> sp.				1385 ± 842	672 ± 640	1017 ± 1335	957 ± 2014		
	<i>Colurella obtusa</i>		452 ± 392	54 ± 132						
	<i>Colurella uncinata</i>				1324 ± 1339	287 ± 445	407 ± 681	239 ± 586		
	<i>Gastropus stylifer</i>					120 ± 295				
	<i>Keratella cochlearis</i>		226 ± 392				127 ± 311			
	<i>Lecane closterocerca</i>					361 ± 885		228 ± 559		
	<i>Lecane lunaris</i>		226 ± 392	162 ± 397	318 ± 349		398 ± 675			
	<i>Lepadella patella</i>				1529 ± 1339	408 ± 449	254 ± 623			
	<i>Squatinella</i> sp.				226 ± 350					
	<i>Trichocerca birostris</i>							456 ± 1117		
Rotifera ukupno			2714 ± 1175		3079 ± 1101		5666 ± 2710		3122 ± 1173	
Gastrotricha ukupn <i>Chaetonotus</i> sp.			452 ± 392		270 ± 431		1067 ± 957		384 ± 424	
Nematoda ukupno			226 ± 392				965 ± 952			
Oligochaeta ukupno			226 ± 392							
Ukupno			3619 ± 2073		3727 ± 1639		12737 ± 5558		9482 ± 2749	
							6255 ± 3139		10727 ± 5376	

Fiksirani materijal

Na rubu sastojina flotantnih makrofita (Škrl) zabilježeno je ukupno 17 svojti sa srednjom brojnošću od 4605 ± 2464 jed/g SM što je 46 % manje nego u živom materijalu. Rotifera su sa 68 %-tnim udjelom bili najbrojnija i sa 8 svojti najraznolikija skupina, a maksimum brojnosti (3809 jed/g SM) postigli su u kolovozu. Testacea su sa 27 %-tnim udjelom također postigli najveću brojnost u kolovozu (2390 jed/g SM).

Ukupan broj svojti u fiksiranim uzrocima unutar sastojina flotantnih makrofita (Škl) bio je 20, najveća brojnost zabilježena je u srpnju 8533 jed/g SM. U odnosu na ostale postaje skupina Ciliophora postigla je su najveću brojnost na ovoj postaji. U ukupnom udjelu mikrofaune epifitona Rotifera su bili zastupljeni s 51 %. U ukupnom udjelu unutar skupine Ciliophora zabilježene su vrste s kućicama: *Tintinnopsis lacustris* (40 %), *Tintinnidium fluviatile* (33 %) te *Vaginicola* sp, dok unutar skupine Rotifera prevladavaju Bdelloidea (87 %) s najvećom brojnošću u srpnju 3741 jed/g SM (Slika 9, Tablica 8).



Slika 9 Vremenske promjene pojedinih skupina mikrofaune epifitona u mrtvaji Škrčev kut na postajama Škrl i Škl u fiksiranom materijalu

Tablica 8 Promjene brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona flotantnih makrofita na istraživanim postajama mrtvaje Škrčev kut u fiksiranim uzorcima

Skupina	Svojta	Postaja	Škr	SD	Škl	SD	Škr	SD	Škl	SD	Škr	SD	Škl	SD
		Mjesec	Srpanj				Kolovoz				Rujan			
		Jed/g SM				Jed/g SM				Jed/g SM				
Testacea														
	<i>Arcella discoidea</i>	443 ± 597	1198 ± 812	786 ± 278	804 ± 347	125 ± 193	486 ± 259							
	<i>Centropyxis aculeata</i>	389 ± 335	535 ± 364	1604 ± 1805	224 ± 375	467 ± 456	164 ± 402							
	<i>Pseudochlamys arcelloidea</i>		43 ± 104											
Testacea ukupno		832 ± 891	1776 ± 904	2390 ± 1693	1028 ± 557	592 ± 523	650 ± 481							
Ciliophora														
	<i>Euplotes charon</i>			50 ± 123	75 ± 183									
	<i>Euplotes patella</i>				141 ± 345									
	<i>Stentor</i> sp.					125 ± 193	158 ± 387							
	<i>Tintinnidium fluviatile</i>		289 ± 363											
	<i>Tintinnopsis lacustris</i>		341 ± 448											
	<i>Vaginicola</i> sp.		237 ± 580	151 ± 252	369 ± 523								53 ± 129	
	<i>Vorticella microstoma</i>			50 ± 123	356 ± 319									
	<i>Vorticella similis</i>				70 ± 172									
	<i>Vorticella</i> -telotroh			151 ± 252										
Ciliophora ukupno			867 ± 797	402 ± 492	1011 ± 437	125 ± 193	211 ± 383							
Rotifera														
	Bdelloidea	2047 ± 1538	3741 ± 889	2311 ± 903	857 ± 594	852 ± 740	1434 ± 1007							
	<i>Cephalodella forficula</i>		118 ± 290											
	<i>Cephalodella</i> sp.		85 ± 209	482 ± 517	369 ± 523	62 ± 153	105 ± 258							
	<i>Keratella cochlearis tecta</i>					207 ± 228								
	<i>Lecane closteroerca</i>				294 ± 541	145 ± 224	53 ± 129							
	<i>Lecane lunaris</i>			230 ± 564		72 ± 177								
	<i>Lepadella patella</i>		355 ± 594	50 ± 123		62 ± 153	82 ± 201							
	<i>Lophocaris salpina</i>			304 ± 254	646 ± 446	145 ± 355	82 ± 201							
	<i>Trichocerca birostris</i>			431 ± 313	211 ± 353	125 ± 306	82 ± 201							
Rotifera ukupno		2047 ± 1538	4300 ± 1295	3809 ± 1262	2378 ± 1161	1671 ± 710	1838 ± 850							
Gastrotricha uki <i>Chaetonotus</i> sp.		140 ± 217	1473 ± 1852	228 ± 267	426 ± 534	819 ± 774	451 ± 619							
Nematoda ukupno			118 ± 290	614 ± 807	75 ± 183	145 ± 355								
Ukupno		3019 ± 1297	8533 ± 2709	7444 ± 2890	4918 ± 933	3351 ± 483	3150 ± 1172							

4.3.3. Brojnost i raznolikost mikrofaune epifitona u dubljem jezeru s flotantnim makrofitima

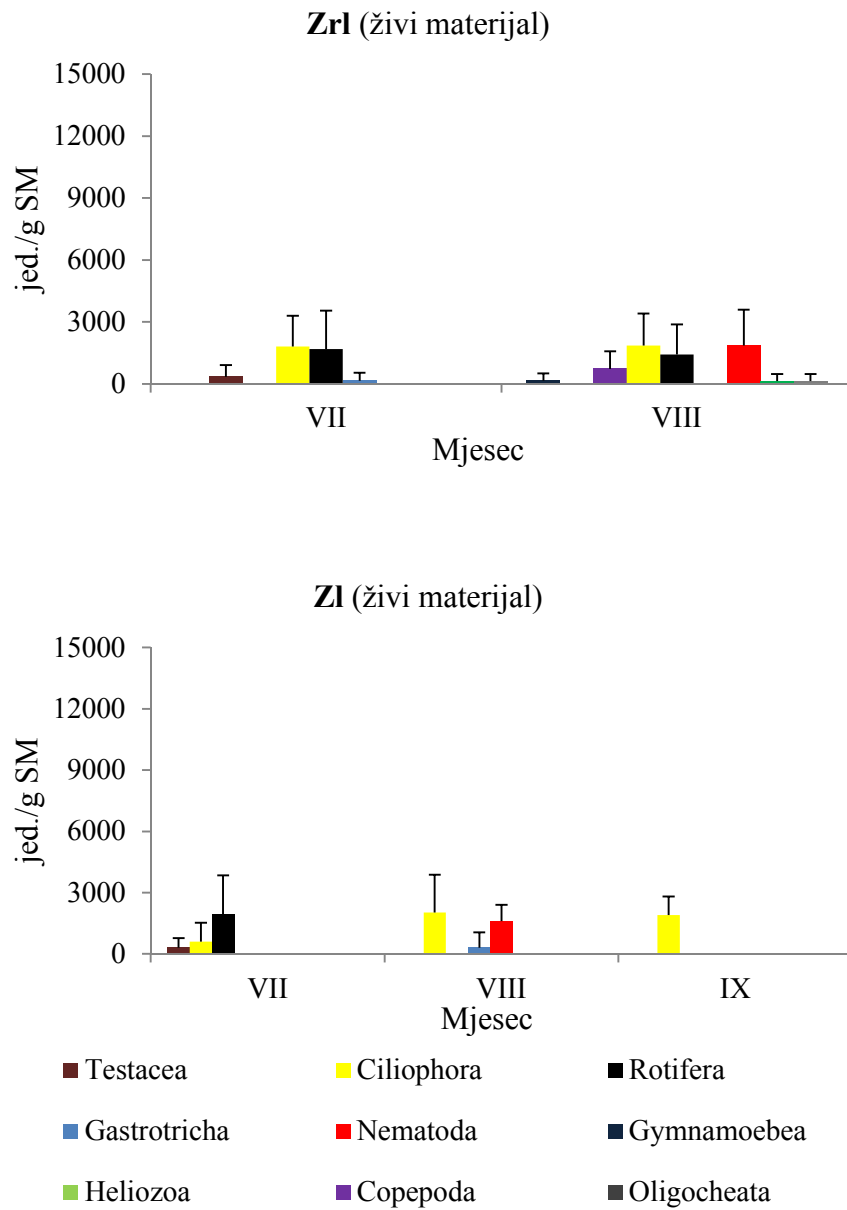
Šljunčara Zajarki

Živi materijal

Na rubu sastojina flotantnih makrofita (Zrl) zabilježeno je ukupno 30 svojti. U ukupnom udjelu u brojnosti mikrofaune epifitona zabilježene su skupine Ciliophora (45 %) i Rotifera (42 %). Brojnošću su se isticali bdeloidni kolnjaci (64 %) a od monogonontnih kolnjaka *Colurella obtusa* (29 %). Unutar skupine Ciliophora prevladali su *Cinetochilum margaritaceum* (21 %), a *Aspidisca costata* (19 %) i *Vorticella microstomata* (15 %).

Na postaji Zajarki unutar sastojina flotantnih makrofita zabilježeno je dvostruko manje svojti (16) tijekom ljetnih mjeseci, a srednja brojnost mikrofaune iznosila je 2896 ± 1019

jed/g SM. U ukupnom udjelu mikrofaune epifitona brojnošću su dominirali Rotifera (68 %) s najvećom brojnošću u srpnju 1933 jed/g SM. Najveća brojnost Ciliophora bila je u kolovozu i iznosila je 2028 jed/g SM. Bdelloidea (50 %) i *Lepadella patella* (31 %) postigli su najveći udio u brojnosti Rotifera (Slika 10, Tablica 9). Brojnost skupina Testacea, Rotifera i Gastrotricha u šljunčari Zajarki značajno su bile niže u odnosu na ostala dva lokaliteta, a također i broj ostalih skupina i ukupne mikrofaune epifitona (Tablica 5).



Slika 10 Vremenske promjene pojedinih skupina mikrofaune epifitona u šljunčari Zajarki na postajama Zrl i Zl

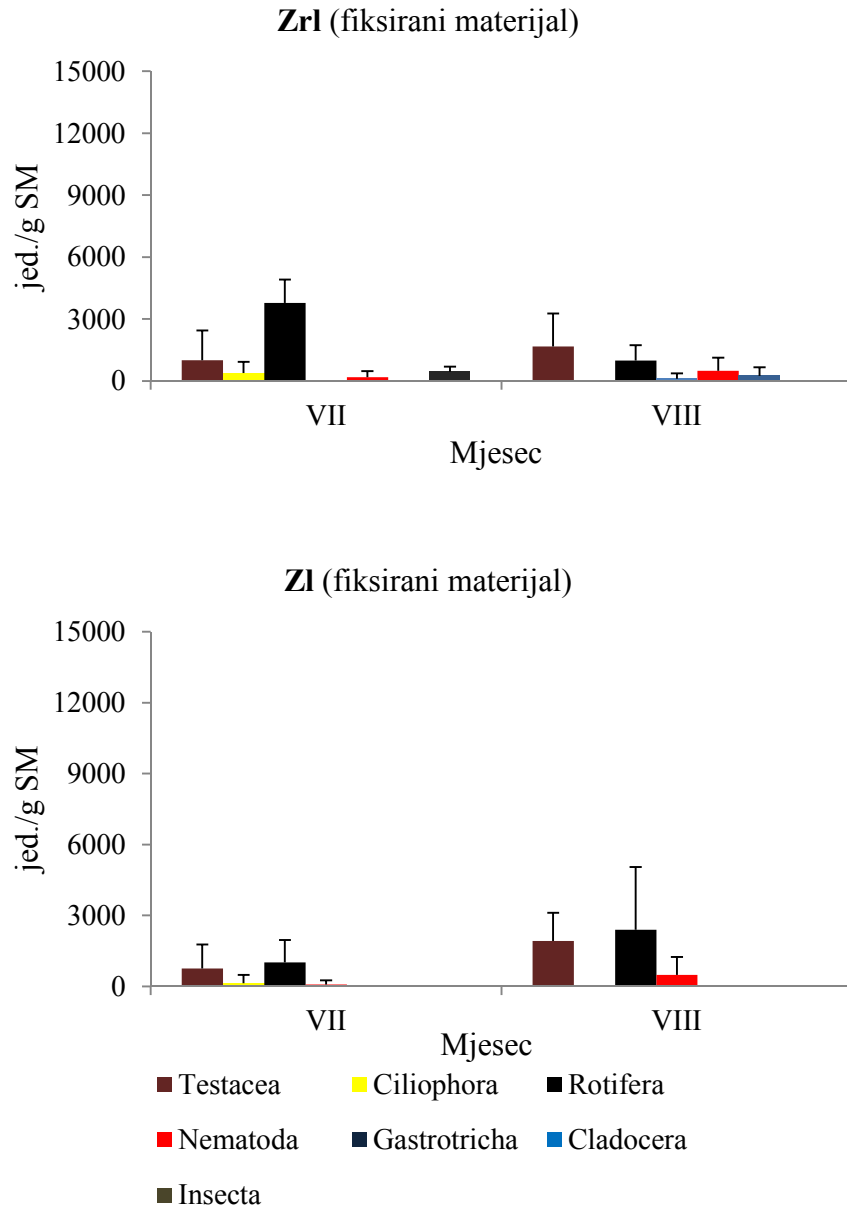
Tablica 9 Promjene brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona flotantnih makrofita na istraživanim postajama u šljunčari Zajarki (Zr1 - rub sastojina makrofita *Nuphar lutea* i Z1 - unutar sastojina makrofita *Nuphar lutea*)

Postaja	Zr1 ± SD	Z1 ± SD	Zr1 ± SD	Z1 ± SD
Mjesec	Srpanj		Kolovoz	
Skupina	Jed/g SM		Jed/g SM	
Gymnamoebea				
Gymnamoebea ukupno <i>Thecamoeba striata</i>			149 ± 365	
Testacea				
<i>Arcella discoidea</i>	226 ± 351			
<i>Centropyxis aculeata</i>	113 ± 277	301 ± 466		
Testacea ukupno	340 ± 568	301 ± 466		
Heliozoa <i>Actinophris sol</i>			725 ± 852	
Ciliophora				
<i>Amphileptus</i> sp.		150 ± 368		636 ± 900
<i>Aspidisca costata</i>	340 ± 832		139 ± 341	636 ± 900
<i>Aspidisca lynceus</i>	158 ± 387			
<i>Chilodonella uncinata</i>		150 ± 368	279 ± 682	
<i>Cinetochilum margaritaceum</i>	384 ± 432			307 ± 752
<i>Cyclidium</i> sp.				636 ± 900
<i>Euplotes patella</i>			428 ± 706	
<i>Glaucoma scintillans</i>			288 ± 447	
<i>Halteria grandinella</i>		150 ± 368		
<i>Holophrya discolor</i>	158 ± 387			
<i>Holosticha pulaster</i>	113 ± 277			
<i>Litonotus lamella</i>				688 ± 1686
<i>Microthorax pusillus</i>	113 ± 277	150 ± 368		
<i>Nassula ornata</i>			139 ± 341	
<i>Tetrahymena pyriformis</i>	158 ± 387			
<i>Uroleptus piscis</i>			139 ± 341	
<i>Uronema nigricans</i>			298 ± 462	1033 ± 1728
<i>Vorticella convallaria</i>	113 ± 277			
<i>Vorticella microstoma</i>	271 ± 428			
<i>Vorticella similis</i>			149 ± 365	
Ciliophora ukupno	1809 ± 1484	601 ± 931	1859 ± 1549	2028 ± 1849
Rotifera				
Bdelloidea	1085 ± 1544	972 ± 1811	447 ± 632	
<i>Cephalodella</i> sp.			139 ± 341	
<i>Collotheca mutabilis</i>			139 ± 341	
<i>Colurella obtusa</i>	498 ± 399			
<i>Colurella uncinata</i>		220 ± 540		
<i>Lecane flexilis</i>	113 ± 277			
<i>Lecane lunaris</i>		150 ± 368	418 ± 699	
<i>Lepadella patella</i>		591 ± 665	279 ± 432	
Rotifera ukupno	1695 ± 1854	1933 ± 1905	1422 ± 1464	
Gastrotricha ukupno <i>Chaetonotus</i> sp.	158 ± 387		307 ± 752	
Nematoda ukupno			1859 ± 1743	1609 ± 796
Oligochaeta ukupno			139 ± 341	
Copepoda ukupno			139 ± 341	
Ukupno	4001 ± 2915	2834 ± 2631	6293 ± 3690	3944 ± 1909

Fiksirani materijal

Na rubu sastojina flotantnih makrofita (Zr1) zabilježeno je ukupno 12 svojti. U ukupnom udjelu mikrofaune epifitona prevladavali su Rotifera (65 %) i Testacea (17 %). Vrste *Tintinnidium fluviatile* i *Tintinnopsis lacustris* unutar skupine Ciliophora postigle tijekom srpnja najveću brojnost (385 jed/g SM). Od Rotifera prevladavali su bdeloidni kolnjaci (86 %).

Unutar sastojina flotantnih makrofita (Z1) zabilježeno je ukupno 9 svojti. Najveća brojnost svojti zabilježena je tijekom kolovoza 4800 jed/g SM. U ukupnom udjelu također su prevladavale skupine Rotifera (51 %) i Testacea (38 %). Bdeloidea su i dalje najbrojnija skupina s brojnošću od 1512 ± 1179 jed/g SM (Slika 11, Tablica 10).



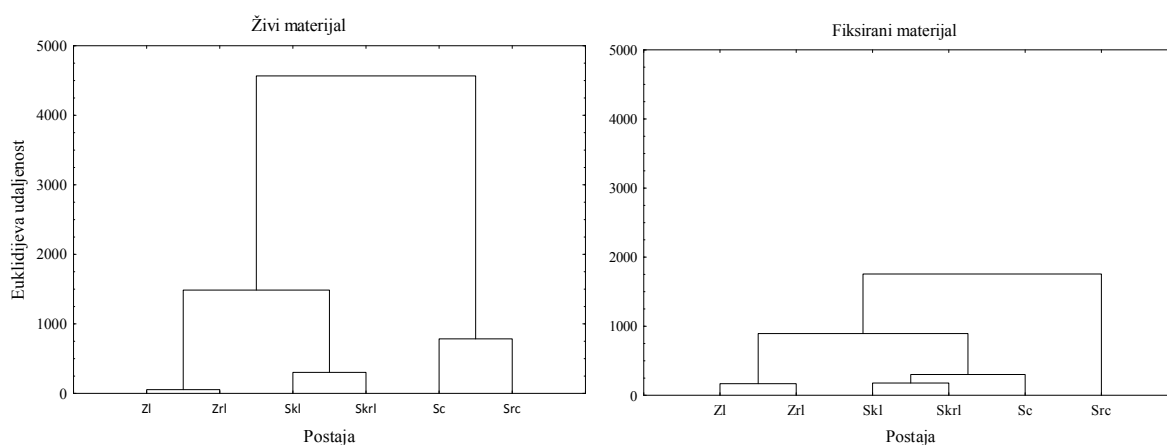
Slika 11 Vremenske promjene pojedinih skupina mikrofaune epifitona u šljunčari Zajarki na postajama Zrl i Zl u fiksiranom materijalu

Tablica 10 Promjene brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona flotantnih makrofita na istraživanim postajama u šljunčari Zajarki u fiksiranim uzorcima

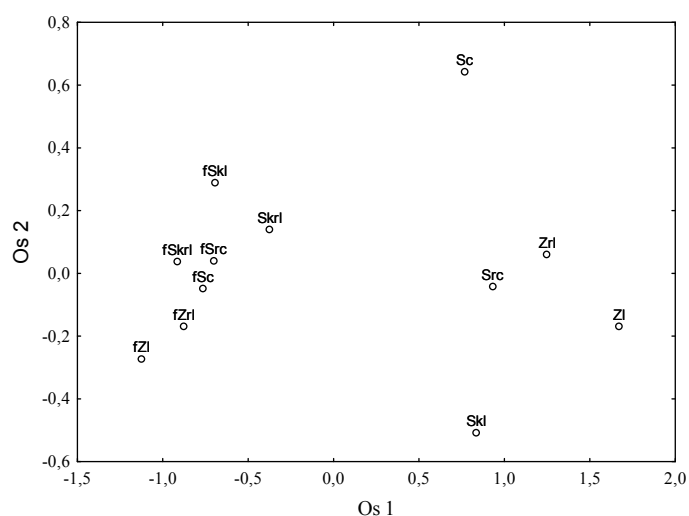
Postaja		Zr1 ± SD	ZI ± SD	Zr1 ± SD	ZI ± SD
Mjesec		Srpanj		Kolovoz	
Skupina	Svojt	Jed/g SM		Jed/g SM	
Testacea					
	<i>Arcella discoides</i>	154 ± 239	150 ± 233	167 ± 409	243 ± 594
	<i>Centropyxis aculeata</i>	847 ± 1254	601 ± 931	1503 ± 1398	1683 ± 1422
Testacea ukupno		1001 ± 1444	751 ± 1015	1670 ± 1603	1925 ± 1181
Ciliophora					
	<i>Tintinnidium fluviatile</i>	231 ± 387			
	<i>Tintinnopsis lacustris</i>	154 ± 239	139 ± 340		
Ciliophora ukupno		385 ± 540	139 ± 340		
Rotifera					
	Bdelloidea	3255 ± 1063	717 ± 695	883 ± 733	1192 ± 1667
	<i>Cephalodella</i> sp.	154 ± 239			485 ± 751
	<i>Lecane closterocerca</i>		75 ± 184		
	<i>Lecane flexilis</i>	111 ± 271			
	<i>Lecane lunaris</i>		139 ± 340		237 ± 582
	<i>Lepadella patella</i>	265 ± 418	75 ± 184	107 ± 263	475 ± 1163
Rotifera ukupno		3784 ± 1122	1006 ± 951	990 ± 738	2390 ± 2653
Gastroticha ukupr		<i>Chaetonotus</i> sp.		107 ± 263	
Nematoda ukupno		188 ± 297	75 ± 184	501 ± 634	485 ± 751
Cladocera					
	<i>Alona</i> sp.			251 ± 420	
Cladocera ukupno				251 ± 420	
Insecta					
	Chironomidae	298 ± 335			
	Ephemeroptera	154 ± 239			
Insecta ukupno		452 ± 242			
Ukupno		5810 ± 1016	1971 ± 897	3520 ± 1624	4800 ± 1951

4.3.4. Uvjetovanost različitosti biocenoza

Analiza sličnosti ukazuje već na visokoj udaljenosti odvajanje postaja na lokalitetima s flotantnim makrofitima (mrtvaja Škrčev kut i šljunčara Zajarki) od onih sa submerznim makrofitima u rukavcu Sutle (Slika 12). Veću sličnost u sastavu mikrofaune između postaja na rubu i unutar makrofita pokazivale su biocenoze na lokalitetu Zajarki u odnosu na Škrčev kut i Sutlu. U fiksiranim uzorcima analiza sličnosti na manjoj udaljenosti razdvaja postaju Sc s malom zastupljenošću Ciliophora čvrstog skeleta od ostalih postaja, koji se udružuju u dvije skupine: skupina koju čine postaje na dubljem lokalitetu Zajarki (Zl, Zrl) te skupinu koju čine postaje (Škl, Škrl, Src) dvaju plitkih lokaliteta.



Slika 12 Dendrogram analize sličnosti postaja temeljem brojnosti dominantnih skupina mikrofaune epifitona u a) živom i b) fiksiranom materijalu



Slika 13 Metoda nemetričkog multidimensionalnog skaliranja uzoraka temeljem brojnosti mikrofaune

Metoda nemetričkog multidimenzionalnog skaliranja jasno ukazuje na grupiranje uzoraka manje brojnosti fiksiranog materijala od uzoraka veće brojnosti mikrofaune živog materijala (Slika 13). Rezultati Mann-Whitney U testa ukazuju da su živi i fiksirani uzorci pokazivali statistički signifikantne razlike temeljem brojnosti *Gymnamoebea* ($Z = -2,19$, $p = 0,0284$), *Ciliophora* ($Z = -2,80$, $p = 0,0051$) i ukupnog broja svojti ($Z = 1,98$, $p = 0,04$).

Raspoloživi izvori hrane značajno i pozitivno su djelovali na dominantne skupine mikrofaune (Tablica 11). Rotifera pokazuju širok spektar prehrane te pozitivno koreliraju sa suspendiranim (POM) i otopljenim (KPK) organskim tvarima, algama iz planktona i epifitona. Pozitivne korelacije s algama iz epifitona zabilježene su i za skupine *Gymnamoebea*, *Testacea*, *Ciliophora*, *Rotifera*, *Gastrotricha* te ukupnu mikrofaunu. Statistički značajna korelacija suspendiranih organskih tvari utvrđena je za ukupnu mikrofaunu te skupine *Ciliophora* i *Rotifera*.

Tablica 11 Statistički značajne korelacije (Spearmanov koeficijent, $p < 0,05$) između dominantnih skupina mikrofaune epifitona i izvora hrane

Ukupna mikrofauna	r	Gastrotricha	r
KPK _{KMNO4} (mg/L O ₂)	0,48	Chl <i>a</i> epifiton (μg/g SM)	0,59
AFDM (mg/L)	0,54	NTU	r
Chl <i>a</i> epifiton (μg/g SM)	0,69	Temperatura (°C)	0,54
Gymnamoebea	r	KPK _{KMNO4} (mg/L O ₂)	0,74
Chl <i>a</i> epifiton (μg/g SM)	0,59	Chl <i>a</i> plankton (μg/L)	0,51
Testacea	r	TP (mg/L P)	r
Chl <i>a</i> epifiton (μg/g SM)	0,56	Temperatura (°C)	0,60
Ciliophora	r	AFDM (mg/L)	r
AFDM (mg/L)	0,59	S	0,59
Chl <i>a</i> epifiton (μg/g SM)	0,51	Testacea	r
Rotifera	r	S	0,60
KPK _{KMNO4} (mg/L O ₂)	0,56	Ciliophora	r
AFDM (mg/L)	0,57	S	0,58
Chl <i>a</i> epifiton (μg/g SM)	0,62		
Chl <i>a</i> plankton (μg/L)	0,56		

5.0. RASPRAVA

Istraživanja mikrofaune epifitona u tri vodena tijela u Hrvatskom zagorju razlikovala su se obzirom na morfometriju bazena, pokrovnost dna makrofitima i intenzitet antropogenog utjecaja: plitki rukavac Sutle s velikom pokrovnošću dna submerznim makrofitima (*Ceratophyllum demersum*) okružen oranicama; plitka i mutna mrtvaja Škrčev kut s malom pokrovnošću dna flotantnim makrofitima (*Nuphar lutea*) i dublja i prozirna šljunčara Zajarki s malom pokrovnošću dna flotantnim makrofitima (*Nuphar lutea*). Sva tri hidrosustava su šaranski ribnjaci poribljavani i dohranjivani uz korištenje proteinskih mamca za ribolov što povećava koncentraciju organskih tvari, produkciju, ali i mikrobnu aktivnost (Špoljar i sur., 2011).

Od osnovnih limnoloških čimbenika oscilacije temperature, pH vrijednost, mutnoća vode i koncentracija suspendiranih organskih tvari statistički su bile značajne između istraživanih mjeseci. Smatram da je značajnim razlikama temperature vode pridonio pad temperature od srpnja prema rujnu koji je na nekim postajama iznosio i 16 °C. Visoke temperature i anoksični uvjeti doveli su do značajnih smanjenja pH vrijednosti kao čestu pojavu u eutrofnim jezerima (Špoljar i sur., 2012). Prozirnost i količina suspendiranih organskih tvari bile su najveće u najplićem jezeru gdje uslijed miješanja stupca vode vjetrom i bioturbacije od strane riba dolazi do resuspenzije sedimenta (Liboriussen i sur., 2003). Smanjenje ovih vrijednosti bilo je značajno u rujnu kada se smanjuje udio fitoplanktona i produkcija općenito (Špoljar i sur., 2011). Statistički značajno više vrijednosti konduktiviteta u šljunčari Zajarki objašnjavam prisutnošću kupača koji utječu i na veće koncentracije nitrita kao odraz svježeg unošenja organskih tvari, dok veća koncentracija nitrata ukazuje na brzu i dobru oksidaciju dušičnih spojeva.

Koncentracije orto-fosfata i ukupnog fosfora ukazuju umjereno eutrofne pokazatelje u vodenim tijelima prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98). Povećane vrijednosti amonijaka, nitrita i nitrata u šljunčari Zajarki objašnjavam intenzivnom sezonom kupanja, vodenim pticama koje doprinose unos dušičnih spojeva u ljetnom razdoblju koji utjecali na povećanje koncentracije nitrita i nitrata, a time i ukupnog dušika.

Koncentracije otopljenih i suspendiranih organskih tvari, kao i biomase algi u planktonu i epifitonu razmatrani su kao izvori hrane za organizme u epifitonu. Niže i statistički značajne vrijednosti koncentracije otopljenih tvari zabilježene su na lokalitetu Zajarki što objašnjavam niskom produktivnošću ove šljunčare dok su na ostalim lokalitetima

vrijednosti bile više zbog povećanja primarne i sekundarne proizvodnje, a time i mikrobnog razgradnje (Kuczynska-Kippen, 2003).

Kao pokazatelj primarne proizvodnje i izvora hrane u sustavu mjerena je koncentracija klorofila *a* iz planktona i epifitona. Najniža vrijednost klorofila *a* zabilježena je u šljunčari Zajarki što objašnjavam niskim koncentracijama ortofosfata a time i niskom biomasom fitoplanktona (Kuczynska-Kippen 2007). Statistički značajno veću vrijednost klorofila *a* u epifitonu rukavca Sutle, u odnosu na šljunčaru Zajarki, objašnjavam većim postotkom pokrovnosti dna submerznim makrofitima čiji habitus je razgranjeniji u odnosu na flotantne makrofite što povećava površinu za naseljavanje autotrofnih epifitskih algi (Sibbing i sur., 2005). Uslijed intenzivne produkcije i razgradnje u rukavcu Sutle sa submerznim makrofitima došlo je i do visokih koncentracija suspendiranih organskih tvari (Špoljar i sur., 2012).

Epifiton je istraživao na dvije vrste vodenih makrofita: a) submerzni *Ceratophyllum demersum* čiji je habitus složeniji i dobro razgranjen i b) flotantni *Nuphar lutea* s jednostavnijim habitusom. Skupine *Gymnamoeba*, *Ciliophora* i ukupna mikrofauna epifitona statistički su značajno bile veće na lokalitetu rukavac Sutle u odnosu na Škrčev kut i Zajarki, dok je na lokalitetu Zajarki zabilježena je statistički najmanja brojnost skupina *Testacea*, *Rotifera* i *Gastrotricha*. Navedeni rezultati mogu se objasniti činjenicom koju navodi Kuczynska-Kippen (2007) da su razgranjenije stabljike submerznih makrofita obično bogatije epifitonom nego vrste s nerazgranjenom stabljikom. Također, razgranjenije stabljike vodenih makrofita osiguravaju zaklon od predatora zooplanktonu i beskralješnjacima, te na tim mikrostaništima pronalazimo veću brojnost i raznolikost svojiti (Kuczynska-Kippen, 2003; Špoljar i sur., 2012). Statistički značajno manju brojnost skupina *Testacea*, *Rotifera* i *Gastrotricha* u šljunčari s flotantnim makrofitima objašnjavam jednostavnijim habitusom makrofita koje ne pružaju veliku površinu i zaklon kao stabljike makrofita s razvedenim habitusom, navedene skupine uglavnom su predstavljene kao slabopokretni organizmi koji imaju mehanizme prihvaćanja za podlogu, tako da veća ukupna površina supstrata općenito rezultira većom brojnošću i raznolikošću vrsta. Prisustvo vizualnih predatora u ova tri lokaliteta, koji su ujedno i ribnjaci za sportski ribolov, stvara predacijski pritisak u jezerima s većom prozirnošću stupca kao što je šljunčara Zajarki. Laugaste i suradnici (2005) je ukazao u svom istraživanju da brojnost epifitona raste u eutrofnim jezerima gdje je zabilježen manji utjecaj vizualnih predatora. Mikrofauna epifitona uglavnom se hrani ili struganjem epifitona (*Testacea*, *Gastrotricha*, neki *Rotifera*) ili se prihvaćaju za habitus makrofita i filtriraju alge, suspenziju detritusa i bakterije iz stupca vode (neki *Ciliophora* npr. *Vorticella*, *Vaginicola*; bdeloidni *Rotifera*). Brojnost i raznolikost svih ovih skupina povećava se s izvorima hrane

koji su raznolikiji i bogatiji na razgranjenijim stabljikama nego na jednostavnim. Također i puževi, vodengrinje i ličinke kukaca jedni su od glavnih konzumenata i predatora mikrofaune epifitona (Liboriussen i sur., 2003). Temeljem neobjavljenih rezultata upravo puževi veće biomase bili su prisutni u šljunčari Zajarki i mrtvaji Škčev kut, dok su u rukavcu Sutle bili prisutni puževi manje biomase, a time i manje efikasnosti konzumiranja epifitona.

Analizirani uzorci na rubu sastojina makrofita ukazuju na podjednaku ili nešto veću raznolikost i brojnost svojiti u odnosu na rezultate analiziranih uzoraka unutar sastojina makrofita. Smatram da je raznolikost i brojnost svojiti na rubu sastojina makrofita uzrokovana horizontalnim migracijama zooplanktona prema litoralnoj zoni u potrazi za zaklonom koji pružaju makrofiti. Tako u uzorcima nalazim planktonske vrste Rotifera poput *Keratella cochlearis*, *Synchaeta pectinata*, *Asplanchna priodonta*. Također ove planktonske vrste Rotifera ovdje nalaze svoje izvore hrane (*Keratella* sp. - bogatu suspenziju deritusa i bakterija, *Synchaeta* sp. alge a *Asplanchna* sp. kao predator druge predstavnike Rotifera i mikrofaune).

Uzorci sa svih postaja nakon kvalitativne i kvantitativne analize živog materijala bili su fiksirani s 4 % formalinom i ponovno pregledavani. Ovom metodom vrste se jasnije uočavaju što uvelike olakšava njihovu determinaciju (Foissner, 2014). U fiksiranim uzorcima zabilježena je najveća brojnost i raznolikost skupine Rotifera u odnosu na ostale skupine budući da se prilikom fiksiranja pripadnici ostalih skupina (npr. Ciliophora) razgrađuju te se ne mogu uočiti njihova anatomska obilježja niti provesti daljnja detetminacija. Činjenicu da su vrste iz skupine Ciliophora nježnije građe i podložnije razgradnji tjelešaca i organela dokazao je u svojim istraživanjima Foissner (2014). Najveću brojnost imali su Rotifera i Testacea, dok se unutar skupine Ciliophora pojavljuju vrste *Tintinnopsis lacustris* i *Tintinnidium fluviatile*. Testacea, Tinntinida i Rotifera objašnjavam njihovom anatomskom građom odnosno ljušturicama, kućicama i lorikama koje su otpornije na fiksiranje formalinom. Uglavnom se pokazalo da je analizu raznolikosti, kao i kvantitativnu analizu skupina bez egzoskeleta i epidermalnih pojačanja kao što su *Gymnamoeba* i Ciliophora najbolje provoditi na živom materijalu. Za kvantitativnu a ponekad i kvalitativnu analizu Rotifera, Testacea i Gastrotricha metode fiksiranja uzoraka olakšavaju brojenje i determinaciju.

6.0. ZAKLJUČAK

U istraživanjima provedenim tijekom ljetnog razdoblja na tri lokaliteta (rukavac Sutle, mrtvaja Škrčev kut i šljunčara Zajarki), u svakom na dvije postaje uzorkovanja (rub i unutar sastojina makrofita) analizirani su fizičko-kemijski čimbenici i promjene brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona na živom i fiksiranom materijalu. Temeljem dobivenih rezultata može se zaključiti sljedeće:

- U šljunčari Zajarki s malom pokrovnošću makrofita i povećanim antropogenim utjecajem zabilježena je najveća vrijednost konduktiviteta, nitrita, nitrata i ukupnog dušika. Na lokalitetu s velikom pokrovnošću submerznih makrofita (rukavac Sutle) zabilježene su najveće vrijednosti izvora hrane (suspendirane organske tvari, alge u epifitonu i planktonu), a u mrtvaji Škrčev kut s najvećim stupnjem trofije ($TSI_{(SD)}$) zabilježena je najveća vrijednost mutnoće vode i TSS.
- Statistički značajno veća brojnost i raznolikost mikrofaune epifitona zabilježena je u rukavcu Sutle sa submerznim makrofitima (*Ceratophyllum demersum*) koje obilježava složen i razgranjen habitus. Na ovom lokalitetu sve istraživane skupine mikrofaune postigle su najveće brojnosti, a ukupnom strukturom mikrofaune dominirali su Ciliophora.
- U vodenim tijelima s malom pokrovnošću flotantnih makrofita, jednostavnog habitusa utvrđena je manja brojnost i raznolikost mikrofaune epifitona, ali su između ova dva lokaliteta također postojale razlike. U šljunčari Zajarki, veće dubine i manjeg stupnja trofije zabilježena je statistički najmanja brojnost i raznolikost skupina Testacea, Rotifera i Gastrotricha. U plitkoj mrtvaji Škrčev kut s visokim stupnjem trofije, zabilježena je velika brojnost pojedinih skupina mikrofaune, ali s malom raznolikošću.
- Mikrofauna epifitona uzorkovana na dva mikrostaništa svakog lokaliteta ne pokazuje statistički značajnu razliku, ipak mikrostaništa na rubu sastojina makrofita pokazuju veću brojnost i raznolikost u odnosu na mikrostaništa unutar sastojina makrofita.
- Usporedbom strukture mikrofaune na živom i fiksiranom materijalu utvrđeno je značajno smanjenje Ciliophora, dok su se Rotifera pokazali znatno bolji za determinaciju i kvantitativnu analizu u fiksiranom materijalu. Iz toga proizlazi da različiti načini obrade skupljenog materijala zahtijevaju međusobnu usporedbu u interpretaciji kako bi rezultati bili što potpuniji.

- Rezultati ovog rada ukazuju da su značajne razlike brojnosti i raznolikosti mikrofaune epifitona povezane s različitim antropogenim utjecajima koji dovode do promjenama okolišnih čimbenika.

7.0. LITERATURA

Abe S., Nagamo T., Tanaka J. (2000): Effects of current on the development of loosely and tightly attached layers in periphyton communities. *Phycological Research* 48: 261-265.

Adam H., Czihak G. (1964): *Arbeitsmethoden der makroskopischen und mikroskopischen Anatomie. Ein Laboratoriumshandbuch für Biologen, Mediziner und technische Hilfskräfte.* G. Fischer, Stuttgart. I–XIV, pp. 583.

Amoros C. (1984): Crustacees cladoceres, *Bull. Soc. Linn., Lyon*, 3/4, 1 – 63.

APHA (1985): *Standard methods for the examination of water and wastewater* 16th. Ed. Amer.Pub. Health Assoc. New York. pp. 1268.

Azim M. E., Beveridge M. C. M., Van Dam A. A., Verdegem M. C. J. (2005): Periphyton and Aquatic Production: An Introduction. pp. 1-13. In: Azim M.E., Verdegem M.C.J., Van Dam A.A., Beveridge M.C.M. (eds): *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management.* CABI Publishing, Oxfordshire.

Biggs B. J. F., Kilroy C. (2000): *Stream Periphyton Monitoring Manual.* Published by NIWA for Ministry for the Environment, Christchurch. pp. 227.

Bowden B., Glime J. M., Riis T. (2006): Macrophytes and Bryophytes. In: Hauer, F. R. & G. A. Lamberti (eds.), *Methods in stream ecology.* Elsevier, London: 381–414.

Brandt L.E., Koch E.W. (2003): Periphyton as a UV-B filter on seagrass leaves: a result of different transmittance in the UV-B and PAR. *Aquatic botany* 76: 317-327.

Burks R. L., Lodge D. M., Jepsen E., Lauridsen T. L. (2002): Diel horizontal migration of zooplankton: costs and benefits of inhabiting the littoral. *Freshwater Biology* 47: 343-365.

Cairns J., Henebry M. S. (1982): Interactive and noninteractive protozoan colonization processes. In: Cairns J (ed.) *Artificial substrates.* Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, 23-7.

Carlson R. E. (1977): A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanography* 22: 361-369.

Cattaneo A., Kerimian T., Roberge M., Marty J. (1997): Periphyton distribution and abundance on substrata of different size along a gradient of stream trophicity. *Hydrobiologia* 354: 101-110.

- Cattaneo A., Galanti G., Gentinetta S., Romo S. (1998): Epiphytic algae and macroinvertebrates on submerged and floating-leaved macrophytes in an Italian lake. *Freshwater biology* 39: 725-740.
- Chambers P. A., Lacoul P., Murphy K. J., Thomaz S. M. (2008): Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 9-26.
- Duggan I. C. (2001): The ecology of periphytic rotifers. *Hydrobiologia* 446/447: 139-148.
- Duggan I. C., Green J. D., Thompson K., Shiel R. J. (2001): The influence of macrophytes on the spatial distribution of littoral rotifers. *Freshwater Biology* 46: 777-786.
- Flemming H. C. (1995): Sorption sites in biofilms. *Water Science and Tehnology* 32: 27-33.
- Foissner W., Berger H. (1996): A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology. *Freshwater Biology* 35: 375-482.
- Foissner W. (2014): An update of "basic light and scanning electron microscopic methods for taxonomic studies of ciliated protozoa". *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 64: 271-292.
- Gallienne C. P., Robins D. B. (2001): Is *Oithona* the most important copepod in the world's oceans? *Journal of Plankton Research* 23: 1421-1432.
- Gucker B., Fischer H. (2003): Flagellate and ciliate distribution in sediments of a lowland river: relationships with environmental gradients and bacteria. *Aquatic microbial ecology* 31: 67-76.
- Hentschel E. (1916): Biologische Untersuchungen über den tierischen und pflanzlichen Bewuchs im Hamburger Hafen. *Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Hamburg* 33: 1-172.
- Hepistall J. A., Fuller R.L. (1994): Periphyton reactions to different light and nutrients levels and the response of bacteria to these manipulations. *Archiv für Hydrobiologie* 131: 161-173.
- Herak M. (1984): Geotektonski okvir speleogeneze (Geotectonical frame of speleogenesis). *Zbornik Devetog speleološkog kongresa Jugoslavije (Karlovac, 1984)*, Zagreb: 111-129.
- Hillebrand H., Sommer U. (2000): Effect of continuous nutrient enrichment on microalgae colonizing hard substrates. *Hydrobiologia* 426: 185-192.

- Hillebrand H., Kahlert M. (2002): Effect of grazing and water column nutrient supply on biomass and nutrient content of sediment microalgae. *Aquatic Science* 47: 2307-2314.
- Holling C.S. (1992): Cross-scale morphology, geometry and dynamics of ecosystems. *Ecological Monographs* 62: 447-502.
- Höll K. (1986): *Wasser Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung, Chemie, Bakteriologie, Virologie, Biologie* (7th edition). Walter de Gruyter Verlag, Berlin.
- Irfanullah H., Moss B. (2005): Effects of pH and predation by Chaoborus larvae on the plankton of a shallow and acidic forest lake. *Freshwater Biology* 50: 1913–1926.
- Jackson C. R. (2003): Changes in community properties during microbial succession. *Oikos* 101: 444-448.
- Jones J. I., Eaton J. W., Hardwick K. (2000): The influence of periphyton on boundary layer pH conditions: a microelectrode investigation. *Aquatic botany* 67: 191-206.
- Jones J. I., Young J.O., Eaton J. W., Moss B. (2002): The influence of nutrient loading, dissolved inorganic carbon and higher trophic levels on the interaction between submerged plants and periphyton. *Journal of Ecology* 90: 12-24.
- Kalff J. (2002): *Inland water ecosystem*. Prentice hall, Upper saddle river, New Jersey. *Limnology*.
- Kuczynska-Kippen N. (2003): The distribution of rotifers (Rotifera) within a single Myriophyllum bed. *Hydrobiologia* 506-509: 327-331.
- Kuczynska-Kippen N. (2007): Habitat choice in rotifera communities of three shallow lakes: impact of macrophyte substratum and season. *Hydrobiologia* 593: 27-37.
- Kuczynska-Kippen N., Joniak T. (2010): The Impact of Water Chemistry on Zooplankton Occurrence in Two Types (Field versus Forest) of Small Water Bodies. *International Review of Hydrobiology* 95: 130-141.
- Lau S. S. S., Lane N. (2002): Nutrient and grazing factors in relation to phytoplankton level in a eutrophic shallow lake: the effect of low macrophyte abundance. *WaterResearch* 36: 3593–3601.
- Laugatse R., Reunanen M. (2005): The composition and density of epiphyton on some macrophyte species in the partly meromictic Lake Verevi. *Hydrobiologia* 547: 137-150.

Lauridsen T. L., Pedersen L. J., Jørgensen E. (1996): The importance of macrophyte bed size for Cladoceran composition and horizontal migration in a shallow lake. *Journal of plankton research* 18: 2283-2294.

Lauridsen T., Jørgensen E., Landkildehus F., Søndergaard M. (2001): Horizontal distribution of cladocerans in arctic Greenland lakes - impact of macrophytes and fish. *Hydrobiologia* 442: 107-116.

Liboriussen L., Jørgensen E., (2003): Temporal dynamics in epipelagic, pelagic and epiphytic algal production in a clear and a turbid shallow lake. *Freshwater Biology* 48: 418-431.

Liboriussen L., Jørgensen E., Brøgger M.E., Lassen M. F. (2005): Periphyton-macroinvertebrate interactions in light and fish manipulated enclosures in a clear and a turbid shallow lake. *Aquatic Ecology* 39: 23-39.

McAbendroth L., Ramsay P.M., Foggo A., Rundle S. D., Bilton D. T. (2005): Does macrophyte fractal complexity drive invertebrate diversity, biomass and body size distributions? *Oikos* 111: 279-290.

Meerhoff M., Iglesias C., Teixeira de Mello F., Clemente J. M., Jensen E., Lauridsen T. L., Jørgensen E. (2007): Effects of habitat complexity on community structure and predator avoidance behaviour of littoral zooplankton in temperate versus subtropical shallow lakes. *Freshwater biology* 52: 1009-1021.

Narodne novine (1998) Uredba o klasifikaciji voda.77.

Ogden C. G., Hedley R. H. (1980): *An Atlas of Freshwater Testate Amoebae*. BAS Printers Limited, Over Wallop, Hampshire.

Ostojić A. (2010): Effects of flow velocity, temperature, photoperiodism and hydroperiodism on periphytic assemblages dynamics. Division of Biology Faculty of Science, University of Zagreb; pp. 312.

Palmer R. J., White D. C. (1997): Developmental biology of biofilms: implications for treatment and control. *Trends in Microbiology* 5(11): 435-440.

Pitois S. G., Shaw M., Fox C. J., Frid C. L. J. (2009): A new fine-mesh zooplankton time series from the Dove sampling station (North Sea). *Journal of Plankton Research* 31: 337-343.

Princ-Habdija B., Špoljar M., Matoničkin R. (2000): Influence of current velocity on ciliate assemblages on travertine barriers in karstic biotopes. *Limnological Reports* 33: 279-284.

- Primec-Habdija B., Habdija I., Špoljar M., Matoničkin R. (2005): Development of ciliate community on artificial substrates associated with vertical gradients of environmental conditions in a karstic lake. *Archive Hydrobiology* 164: 4513–527.
- Rodriguez M. A. (1987): Estimating periphyton growth parameters using simple models. *Limnology and Oceanography* 32: 458-464.
- Rodriguez L. P., Granata A., Guglielmo L., Minutoli R., Zagami G., Brugnano C. (2013): Spring rotifer community structure in the Alcantara River (Sicily, Italy), using different mesh size nets: relation to environmental factors. *International Journal of Limnology* 49: 287–300.
- Romeis B. (1968): *Mikroskopische Technik*. R. Oldenbourg Verlag, München, Wien.
- Sarnelle O., Kratz K. W., Cooper S. D. (1993): Effects of an invertebrate grazer on the spatial arrangement of a benthic microhabitat. *Oecologia* 96: 208-218.
- Scheffer M. (1998): *Ecology of Shallow Lakes*. Chapman & Hall, London, 357 str.
- Sibbing F. A., Witte F. (2005): Adaptations to feeding in herbivorous fish (Cyprinidae and Cichlidae). pp. 113-140. In: Azim M. E., Verdegem M. C. J., Van Dam A. A., Beveridge M. C. M. (eds): *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. CABI Publishing, Oxfordshire.
- Špoljar M., Dražina T., Habdija I., Meseljević M. i Grčić Z. (2011a): Contrasting zooplankton assemblages in two oxbow lakes with low transparencies and narrow emergent macrophyte belts (Krapina River, Croatia). *International Review of Hydrobiology* 96: 175–190.
- Špoljar M., Dražina T., Šargač J., Kralj – Borojević K., Žutinić P. (2012): Submerged macrophytes as a habitat for zooplankton development in two reservoirs of a flow-through system (Papuk Nature Park, Croatia). *Journal Limnology* 48: 161 – 175.
- Špoljar M., Fressl J., Dražina T., Meseljević M., Grčić Z. (2012): Epiphytic metazoans on emergent macrophytes in oxbow lakes of the Krapina River, Croatia: differences related to plant species and limnological conditions. *Acta Botanica Croatica* 71: 125 – 138.
- Špoljar M. (2013): Microaquatic communities as indicators of environmental changes in lake ecosystems. *Journal of Engg.* 1: 29-42.
- Tomec M., Teskeredžić Z., Teskeredžić E. (2009): Sastav mikrofitobentosa u rijeci Sutli. *Ribarstvo* 67: 133-143.

- Uehlinger U., Brock J. T. (2005): Periphyton metabolism along a nutrient gradient in a desert river (Truckee River, Nevada, USA). *Aquatic Science* 67: 507-516.
- Vermaat J. E. (2005): Periphyton dynamics and influencing factors. *Periphyton: Ecology, exploitation and management*:35-49.
- Vilieneuve, A., Montuelle, B., Bouchez A. (2010): Influence of slight differences in environmental conditions (light, hydrodynamics) on the structure and function of periphyton. *Aquatic Sciences* 72: 33-44.
- Voigt M., Koste W. (1978): *Die Rädertiere Mitteleuropas*. Gebrüder Borntraeger. Berlin, Stuttgart.
- Weitzel R. L. (1979): *Methods and Measurements of Periphyton Communities: a Review*. ASTM STP 690. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, U.S.A.: 3–33.
- Wetzel R. G. (2001): *Lake and river ecosystems, Limnology*: 3rd edition. Academic press, New York.
- Wuhrmann K., Eichenberger E. (1975): Experiments on the effects of inorganic enrichment of rivers on periphyton primary production. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 19: 2028-2031.

ŽIVOTOPIS

Osobni podaci

Ime Barbara Žeželj
Adresa Bisag 25, 42226 Bisag, Hrvatska
Mobitel +385989147559
e-mail barbara.zezelj@gmail.com
Datum rođenja 10.02.1989.
Spol Ž

Edukacija

2012 – 2014 Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno Matematički Fakultet - PMF
Magistra struke znanosti o okolišu – mag. oecol.
2008 – 2012 Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno Matematički Fakultet - PMF
Sveučilišni prvostupnik znanosti o okolišu – bacc.univ.oecol

Radno iskustvo

01/2013 – 01/2014 **Stručni suradnik u odjelu zaštite okoliša**
Zelene tehnologije d.o.o.
11/2011 – 01/2013 **Asistent stručnjaku zaštite okoliša**
Interseroh d.o.o. - ALBA grupa
06/2011 – 03/2013 **Znanstveni novinar**
Biologija.com.hr

Znanstvena sudjelovanja, seminari i stručna edukacija

04/2014 Barbara Žeželj, Ivana Zrinščak, Maria Špoljar, Tvrtko Dražina, Ana Ostojić, Maja Duić Sertić, Daniel Matulić, Jasna Lajtner. Epiphytic gastropods and food supplies in relation to macrophyte stands, Book of abstracts and programme, Joint Symposia 1st Central European Symposium for Aquatic Macroinvertebrate Research and 11th Hungarian Symposium for Aquatic Macroinvertebrate Research, Compiled by Peter Mauchart and Zoltan Csabai. Pecs-Szarvas, 2014.
03/2013 Specijalist zaštite okoliša, Zagrebačko Učilište, Zagreb
02/2013 Laboratorijska stručna praksa, Zoologijski zavod - Limnološki laboratorij, PMF, Zagreb
09/2012 Edukacija Hrvatskog Društva za zaštitu voda – Edukator, Osnovne škole, Hrvatska
06/2012 Inovation workshop Croatia – ALBA Group, Aristos, Zagreb
10/2011 Jesenski eko seminar Zelene Akcije, Zelena Akcija, Zagreb
03/2010 Noć Biologije 2010, PMF, Zagreb

Ostalo

- Iskustvo rada na mikroskopu Carl Zeiss Jena te ArcInfo GIS softveru
- Engleski jezik – aktivno korištenje u govoru i pismu
- Vozačka dozvola B kategorije