

# STRUKTURA MIKROFITA U OBRAŠTAJNIM ZAJEDNICAMA NA PLIVAJUĆOJ NEPAČKI (*Salvinia natans* (L.) ALL.) U POPLAVNOM PODRUČJU KOPAČKOG RITA

---

Jonjić, katarina

Master's thesis / Diplomski rad

2018

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj  
Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:181:732489>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-16**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Department of biology, Josip Juraj  
Strossmayer University of Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Odjel za biologiju  
Diplomski sveučilišni studij Zaštita prirode i okoliša

Katarina Jonjić

**STRUKTURA MIKROFITA U OBRAŠTAJNIM  
ZAJEDNICAMA NA PLIVAJUĆOJ NEPAČKI (*Salvinia  
natans* (L.) ALL.) U POPLAVNOM PODRUČJU KOPAČKOG  
RITA**

Diplomski rad

Osijek, 2018.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Odjel za biologiju

Diplomski sveučilišni studij: Zaštita prirode i okoliša

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Biologija

### STRUKTURA MIKROFITA U OBRAŠTAJNIM ZAJEDNICAMA NA PLIVAJUĆOJ NEPAČKI (*Salvinia natans* (L.) ALL.) U POPLAVNOM PODRUČJU KOPAČKOG RITA

Katarina Jonjić

**Rad je izrađen:** Odjel za biologiju, Zavod za ekologiju voda

**Mentor:** Dr.sc. Tanja Žuna Pfeiffer, docent

**Komentor:** Dr.sc. Dubravka Špoljarić Maronić, docent

#### Sažetak:

Promjene kvalitativnog i kvantitativnog sastava mikrofita u obraštaju na slobodno plutajućoj makrofitskoj vegetaciji (zajednica plutajuće nepačke i vodene leće) istraživane su u srpnju 2013. godine na dva lokaliteta u poplavnom području Kopačkog rita, Kopačkom jezeru i kanalu Čonakut. Visok vodostaj Dunava i velike poplave utjecale su na ekološke uvjete u oba istraživana vodena biotopa i pridonijele masovnom razvoju makrofita. U obraštajnim zajednicama u oba biotopa utvrđena je velika raznolikost cijanobakterija i alga, a s obzirom na brojnost, u obraštaju su dominirale vrste otporne na nepovoljne okolišne uvjete. Rezultati istraživanja ukazuju da u dinamičnim poplavnim područjima, slobodno plutajuća makrofitska vegetacija predstavlja dobru podlogu za razvoj složenih obraštajnih zajednica.

**Broj stranica:** 57

**Broj slika:** 37

**Broj tablica:** 2

**Broj literaturnih navoda:** 90

**Broj priloga:** 1

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** alge, obraštaj, makrofite, slobodno plutajuće biljke, Kopački rit

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo:**

- 1.
- 2.
- 3.

**Rad je pohranjen:** na mrežnim stranicama Odjela za biologiju te u Nacionalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu.

---

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**MS thesis**

**Department of Biology**

**Graduate university study programme in Nature and Environmental Protection**

**Scientific area:** Natural science

**Scientific field:** Biology

### **THE STRUCTURE OF MICROPHYTES IN PERIPHYTIC COMMUNITIES ASSOCIATED WITH FLOATING FERN (*Salvinia natans* (L.) ALL.) IN THE KOPAČKI RIT FLOODPLAIN**

**Katarina Jonjić**

**Thesis performed at:** Department of Biology, Subdepartment of Water Ecology

**Supervisor:** Tanja Žuna Pfeiffer, PhD, Assistant Professor

**Cosupervisor:** Dubravka Špoljarić Maronić, PhD, Assistant Professor

Qualitative and quantitative changes in microphyte communities associated with free-floating macrophyte vegetation (floating fern and duckweed species) were investigated in two study sites (Lake Kopačko and Čonakut channel) within the Kopački Rit floodplain in July 2013. High water levels of the River Danube and high flooding affected ecological conditions in both aquatic biotopes allowing the wide spreading of macrophytes. The diversity of cyanobacteria and algae was high, and the dominant species were resistant to unfavourable environmental conditions. The results showed that free-floating macrophyte vegetation represents the appropriate substrate for the development of complex periphytic communities in floodplain areas.

#### **Abstract:**

**Number of pages:** 57

**Number of figures:** 37

**Number of tables:** 2

**Number of references:** 90

**Number of appendices:** 1

**Original in:** Croatian

**Key words:** algae, periphyton, macrophytes, free-floating plants, Kopački rit

**Date of thesis defence:**

#### **Reviewers:**

- 1.
- 2.
- 3.

**Thesis deposited in:** on the Department of Biology website and the Croatian Digital Theses Repository of the National and University Library in Zagreb.

*Zahvaljujem se od srca svojoj mentorici, doc. dr. sc. Tanji Žuni Pffeifer za svo preneseno znanje, razumijevanju, stručnim savjetima i vodstvu te nesebičnoj pomoći tijekom izrade ovog diplomskog rada.*

*Iskreno se zahvaljujem i komentorici doc. dr. sc. Dubravki Špoljarić Maronić na pomoći i sugestijama koje mi je pružila tijekom izrade diplomskog rada.*

*Hvala svim članovima Zavoda za ekologiju voda, posebice mag. biol. Mateju Šagu za svu pomoć tijekom rada u laboratoriju.*

*I na kraju posebno hvala mojoj obitelji, mojim dragim roditeljima, sestri i šogoru koji su uvijek bili tu za mene i bez kojih sve ovo što sam do sad postigla ne bi bilo moguće.*

---

# SADRŽAJ

---

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1. Opće značajke obraštaja .....	1
1.2. Utjecaj plutajućih makrofita na mikrofitu u obraštaju .....	6
1.3. Cilj istraživanja .....	8
<b>2. MATERIJALI I METODE</b> .....	9
2.1. Područje istraživanja .....	9
2.2. Prikupljanje uzoraka i mjerenje fizikalno-kemijskih čimbenika vode .....	12
2.3. Laboratorijske analize uzoraka .....	13
2.4. Kvalitativna i kvantitativna analiza mikrofitu u obraštaju .....	14
2.5. Statistička obrada podataka .....	15
<b>3. REZULTATI</b> .....	16
3.1. Fizikalno-kemijska svojstva vode .....	16
3.2. Promjene biomase makrofita .....	27
3.3. Koncentracija klorofila u obraštaju .....	29
3.4. Kvalitativni i kvantitativni sastav mikrofitu u obraštaju .....	31
<b>4. RASPRAVA</b> .....	39
<b>5. ZAKLJUČCI</b> .....	42
<b>6. LITERATURA</b> .....	43
<b>7. PRILOG</b> .....	52

## 1. UVOD

Dinamična poplavna područja karakterizirana su velikom biološkom raznolikošću kojoj pridonose i makrofitska vegetacija i organizmi u obraštajnim zajednicama (Wu 2017; Santana i Ferragut 2016; Thomaz i sur. 2009). Općenito makrofitska vegetacija ima ključnu ulogu u održavanju čistoće vode, pružanju staništa beskralježnjacima, ribama i brojnim drugim vodenim organizmima te značajno pridonosi funkcionalnoj raznolikosti i složenosti akvatičkih sustava (Palmik 2017; Cronin i Lodge 2003). Makrofitska vegetacija također predstavlja prirodnu podlogu pogodnu za razvoj obraštajnih zajednica. Obraštajne zajednice se razvijaju u svim vodenim tijelima - od malih jezera do velikih oceana i u svim trofičkim uvjetima, od oligotrofnih do eutrofnih (Azim i Asaeda 2005). Imaju vrlo važnu ulogu - važan su izvor ugljika, sudjeluju u procesima kruženja hranjivih tvari, predstavljaju osnovu hranidbenih lanaca i važan su pokazatelj ekološkog stanja akvatičkih ekosustava jer vrlo brzo reagiraju na promjene u okolišu (Szlauer – Lukaszewska 2007; Azim i sur. 2005). Smatra se da su u akvatičkim ekosustavima mikrofiti (cijanobakterije i algae) u obraštajnim zajednicama uz fitoplankton najznačajniji primarni producenti (Azim i sur. 2005).

Zbog izrazito važne uloge, praćenje stanja makrofitske vegetacije i obraštajnih zajednica u različitim vodenim biotopima propisano je Okvirnom Direktivom o vodama (Direktiva 2000/60/EC).

### 1.1. Opće značajke obraštaja

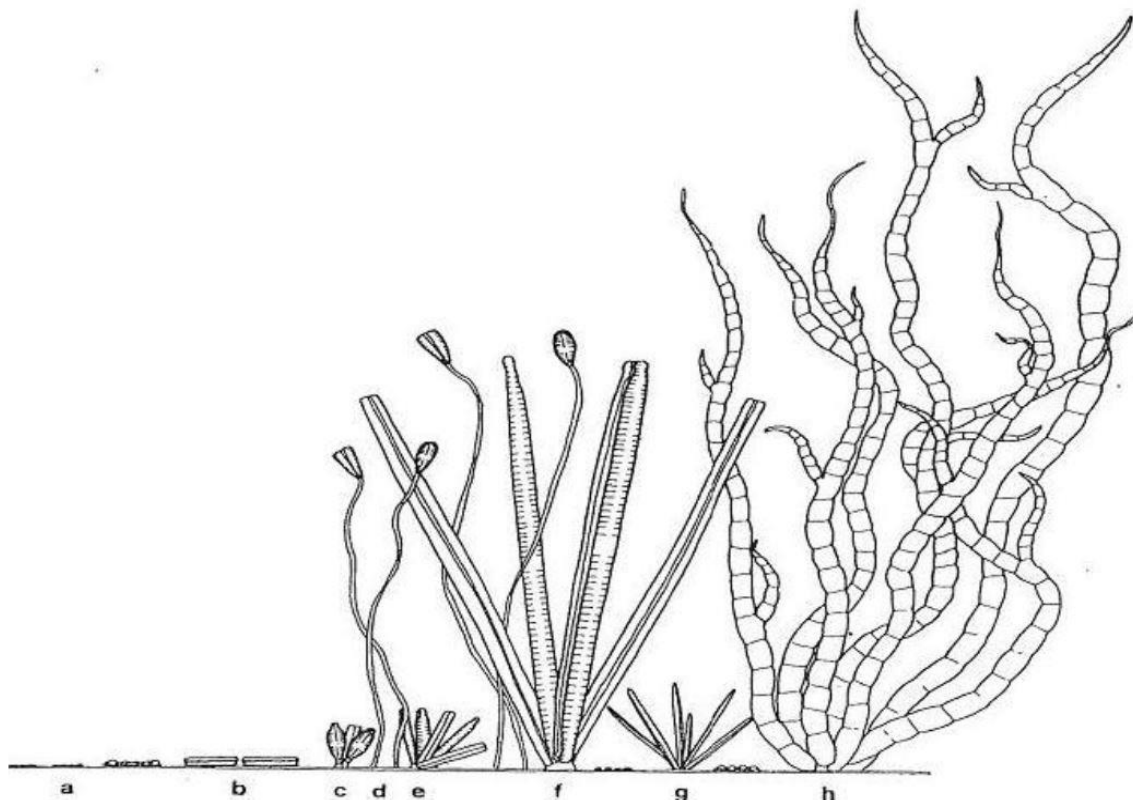
Obraštaj ili perifiton (*peri* – okolo i *phyton* – biljka) je složena zajednica brojnih autotrofnih i heterotrofnih organizama kao npr. algi, bakterija, gljiva, praživotinja, zooplanktona i različitih beskralježnjaka te organskog detritusa (Azim i Asaeda 2005; Azim i sur. 2005). Sam pojam „perifiton“ prvi put se spominje 1928. godine (Wu 2017), a tijekom godina korišteni su i drugi nazivi poput *Nereiden*, *Aufwuchs*, *Bewuchs*, *Lasion* i drugi (Sladečkova 1962).

Obraštaj je modificirani oblik planktona, ali s dodatnim prilagodbama koje organizmima u ovim zajednicama omogućavaju pričvršćivanje na razne podloge (Azim i Asaeda 2005). Ovisno o tipu podloge, obraštajne zajednice se mogu razviti na prirodnim (biljke, kamen, sediment, ostaci drveća) i umjetnim (staklo, prilagođeni nosači, limovi i dr.) podlogama te razlikujemo epifiton (na makrofitskoj vegetaciji), epipelon (na muljevitom sedimentu), epiksilon (na drvetu), epiliton (na kamenu) i epipsamon (na pijesku) (Azim i sur. 2005).

Razvoj obraštaja je dinamičan i složen proces, a odvija se kroz fazu naseljavanja, eksponencijalnu fazu rasta i fazu starenja (Mihaljević i Žuna Pfeiffer 2012; Slika 1). Razvoj obraštaja započinje taloženjem otopljene organske tvari, aminokiselina i mukopolisaharida, na površinu podloge uronjene u vodu (van Dam i sur. 2002; Cowling i sur. 2000; Hoagland i sur. 1982). Nakon nekoliko sati na nataloženu organsku tvar počinju se prihvaćati bakterije (Carrias i sur. 2002) koje izlučivanjem sluzi povećavaju površinu i stvaraju nova mjesta za prihvaćanje različitih koloidnih, organskih i anorganskih čestica (Flemming 1995). Nakon nekoliko dana na organski matriks se počinju prihvaćati mikrofiti – prvo penatne dijatomeje (npr. *Cocconeis*, *Navicula*) ili različite vrste cijanobakterija (npr. *Merismopedia*) i zelenih alga koje priliježu uz podlogu (Sekar i sur. 2004), zatim dijatomeje koje se pričvršćuju kraćim ili dužim stapkama (npr. *Gomphonema*), te dijatomeje u rozetama (npr. *Nitzschia*) (Biggs i sur. 1998). Tijekom kasne faze razvoja, podlogu naseljavaju nitaste cijanobakterije i zelene alge pri čemu nastaje vrlo složena i slojevita zajednica (Azim i Asaeda 2005).

Mikrofiti koji se pojavljuju u obraštajnim zajednicama slatkovodnih ekosustava pripadaju skupinama Cyanobacteria (modrozeleno alge), Euglenophyta (zeleni bičasti), Cryptophyta (kriptofita), Pyrrophyta (svjetleći bičasti), Chrysophyta (zlatno-smeđe alge) i Chlorophyta (zelene alge). Posebno su brojne vrste razreda Bacillariophyceae (dijatomeje) iz skupine Chrysophyta jer imaju sposobnost brzog naseljavanja novih podloga, brzo se razmnožavaju i prilagođavaju promjenjivim uvjetima u okolišu (Biggs i sur. 1998).





Legenda: a = bakterije; b = mikrofitne priljubljene uz podlogu; c = dijatomeje na kratkim stapkama; d = dijatomeje na dugim stapkama; e, f, g = dijatomeje u rozetama; h = filamentozne mikrofitne.

**Slika 1:** Slijed naseljavanja mikrofitu u obraštajnim zajednicama (preuzeto i prilagođeno prema: Hoagland i sur. 1982).

Uspješnost razvoja mikrofitu u obraštajnim zajednicama ovisi o složenim interakcijama između fizičkih svojstava staništa, abiotičkih i biotičkih čimbenika te sastavu vrsta (Vermaat 2005). Abiotičke čimbenike možemo podijeliti na hidrološke (brzina vode, režim protoka vode, poplave), fizikalne (dostupnost svjetlosti, temperatura, podloga, pH) i kemijske (koncentracija hranjivih tvari), dok biotički obuhvaćaju predatorstvo, kompeticiju, parazitizam, ispašu i dr. (Wu 2017).

Svjetlost je važan čimbenik koji utječe na sastav i strukturu zajednice. U uvjetima kada je dostupna dovoljna količina svjetlosti razvijaju se autotrofne zajednice, dok u uvjetima slabije osvjetljenosti u obraštajnim zajednicama dominiraju heterotrofni organizmi, prvenstveno bakterije (Asaeda i Hong Sun 2000). Uvjeti slabijeg osvjetljenja pogoduju razvoju cijanobakterija (Vermaat 2005), dok se pri jačem intenzitetu svjetlosti bolje razvijaju zelene alge i samim tim su brojnije tijekom ljetnih mjeseci (Mihaljević i Žuna Pfeiffer 2012).

Temperatura vode može utjecati na stopu reprodukcije, strukturu zajednice, sposobnost rasta, sukcesiju i metabolizam obraštajnih zajednica (Wu 2017). Niže temperature vode pogoduju razvoju dijatomeja, dok se pri višim temperaturama bolje razvijaju cijanobakterije i zelene alge (Žuna Pfeiffer 2012).

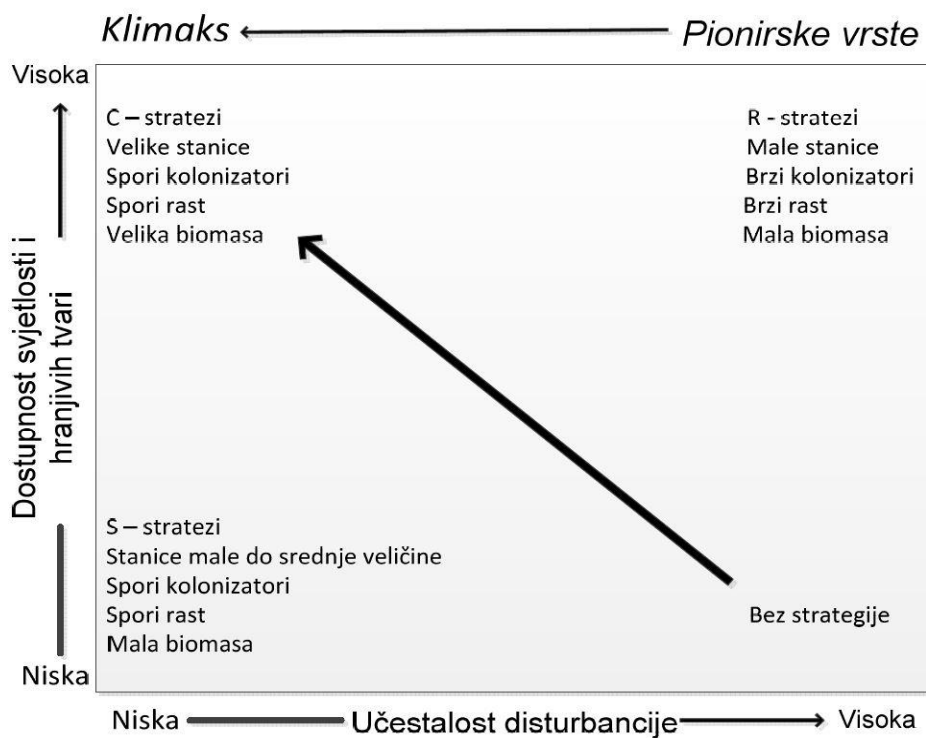
Dostupnost hranjivih tvari, posebice dušika i fosfora važna je za razvoj obraštaja i produktivnost u vodenim ekosustavima. S povećanjem dostupnosti hranjivih tvari mijenja se taksonomski sastav zajednice i povećava se gustoća i debljina obraštajnih zajednica (Gaiser 2009; Vermaat 2005).

Promjene hidrološkog režima vode imaju utjecaj na razvoj obraštaja jer mijenjaju dostupnost vlage, hranjivih tvari i različitih podloga za naseljavanje (Gaiser 2009). Poplave utječu na naseljavanje i razvoj obraštaja (Žuna Pfeiffer i sur. 2013; Mihaljević i sur. 2010), a mogu imati i vrlo negativan utjecaj jer otkidaju obraštaj, smanjuju njegovu ukupnu biomasu i vraćaju ga u početnu fazu razvoja (Žuna Pfeiffer 2012).

Od biotičkih čimbenika najznačajniji utjecaj na obraštaj imaju ispaša i kompeticija (Wu 2017). Visok intenzitet ispaše (npr. ličinke kukaca, ribe) na obraštaj može smanjiti biomasu obraštaja, te promijeniti taksonomski sastav i strukturu zajednice (Christofolletti i sur. 2011). Međutim, umjereni intenzitet ispaše ima pozitivan utjecaj jer se odumrli dijelovi obraštaja ispašom uklanjaju te se na taj način povećava dostupnost hranjivih tvari i svjetlosti i potiče ponovni rast obraštaja (Azim 2009).

Biggs i suradnici (1998) razvili su tzv. „konceptualni model matrice staništa“ kako bi se lakše pratio razvoj obraštajnih zajednica u različitim okolišnim uvjetima (Slika 2). Model obuhvaća 35 vrsta mikrofiti klasificiranih u četiri skupine s obzirom na prilagođenost dostupnim koncentracijama hranjivih tvari, intenzitetu svjetlosti, vremenu naseljavanja podloga te prilagođenosti disturbancijama. Ruderalne vrste (R-stratezi) obuhvaćaju pionirske vrste koje se razvijaju u uvjetima umjerenih ili jakih i učestalih disturbancija. Imaju stanice malih dimenzija i male biomase, vrlo brzo naseljavaju različite podloge bez obzira na dostupnost hranjivih tvari i brzo se razmnožavaju. Obilježavaju ranu fazu razvoja obraštaja, a glavni predstavnici ove skupine su alge iz razreda Bacillariophyceae (npr. *Cocconeis placentula*, *Achnantheidium minutissimum*). Kompetitivne vrste (C-stratezi) su vrste koje se razvijaju u eutrofnim sustavima, pri stabilnim uvjetima i niskom intenzitetu disturbancija. Razvijaju se u kasnijoj fazi razvoja obraštaja. Predstavnici ove skupine su

većinom nitaste zelene alge (npr. *Cladophora glomerata*, *Rhizoclonium* sp.) koje imaju uspravan rast te se izdižu od podloge što im omogućava bolje iskorištavanje hranjivih tvari i svjetlosti u odnosu na mikrofitne u donjim slojevima. C-S-stratezi su također kompetitivne vrste koje se razvijaju u stabilnim, mezotrofnim uvjetima s umjerenim sadržajem hranjivih tvari. Ova skupina obuhvaća zelene alge, dijatomeje i cijanobakterije koje imaju veliki raspon morfoloških značajki, te na različite načine prijanjaju uz podlogu. Stres tolerantne vrste (S-stratezi) su vrste koje se razvijaju u stabilnim, oligotrofnim uvjetima. Stanice su im male biomase, spori su kolonizatori, ali imaju sposobnost fiksiranja dušika te mogućnost korištenja organskih molekula iz stupca vode što im omogućuje razvoj u uvjetima kada im nije dostupna dovoljna količina hranjivih tvari. Predstavnici ove skupine su različite vrste cijanobakterija (npr. *Calothrix* spp., *Tolypothrix* spp.) i dijatomeja (npr. *Epithemia* spp., *Rhopalodia* spp.).



**Slika 2:** Shematski prikaz razvoja mikrofitne zajednice u obraštajnim zajednicama ovisno o dostupnosti hranjivih tvari i učestalosti disturbancija (preuzeto i prilagođeno prema Biggs i sur. 1998).

## 1.2. Utjecaj plutajućih makrofita na mikrofitu u obraštaju

Tip i veličina podloge ima važnu ulogu u razvoju obraštajnih zajednica. Podloga predstavlja stanište za razvoj obraštaja, ali njena kemijska i fizikalna svojstva mogu utjecati na obraštaj na mikro-razini. Pukotine na podlogama štite obraštaj od prevelike ispaše, otplavlivanja, te mehaničkog oštećenja (Wu 2017). Grube i hrapavije podloge su stabilnije u usporedbi s glatkim podlogama i imaju veću gustoću organizama. Međutim, razvojem obraštaja mikrofiti stvaraju želatinozni sloj kojim mijenjaju oblik i strukturu podloge te na taj smanjuju njen utjecaj na daljnji razvoj obraštaja (Wu 2017).

U različitim vodenim biotopima često se razvija makrofitska vegetacija koja također predstavlja pogodnu podlogu za razvoj obraštaja (Santana i Ferragut 2016; Fernandes i sur. 2016; Sipauba-Tavares i Dias 2014; Sand-Jensen i Borum 1991). Između makrofitske vegetacije i obraštaja mogu se uspostaviti pozitivne (simbioza i mutualizam) ili negativne (kompeticija i alelopatija) interakcije, ili uopće ne mora doći do interakcije. Pozitivne interakcije odnose se na mogućnost da organizmi u obraštaju za svoj rast koriste organske spojeve i hranjive tvari koje se oslobađaju iz organa biljke domaćina (Sand-Jensen i Borum 1991), a zauzvrat obraštaj štiti biljku domaćina od ispaše. Negativne interakcije najčešće se odnose na kompeticiju između organizama u obraštaju i makrofita, za hranjive tvari i svjetlost. Međutim, negativna interakcija obuhvaća i pojavu alelopatije odnosno izlučivanje različitih kemijskih spojeva iz organa biljke domaćina koji mogu inhibirajuće djelovati na rast obraštaja. Neki znanstvenici ipak tvrde da makrofiti obraštajnim zajednicama samo pružaju podlogu za razvoj, a da pritom na njih ne djeluju niti inhibirajuće niti stimulirajuće (Goldsborough i sur. 2005).

Različita su istraživanja pokazala da na promjene strukture mikrofitu koji naseljavaju određenu makrofitsku vegetaciju značajno utječu dostupnost hranjivih tvari i promjene hidrološkog režima (Santana i Ferragut 2016; Vetri Selvi i Gandhi 2013), ali i da su sastav i struktura obraštajnih zajednica na prirodnim podlogama rezultat međudjelovanja mnogih čimbenika određenih karakteristikama biljke domaćina, vanjskog okoliša i samih mikrofitu (Pip i Robinson 1984). Također struktura obraštaja značajno ovisi i o morfološkim svojstvima biljnih organa određene biljne vrste (Fernandes i sur. 2016).

Eutrofni vodeni ekosustavi pogoduju razvoju makrofitske vegetacije. U nizinskim dijelovima Hrvatske raširena je vodenjarska zajednica velike vodene leće i plutajuće nepačke

(As. Spirodela – Salviniatum natantis Slavnić 1956) koju čine vrste *Spirodela polyrhiza*, paprat *Salvinia natans*, *Lemna minor* i *Utricularia vulgaris* (Topić i Vukelić 2009).

*S. natans* (Slika 3) je vodena paprat (Polypodiopsida) iz obitelji Salviniaceae (nepačke) (Galka i Szmeja 2013). Kozmopolit je i razvija se u slatkovodnim ekosustavima koji su bogati hranjivim tvarima (Nikolić 2013). Godišnji je pleustofit koji se sastoji od strukturno sličnih podjedinica od kojih su neki funkcionalno samostalni, tzv. moduli. Moduli su povezani izdancima te se na svakom nalaze tri lista, dva plutajuća i jedan podvodni. Podvodni list ima funkciju korijena i služi kao stabilizator biljke te joj omogućuje plutanje (Galka i Szmeja 2013).



**Slika 3:** *Salvinia natans* (Izvor: Zavod za ekologiju voda).

*S. natans* se razmnožava spolnim i nespolnim (vegetativno) putem. Spolnim putem se razmnožava uz pomoć sporokarpija koji se sastoji od mikro i makrosporangija u kojima nastaju mikro i makrospore. Mikrospore se razvijaju u muški, a makrospore u ženski gametofit. Vegetativni tip razmnožavanja obuhvaća fragmentaciju (Galka i Szmeja 2013).

*S. natans* je zaštićena Zakonom o zaštiti prirode, a prema IUCN kriterijima je gotovo ugrožena vrsta (Nikolić 2015).

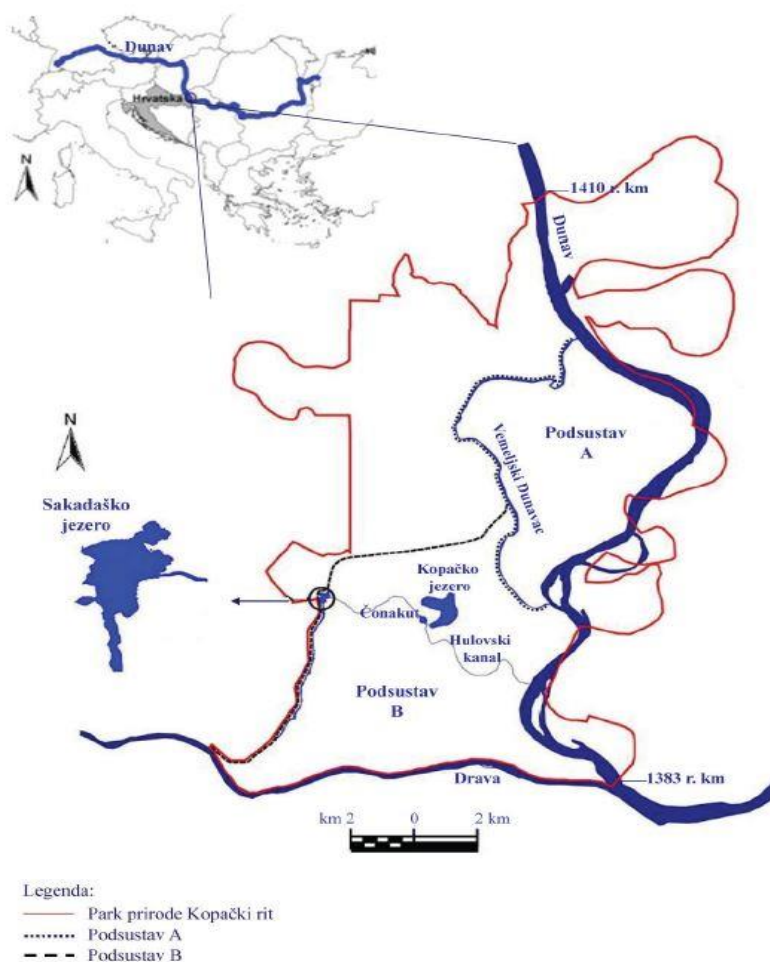
### **1.3. Cilj istraživanja**

Cilj ovog diplomskog rada bio je istražiti kvalitativni i kvantitativni sastav mikrofitu u obraštaju razvijenom na površini slobodno plutajućih makrofita (zajednica plutajuće nepačke i vodene leće) na različitim lokalitetima (Kopačko jezero i kanal Čonakut) u poplavnom području Kopačkog rita u srpnju 2013. godine.

## 2. MATERIJALI I METODE

### 2.1. Područje istraživanja

Park prirode Kopački rit (Slika 4) smješten je na sjeveroistočnom dijelu Hrvatske, u nizinskom području između rijeka Drave i Dunava (Benčina i sur. 2010). Kopački rit ( $45^{\circ} 15' - 45^{\circ} 53'$  geografske širine i  $16^{\circ} 06' - 16^{\circ} 41'$  geografske dužine) zauzima površinu od  $100 \text{ km}^2$  i jedna je od najvećih fluvijalno - močvarnih nizina u Europi (Mihaljević i sur. 1999).



**Slika 4:** Karta Parka prirode Kopački rit (Izradio: Filip Stević).

Od 1967. godine dio Kopačkog rita površine 17 730 hektara ima status Upravljanog prirodnog rezervata, a 1976. godine manje područje rezervata od 7 220 hektara dobilo je status Specijalnog zoološkog rezervata. Šire područje Kopačkog rita površine 10 510 hektara zaštićeno je kao Park prirode. Park je 1986. godine uvršten na popis područja koja su važna

staništa ptica (IBA; eng. Important Bird Area) (Web 1), a 1993. godine uvršten je i na Popis međunarodno značajnih močvara („List of Wetlands of International Importance“) (Mihaljević i sur. 1999).

Klima na području Kopačkog rita je na granici srednjoeuropsko - kontinentalne i kontinentalne klime Panonske nizine. Obilježavaju je velike količine oborina krajem proljeća i početkom ljeta, visoke temperature zraka u ljetnim i niske temperature u zimskim mjesecima (Mihaljević i sur. 1999).

Mikroreljefna struktura Kopačkog rita je složena (Slika 5) i u njoj se izdvajaju velike udubine trajno ispunjene vodom - jezera, povremeno poplavljene površine tzv. bare, fokovi i žile - kanali kojima voda struji (Mihaljević i sur. 1999).



**Slika 5:** Poplavno područje Parka prirode Kopački rit (Fotografija: Goran Šafarek, Web 2).

Rit je brojnim kanalima povezan s rijekama Dunavom i Dravom, ali najveći utjecaj na strukturu rita imaju dunavske poplavne vode (Mihaljević i sur. 1999). S obzirom na hidrološku povezanost Kopačkog rita s matičnom rijekom u ritu se izdvajaju dva podsustava (Slika 4) - podsustav A (sjeverni dio parka) koji je s matičnom rijekom povezan sustavom rukavaca, te podsustav B (južni dio parka) koji je s matičnom rijekom povezan mrežom kanala (Mihaljević i sur. 2010).

Najveća depresija u ritu koja je stalno ispunjena vodom je Kopačko jezero (Slika 6) smješteno u središnjem dijelu rita. Polumjesečastog je oblika i ima površinu oko 200-250 ha. U vrijeme visokih vodostaja koji se pojavljuju u rano proljeće i početkom ljeta, dubina jezera varira i doseže oko 5 m, dok je u vrijeme niskih vodostaja jezero plitko i dubine oko



1,5 m. Jezero je Hulovskim kanalom povezano s Dunavom, a kanalom Čonakut sa Sakadaškim jezerom. U eutrofno-hipertrofnom je stanju dok njegove obale prelaze u ritske livade (Mihaljević i sur. 1999).



**Slika 6:** Kopačko jezero u vrijeme istraživanja u mjesecu srpnju 2013. godine (Izvor: Zavod za ekologiju voda).

Kanal Čonakut (Slika 7) je dio mreže kanala unutar Kopačkog rita, a s Dunavom je povezan Hulovskim kanalom. Dug je oko 3 km. Dubina mu varira ovisno o utjecaju poplavnih voda između 2 i 5 m (Mihaljević i sur. 1999).



**Slika 7:** Kanal Čonakut u vrijeme istraživanja u mjesecu srpnju 2013. godine (Izvor: Zavod za ekologiju voda).

Na području Kopačkog rita razvijaju se različite biljne zajednice. U vodenim biotopima dobro su razvijene zajednice plutajućih makrofita kao što su zajednice vodenih leća (npr. *Lemno-Spirodeletum polyrhizae*, *Spirodelo-Salvinietum*), zajednice mrijesnjacka (*Potamogetonum lucentis*, *Potamogetonum graminei*), zajednice lopoča (*Nymphaea alba*) i lokvanja (*Nuphar luteum*), te zajednice plavuna (*Nymphoidetum peltatae*) (Mihaljević i sur. 1999). Dugogodišnja hidrobiološka istraživanja pokazala su da se u pojedinim vodenim biotopima kao što je Sakadaško jezero, najdublja depresija na području Kopačkog rita, makrofitska vegetacija pojavljuje povremeno i ovisno o dinamici plavljenja (Vidaković i Bogut 2007). 2013. godine u uvjetima velikih poplava primijećeno je širenje zajednice plutajuće nepačke (*Salvinia natans*) i različitih vrsta vodene leće (*Spirodela polyrhiza*, *Lemna* spp.) u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru (Slika 8). Plutajuće makrofite prekrivale su tijekom dva tjedna gotovo cijelu površinu kanala, dok su u Kopačkom jezeru tvorile gust pokrov na ulazu i uz rubove jezera. Međutim, s postupnim opadanjem vodostaja, smanjivala se i gustoća samog pokrova.



**Slika 8:** Masovni razvoj zajednice plutajuće nepačke i vodenih leća u mjesecu srpnju 2013. godine (Izvor: Zavod za ekologiju voda).

## **2.2. Prikupljanje uzoraka i mjerenje fizikalno-kemijskih čimbenika vode**

Istraživanje je provedeno na dva lokaliteta na području Kopačkog rita – kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru (Slika 6 i 7). Uzorci su prikupljeni 2., 4., 8. i 12. srpnja 2013. godine u vrijeme masovnog razvoja zajednice plutajuće nepačke i vodene leće.

Tijekom istraživanja na svakom lokalitetu su nasumično uzeta po tri uzorka plutajućih makrofita za analizu kvalitativnog i kvantitativnog sastava mikrofita u epifitonu, te tri za

analizu koncentracije klorofila u epifitonu. Biljke su prikupljene pomoću metalnog cilindra promjera 10 cm, a zahvaćene su sve biljke od površine do dubine sloja u kojem su se razvile. Prikupljene makrofite su iz cilindra prebačene u plastičnu kadu kako bi se uklonili veći komadi kore drveta ili grančice, a zatim su prenesene u obilježenu staklenu posudu ispunjenu vodovodnom vodom i pohranjene u prijenosnom hladnjaku do analize u laboratoriju. Na mjestima uzorkovanja makrofita mjereni su fizikalno-kemijski čimbenici vode *in situ* i to na dubini od oko 20 cm, neposredno ispod sloja makrofitske vegetacije. Temperatura zraka (AT) mjerena je živinim termometrom, prozirnost vode (SD) određena je pomoću Secchi ploče, dok je dubina vode (WD) određena baždarenim konopcem s utegom. Prijenosnim mini-laboratorijem WTW Multi 340i (Wissenschaftlich-Technische Werkstätten Weilheim, Njemačka) mjereni su slijedeći parametri: temperatura vode (WT), električna provodljivost (Cond), pH, koncentracija otopljenog kisika u vodi (mg/L) i zasićenje vode kisikom (%). Prije svakog izlaska na teren uređaj je kalibriran. Promjene vodostaja Dunava praćene su na vodomjernoj stanici kod Apatina, smještenoj na 1404,1 r. km. Na svakoj postaji uzeti su i uzorci vode za analizu koncentracije klorofila, ukupno suspendiranih (TSS) i hranjivih tvari u vodi. Uzorci su u prijenosnom hladnjaku preneseni u laboratorij na daljnju analizu.

### **2.3. Laboratorijske analize uzoraka**

Svaki prikupljeni uzorak obrađivan je zasebno. Makrofite su iz staklene prijenosne bočice prebačene u staklene čaše napunjene sa 100 mL vode. Sadržaj čaše je soniciran uz stalno miješnje, nakon čega su makrofite odvojene prelijevanjem sadržaja preko gaze postavljene preko otvora druge čaše. Izdvojeni biljni materijal je dobro ocijeđen, te ravnomjerno raspoređen na površini filter-papira kako bi se upio suvišak vode, a zatim je izvagan. Makrofite su prebačene u lađice od filter-papira i sušene u sušioniku na 105°C tijekom 24 sata. Nakon sušenja i hlađenja u eksikatoru, određena je masa suhe tvari makrofita.

Soniciranjem u 100 ml vode, s površine makrofita odvojene su obraštajne zajednice. Sadržaj čaše je dobro promiješan i fiksiran 4%-tnom otopinom formaldehida te upotrijebljen za određivanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava mikrofitu u obraštaju.

Koncentracije klorofila-a (Chl-a), klorofila-b (Chl-b) i klorofila-c (Chl-c) određene su u vodi i epifitonu prema SCOR-UNESCO (1966) i Strickland i Parsons (1972). Uzorci su filtrirani pomoću vakuum sisaljke kroz Whatman GF/C (Ø 55 mm) filter-papir i usitnjeni u tarioniku. Pigmenti su zatim ekstrahirani u 15 ml 90%-tnog acetona i ostavljeni u hladnjaku 24 sata.

Nakon ekstrakcije uzorci su centrifugirani te je izmjerena apsorbanacija uzoraka pri valnim duljinama od 630, 645, 663 i 750 nm.

Za određivanje TSS-a uzorci vode su filtrirani kroz prethodno izvagane filter-papire Whatman GF/C ( $\varnothing$  55 mm) i sušeni u sušioniku na 105°C tijekom 24 sata. Nakon hlađenja u eksikatoru, uzorci su izvagani, žareni 4 sata na 450°C te ponovno izvagani. Iz razlike mase ukupne suspendirane (TSS) i anorganske tvari u vodi (AW), izračunata je masa organske tvari (AFDW) u vodi.

Koncentracije hranjivih tvari (amonijevih-iona ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrita ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrata ( $\text{NO}_3^-$ ), sadržaj ukupnog dušika (TN), ukupnog fosfora (TP) i ortofosfata ( $\text{PO}_4^{3-}$ )) određeni su standardnim metodama prema APHA (1992).

#### **2.4. Kvalitativna i kvantitativna analiza mikrofitu u obraštaju**

Kvalitativni sastav mikrofitu u obraštaju određen je pomoću svjetlosnog mikroskopa (Carl Zeiss Jenna, Njemačka) pri različitim povećanjima te pomoću softvera Moticam 2300. Iz svakog uzorka pregledano je više poduzoraka. Determinacija vrsta određena je pomoću standardnih ključeva za determinaciju (Komárek i Anagnostidis 1989; Hindak 1988; Anagnostidis i Komárek 1985; Hindak i sur. 1978; Hindak 1977-1990; Pascher 1976; Hustedt 1976; Hindak i sur. 1975; Komárek 1973; Huber-Pestalozzi 1961-1990). Nakon determinacije, nomenklatura vrsta provjerena je i usklađena s nomenklaturom navedenoj u bazi podataka AlgaeBase (Guiry i Guiry 2017).

U svrhu preciznije i detaljnije taksonomske analize dijatomeja korištena je metoda čišćenja silikatnih ljušturica te su napravljeni trajni preparati za svaki uzorak (Szabó i sur. 2005). Čišćenje dijatomeja provedeno je slijedećim postupkom: 5 mL uzorka isprano je s 5 mL destilirane vode i centrifugirano 2 minute na 1500 okretaja u minuti. Dobiveni supernatant je dekantiran, a ispiranje je ponovljeno pet puta. Nakon centrifugiranja i dekantiranja u suspenziju je dodano 10 mL 30% - vodikovog peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) te su uzorci zagrijavani u vodenoj kupelji 3 sata na 90°C kako bi se odstranio organski materijal. Nakon vađenja iz kupelji, u vruću suspenziju je dodano nekoliko kapi 1M klorovodične kiseline (HCl). Nakon hlađenja suspenzija je centrifugirana, supernatant dekantiran, a talog je ponovno ispran destiliranom vodom 5 puta i resuspendiran u 5 mL destilirane vode. Uzorci su pohranjeni u plastičnim epruvetama. 1 mL uzorka prenesen je na čistu i suhu pokrovnicu te ostavljen na sušenju na čistom i mirnom mjestu.

Na lagano zagrijanu predmetnicu nanosena je kap Canada-balzama (Naphrax, Brunel Microscopes, Chippenham, UK) i prekrivena pokrovnicom s osušenim uzorkom. Preparat je zagrijavan dok se smola nije ravnomjerno raspodijelila cijelom pokrovnicom. Nakon hlađenja, uklopljene dijatomeje su determinirane pomoću svjetlosnog mikroskopa (Carl Zeiss Jenna, Njemačka) pod povećanjem od 1000x i uz dodatak imerzijskog ulja.

Kvantitativna analiza mikrofitu u obraštaju određena je brojanjem stanica nakon sedimentacije u komorici s milimetarskom mrežicom površine 1 cm<sup>2</sup> i volumena 0,05 mL (Stilinović i Plenković-Moraj 1995). Brojane su stanice svih vrsta osim dijatomeja koje su bile brojane kao skupina. Za daljnju taksonomsku analizu vrsta iz skupine dijatomeja pregledani su trajni preparati, a za svaki uzorak prebrojano je oko 300 - 400 ljušturica.

Dominantne vrste mikrofitu određene su u odnosu na ukupan broj stanica, a dominantnima su smatrane one vrste koje su činile najmanje 5% ukupnog broja stanica. Ukupan broj stanica prikazan je kao srednja vrijednost broja stanica utvrđenih na svakom stakalcu.

## **2.5. Statistička obrada podataka**

Za računalnu obradu podatka korišteni su statistički programi Statistika 12 (StatSoft Inc. SAD) i Primer 5 (Clark i Warwick 2001).

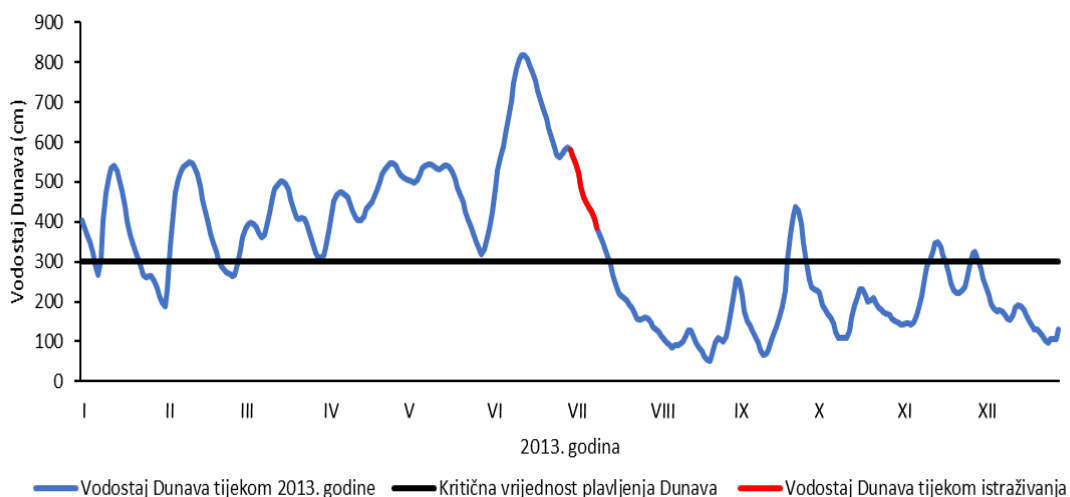
Radi utvrđivanja sličnosti obraštajnih zajednica s obzirom na kvalitativnu (raznolikost vrsta) i kvantitativnu (broj stanica mikrofitu) analizu uzoraka prikupljenih u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru primijenjena je hijerarhijska klaster analiza (eng. „Cluster Analysis“, CA) u računalnom programu Primer 5 (Clark i Warwick 2001). Kao stupanj sličnosti između uzoraka korišten je Bray-Curtisov indeks sličnosti. Podaci su prije analize logaritamski transformirani.

Stupanj linearne povezanosti (korelacije) između fizikalno-kemijskih svojstava vode, mase makrofitu i broja stanica te između fizikalno-kemijskih svojstava vode i dominantnih vrsta utvrđen je primjenom Pearsonovog koeficijenta korelacije s razinom značajnosti od 5% (Petz 2002) u računalnom programu Statistika 12 (StatSoft Inc. SAD).

### 3. REZULTATI

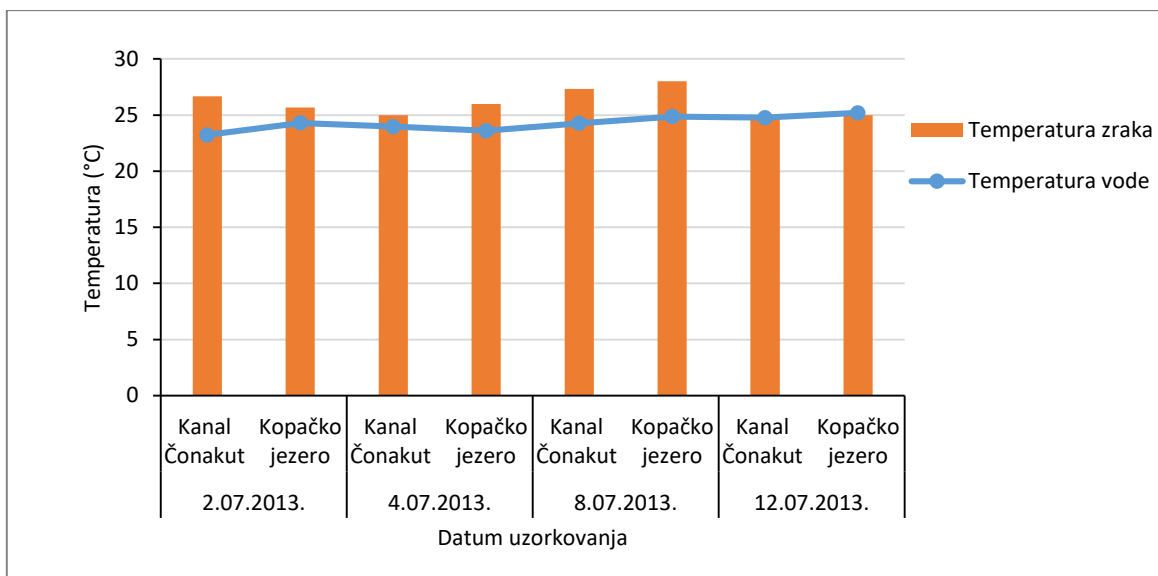
#### 3.1. Fizikalno-kemijska svojstva vode

Vodostaj Dunava praćen je na vodomjernoj stanici kod Apatina, smještenoj na 1401,4 r.km. (Slika 9). U razdoblju od siječnja do polovine srpnja 2013. godine vodostaj Dunava se značajno mijenjao te su se izmjenjivala kratkotrajna razdoblja bez plavljenja s razdobljima karakteriziranim većim i dugotrajnijim poplavama. U drugom dijelu godine, vodostaj Dunava je uglavnom bio manji od 3 m, a plavljenje je bilo vrlo rijetko i kratkotrajno. Istraživanje alga u obraštaju provedeno u prvoj polovini mjeseca srpnja odvijalo se u uvjetima plavljenja. Vodostaj Dunava dosegao je 581 cm prvog dana istraživanja (2.07.2013.), nakon čega se smanjivao te je zadnjeg dana (12.07.2013.) iznosio 387 cm.



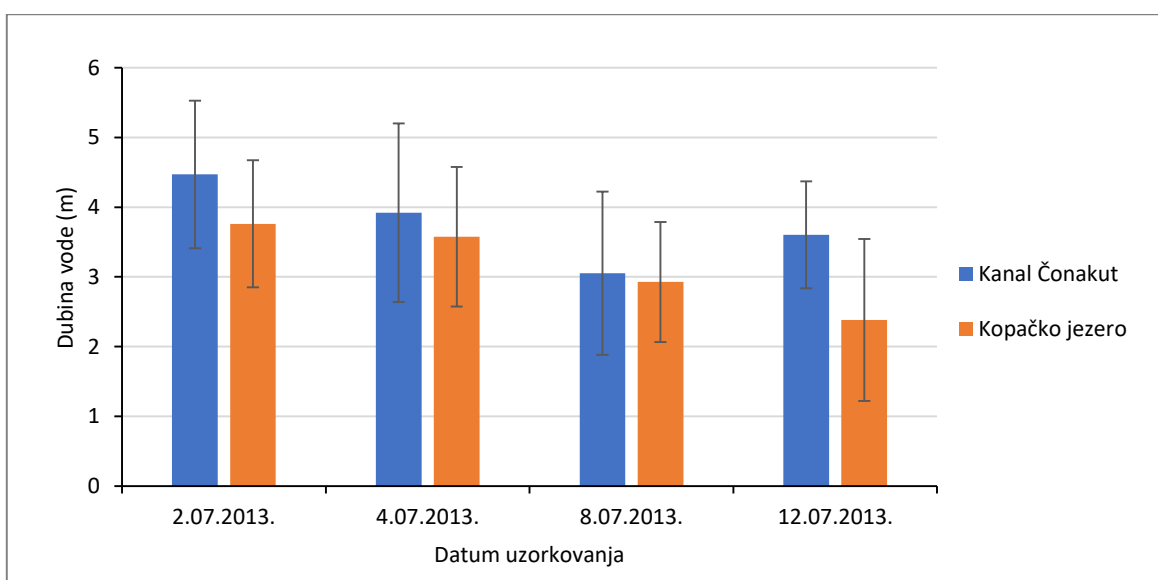
**Slika 9:** Promjene vodostaja Dunava na mjernoj postaji kod Apatina tijekom 2013. godine.

Temperatura zraka (Slika 10) na oba istraživana lokaliteta bila je visoka tijekom istraživanja i kretala se od 25 °C do 28 °C. Temperatura vode mijenjala se sukladno promjenama temperature zraka (Slika 10). Najviša temperatura vode izmjerena je u Kopačkom jezeru (25,20 °C) zadnjeg dana istraživanja (12.07.2013.), a najniža u kanalu Čonakut (23,23 °C) prvog dana istraživanja (2.07.2013.). Utvrđena je pozitivna korelacija temperature zraka s prozirnošću vode i koncentracijom ukupnog dušika, dok je za temperaturu vode utvrđena pozitivna korelacija s koncentracijom ukupnog fosfora i negativna korelacija s masom makrofita (Tablica 1).



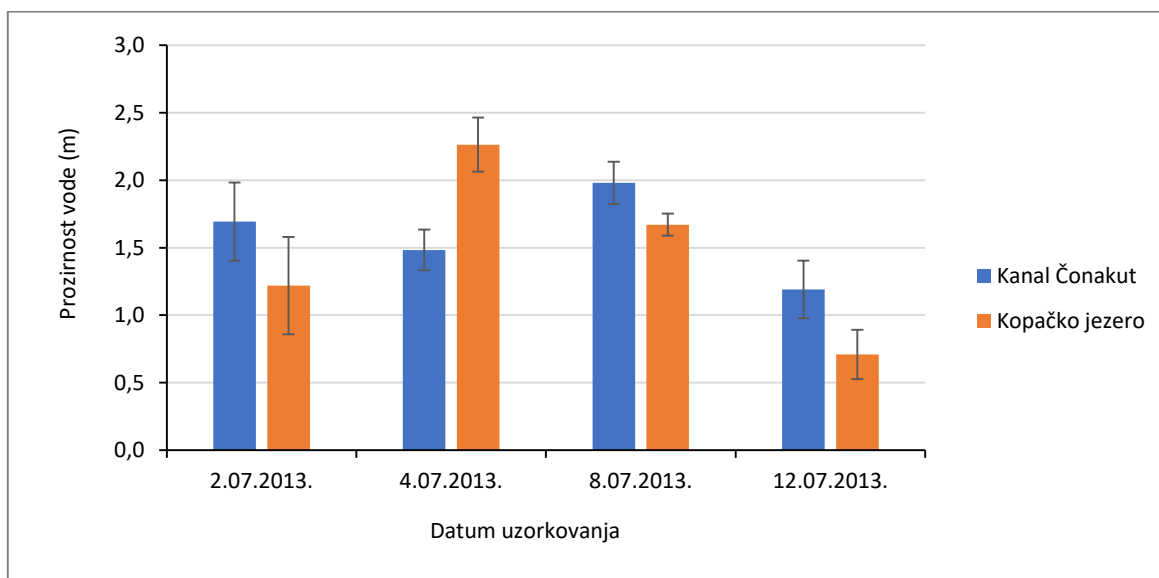
**Slika 10:** Promjene temperature zraka i vode na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Promjene vodostaja Dunava utječu na dubinu vode različitih vodenih biotopa na području Kopačkog rita. Dubina vode (Slika 11) je tijekom istraživanja bila veća u kanalu Čonakut u odnosu na Kopačko jezero. Najveća dubina vode izmjerena je prvog dana istraživanja (2.07.2013.) u kanalu Čonakut ( $4,47 \pm 1,06$  m), a najniža u Kopačkom jezeru ( $2,38 \pm 1,16$  m) zadnjeg dana istraživanja (12.7.2013.). Utvrđena je negativna korelacija između dubine vode i koncentracije ukupnog fosfora (Tablica 1).



**Slika 11:** Dubina vode na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

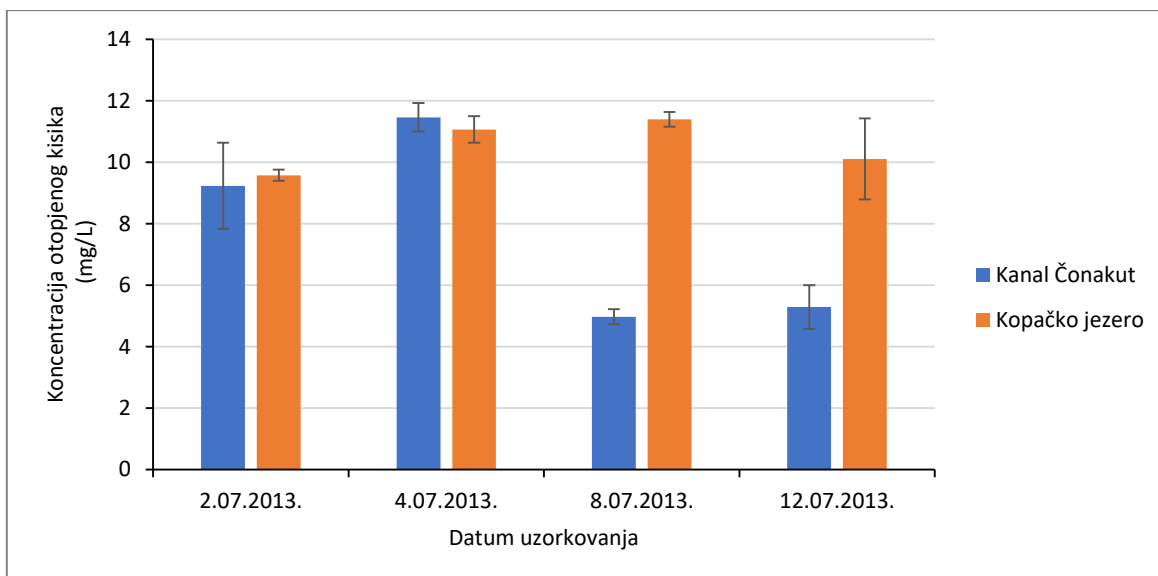
Prozirnost vode (Slika 12) mijenjala se tijekom istraživanja. Najveća prozirnost zabilježena je u Kopačkom jezeru ( $2,26 \pm 0,20$  m) drugog dana istraživanja (4.07.2013.), a najniža također u Kopačkom jezeru ( $0,71 \pm 0,18$  m) zadnjeg dana istraživanja (12.07.2013.). Utvrđena je pozitivna korelacija prozirnosti vode s temperaturom zraka i ukupnom koncentracijom dušika (Tablica 1).



**Slika 12:** Prozirnost vode na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

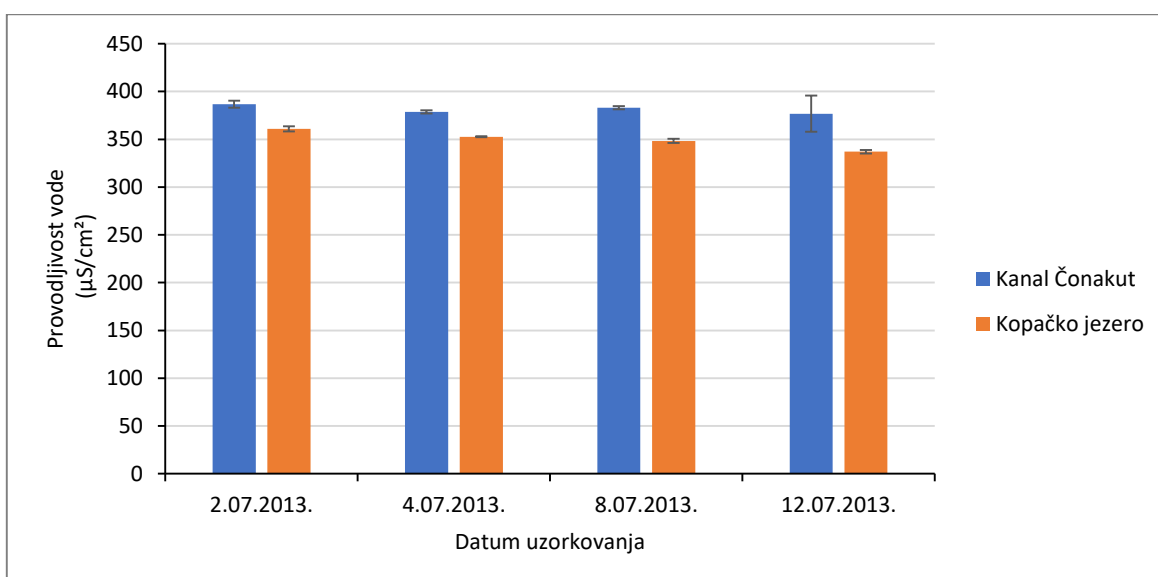
Koncentracije otopljenog kisika (Slika 13) u vodi bile su visoke u Kopačkom jezeru tijekom cijelog razdoblja istraživanja i kretale su se od  $9,58 \pm 0,18$  mg/L do  $11,40 \pm 0,24$  mg/L. Promjene u koncentraciji kisika bile su veće u kanalu Čonakut. Prvog i drugog dana istraživanja, koncentracije kisika su bile visoke i kretale su se od  $9,24 \pm 1,41$  mg/L do  $11,47 \pm 0,46$  mg/L, a nakon toga su se značajno smanjile te je najniža izmjerena koncentracija iznosila  $4,97 \pm 0,24$  mg/L. Utvrđena je negativna korelacija između koncentracije kisika u vodi i električne provodljivosti, te pozitivna korelacija s ukupnom koncentracijom nitrata i pH vrijednosti (Tablica 1).





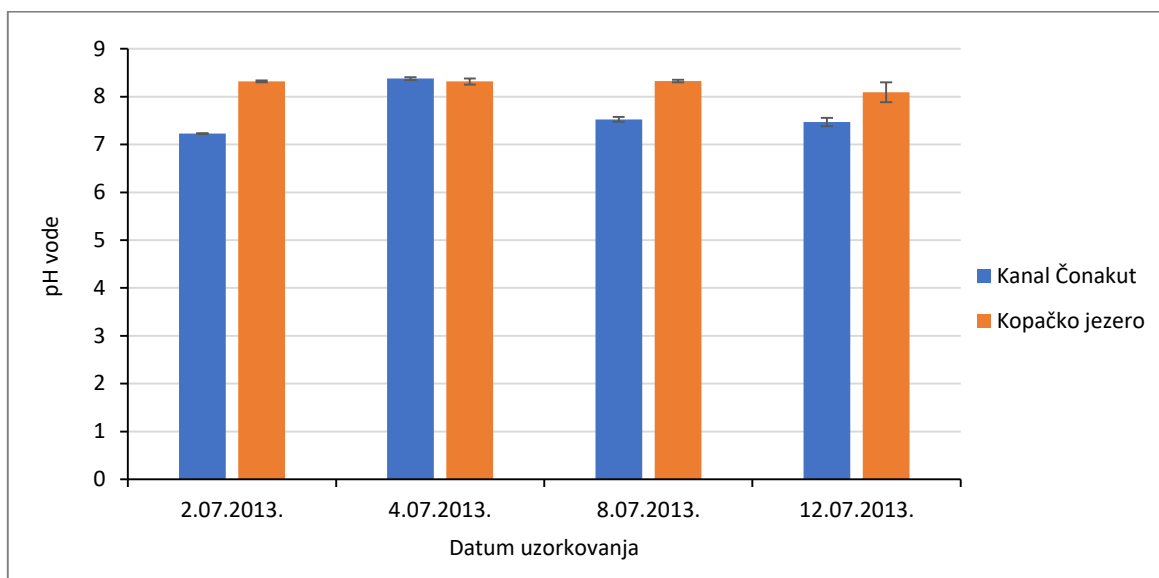
**Slika 13:** Promjene koncentracije otopljenog kisika u vodi na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Električna provodljivost vode (Slika 14) nije se značajno mijenjala, ali je tijekom istraživanja bila veća u kanalu Čonakut u odnosu na Kopačko jezero. Najviša vrijednost provodljivosti od  $386,67 \pm 3,79 \mu\text{S}/\text{cm}^2$  zabilježena je prvog dana istraživanja u kanalu Čonakut, a najniža od  $337 \pm 1,73 \mu\text{S}/\text{cm}^2$  zadnjeg dana istraživanja u Kopačkom jezeru. Utvrđena je negativna korelacija između električne provodljivosti i koncentracije kisika, pH vrijednosti i koncentracije nitrata, a pozitivna korelacija s koncentracijom nitrita (Tablica 1).



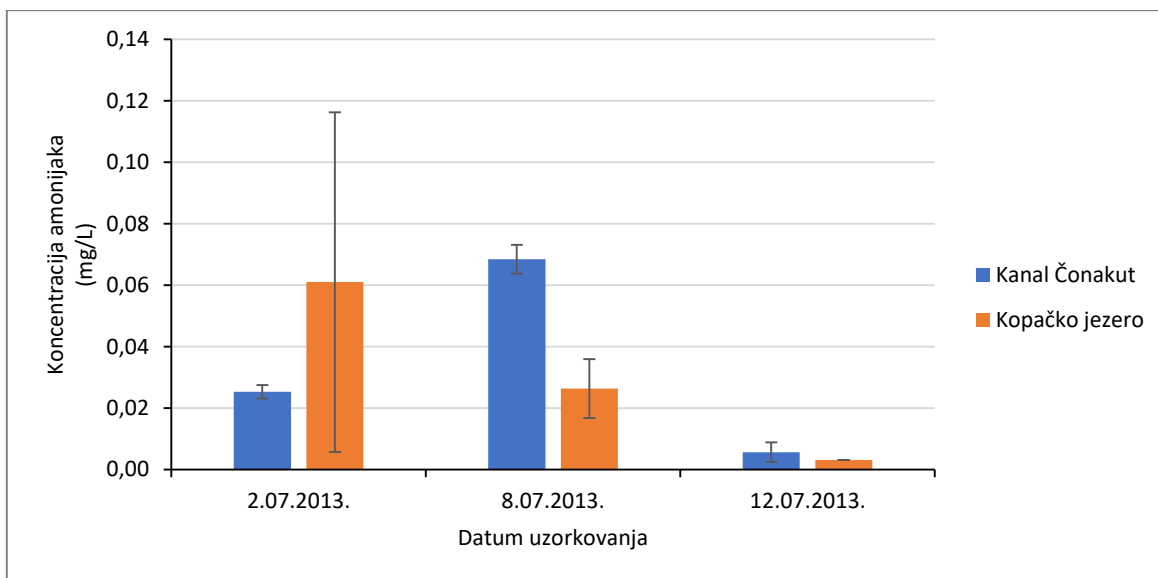
**Slika 14:** Provodljivost vode na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

pH vrijednosti vode (Slika 15) na oba istraživana lokaliteta bile su više od 7 što ukazuje na blago lužnato stanje vode. Najveća pH vrijednost ( $8,38 \pm 0,03$ ) zabilježena je u kanalu Čonakut drugog dana istraživanja, a najniža ( $7,23 \pm 0,00$ ) prvog dana istraživanja na istom lokalitetu. Zabilježena je negativna korelacija pH vrijednosti s električnom provodljivošću i koncentracijom nitrita, a pozitivna s koncentracijom kisika i nitrata (Tablica 1).



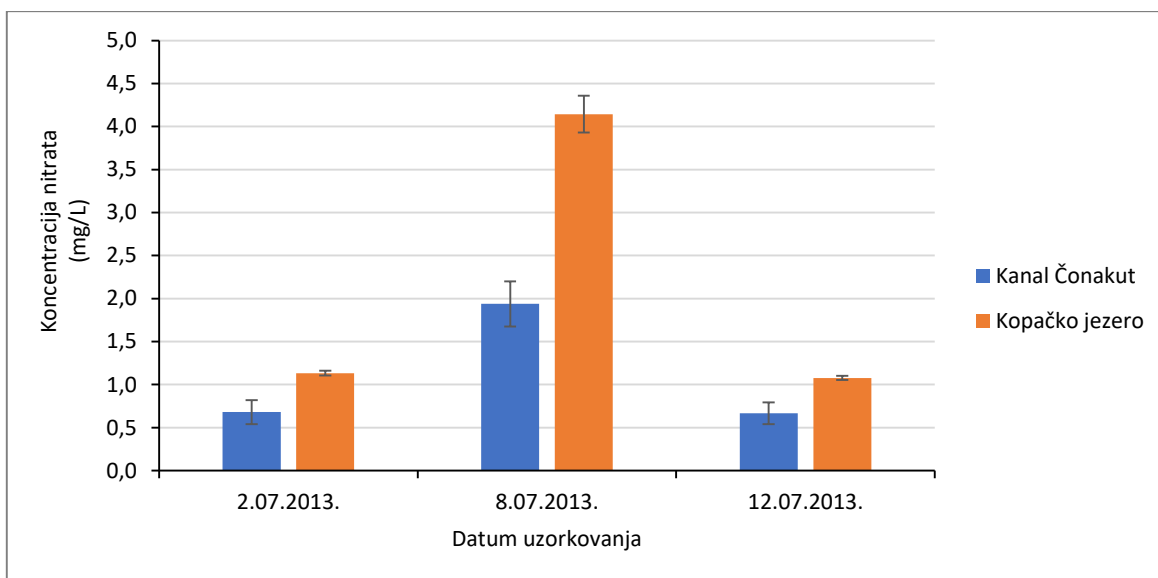
**Slika 15:** pH vrijednost vode na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Koncentracije amonijaka (Slika 16) mijenjale su se tijekom istraživanja. Najviša koncentracija ( $0,068 \pm 0,005$  mg/L) zabilježena je u kanalu Čonakut (8.07.2013.), a najniža ( $0,003 \pm 0,000$  mg/L) u Kopačkom jezeru (12.07.2013.). Utvrđena je i pozitivna korelacija s koncentracijom Chl-a (Tablica 1).



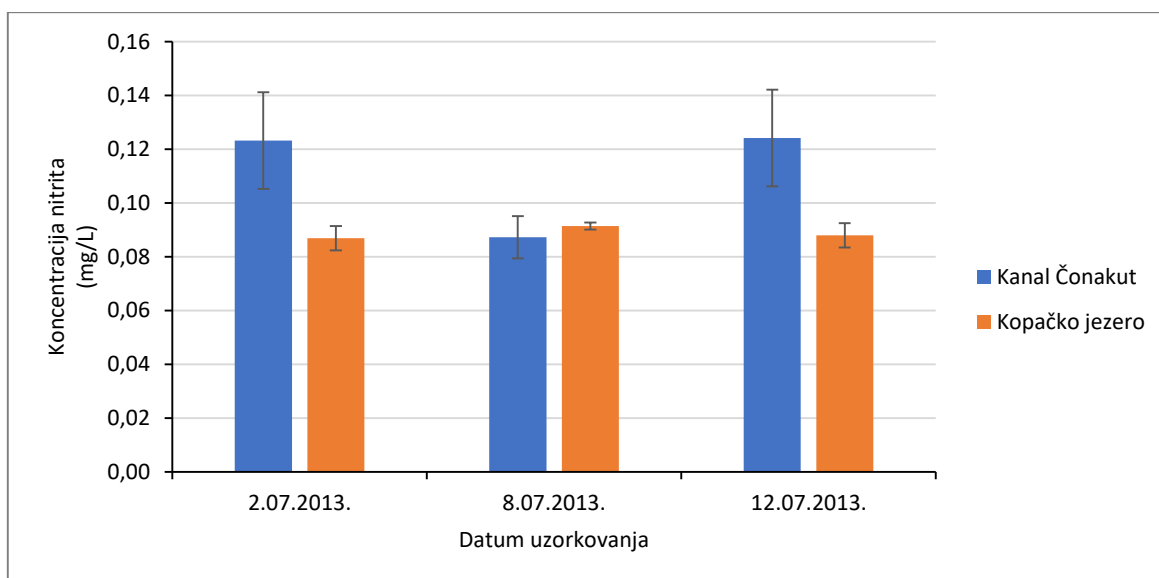
**Slika 16:** Koncentracija amonijaka na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Koncentracije nitrata (Slika 17) su tijekom istraživanja bile više u Kopačkom jezeru u odnosu na kanal Čonakut. Najviše koncentracije na oba lokaliteta (Kopačko jezero:  $4,14 \pm 0,21$  mg/L; kanal Čonakut:  $1,94 \pm 0,26$  mg/L) zabilježene su 8.07.2013. godine. Utvrđena je pozitivna korelacija s koncentracijom kisika, pH vrijednosti i koncentracijom ukupnog dušika, a negativna korelacija s električnom provodljivošću (Tablica 1).



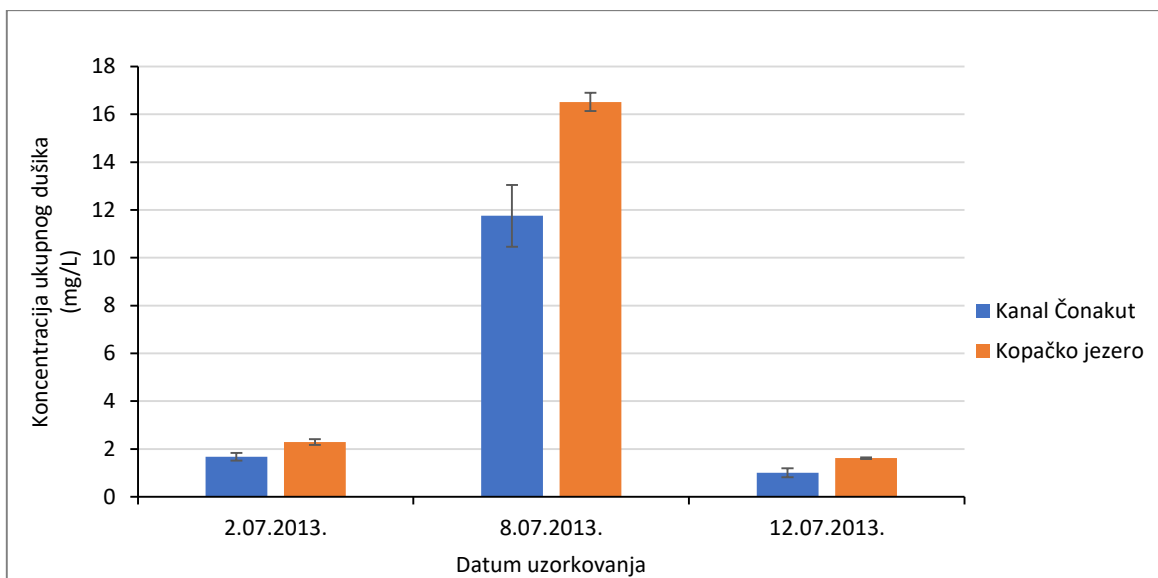
**Slika 17:** Koncentracije nitrata na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Koncentracije nitrita (Slika 18) varirale su tijekom istraživanja od  $0,09 \pm 0,00$  mg/L do  $0,12 \pm 0,02$  mg/L. Najviše su bile prvog i zadnjeg dana istraživanja u kanalu Čonakut ( $0,12 \pm 0,02$  mg/L). Utvrđena je pozitivna korelacija između koncentracije nitrita i električne provodljivosti i negativna korelacija s pH vrijednosti (Tablica 1).



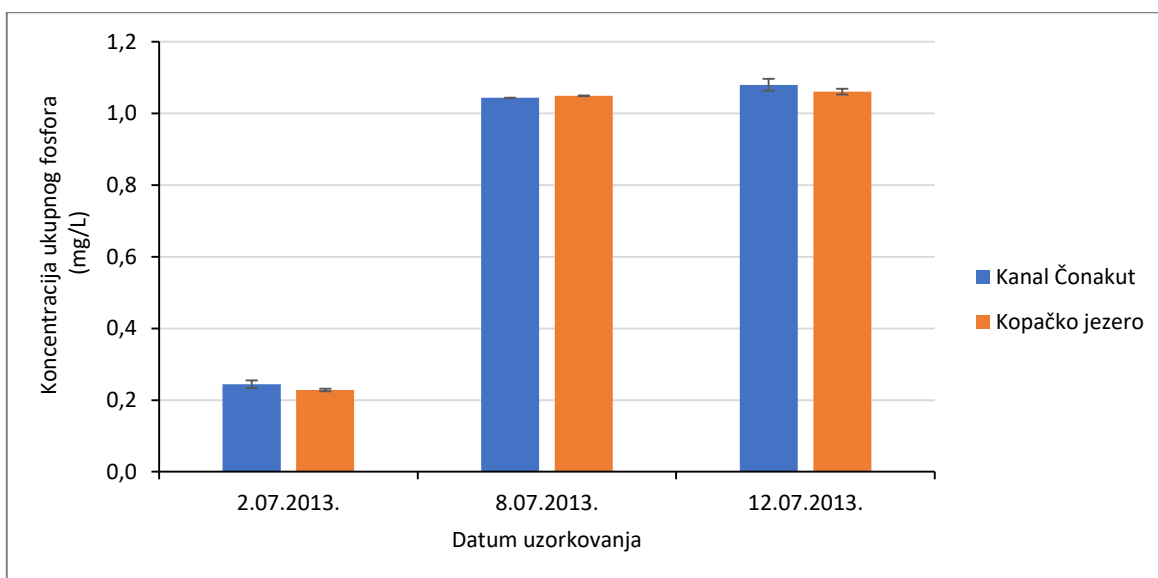
**Slika 18:** Koncentracije nitrita na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Koncentracije ukupnog dušika (Slika 19) bile su tijekom istraživanja uvijek više u Kopačkom jezeru. Koncentracije ukupnog dušika su na oba lokaliteta bile vrlo visoke 8.07.2013. godine, a najniže vrijednosti zabilježene su zadnjeg dana istraživanja i kretale su se od  $1,00 \pm 0,19$  mg/L u kanalu Čonakut do  $1,62 \pm 0,04$  mg/L u Kopačkom jezeru. Utvrđena je pozitivna korelacija s prozirnošću vode, temperaturom zraka, koncentracijom ukupnog fosfora i koncentracijom nitrata (Tablica 1).



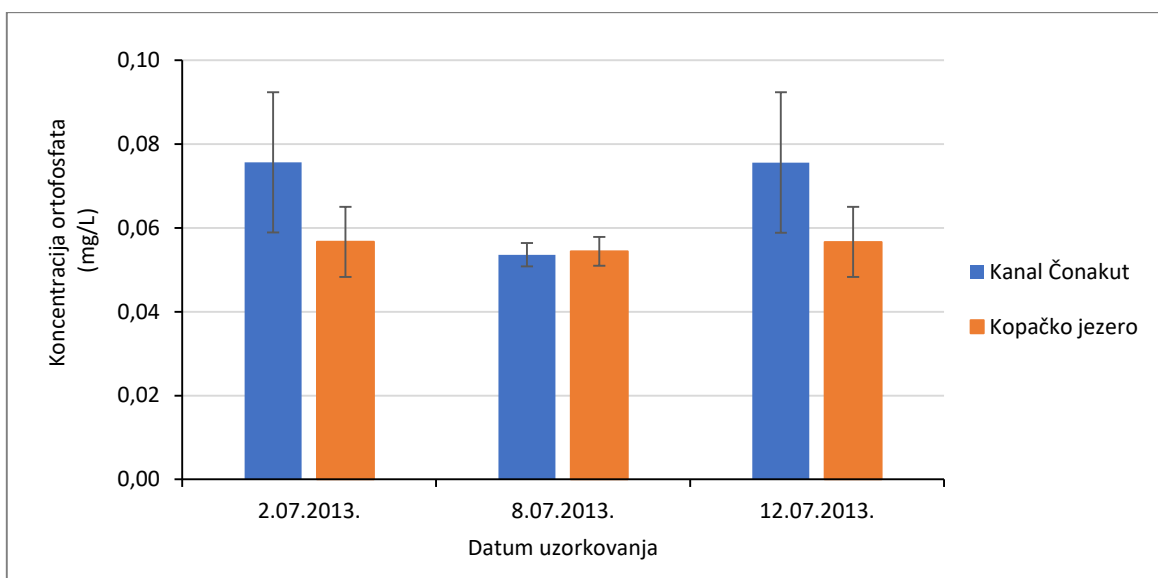
**Slika 19:** Koncentracija ukupnog dušika na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Koncentracije ukupnog fosfora (Slika 20) bile su niske i vrlo slične na oba lokaliteta prvog dana istraživanja. U kanalu Čonakut zabilježena su  $0,24 \pm 0,01$  mg/L, a u Kopačkom jezeru  $0,23 \pm 0,00$  mg/L. Do kraja istraživanja koncentracije ukupnog fosfora bile su značajno više i prelazile su 1,00 mg/L na oba lokaliteta. Utvrđena je pozitivna korelacija između koncentracije ukupnog fosfora s temperaturom vode, koncentracijom ukupnog dušika i koncentracije Chl-a, a negativna s dubinom vode i masom makrofita (Tablica 1).



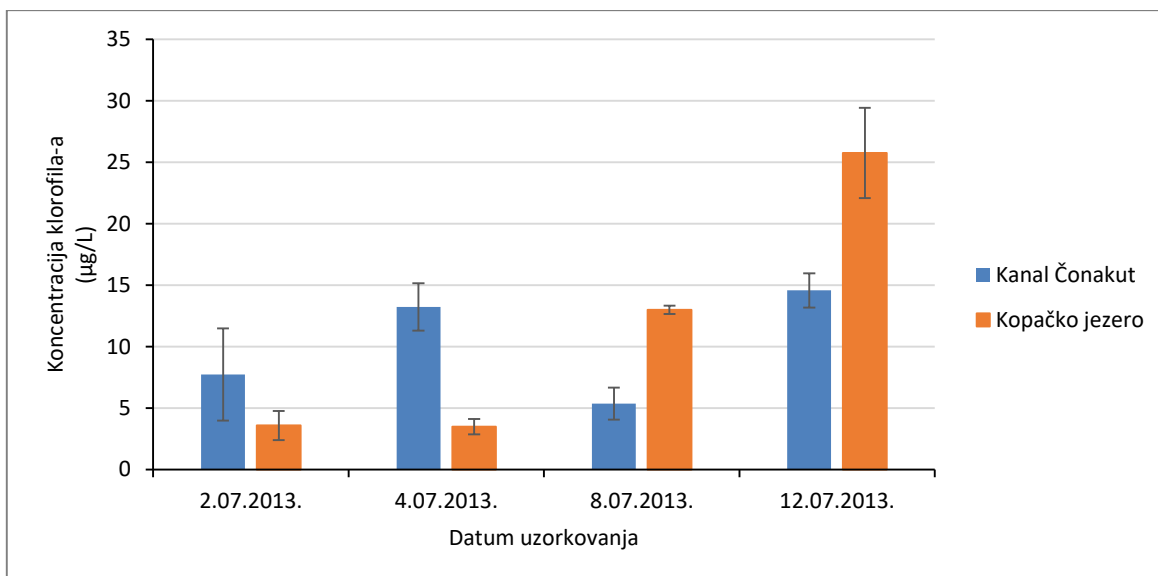
**Slika 20:** Koncentracija ukupnog fosfora na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Koncentracije ortofosfata (Slika 21) su se tijekom istraživanja neznatno mijenjale ( $0,05 \pm 0,00 - 0,06 \pm 0,01$  mg/L) u Kopačkom jezeru, dok su u kanalu Čonakut prvog i zadnjeg dana istraživanja bile vrlo visoke i iznosile su  $0,08 \pm 0,02$  mg/L. Najniže koncentracije ortofosfata u kanalu Čonakut zabilježene su 8.07.2013. godine.



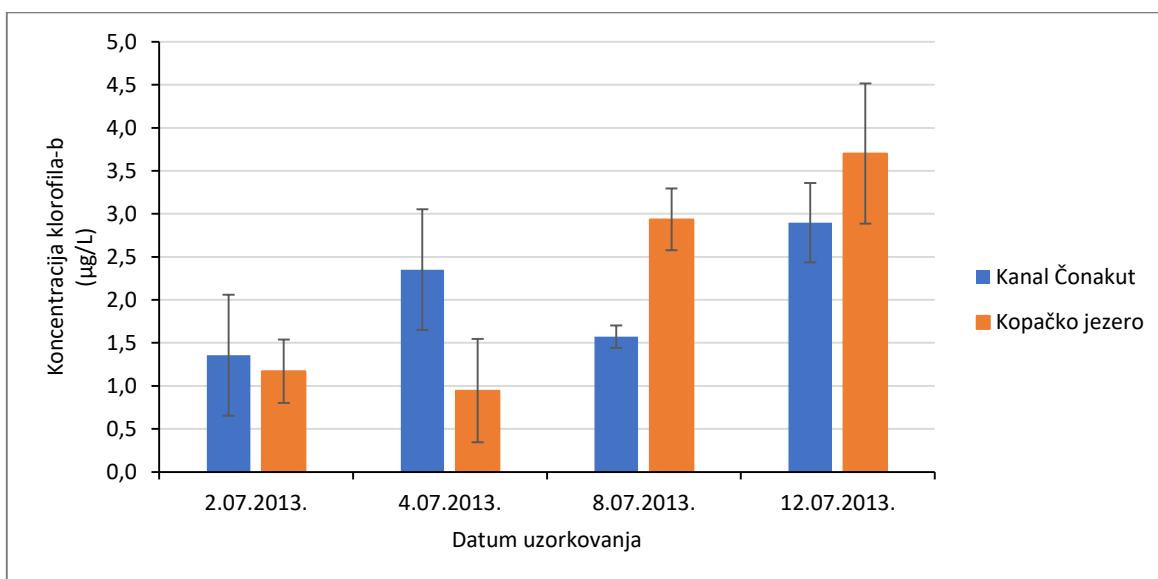
**Slika 21:** Koncentracije ortofosfata na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Koncentracije Chl-a u površinskom sloju vode (Slika 22) mijenjale su se tijekom istraživanja. Najviše koncentracije od  $25,76 \pm 3,67$   $\mu\text{g/L}$  zabilježene su u Kopačkom jezeru zadnjeg dana istraživanja, a najniže ( $3,48 \pm 0,62$   $\mu\text{g/L}$ ) na istom lokalitetu drugog dana istraživanja. Između koncentracije ukupnog fosfora i Chl-a je utvrđena pozitivna korelacija, dok je s koncentracijom amonijaka i masom makrofita utvrđena negativna korelacija (Tablica 1).



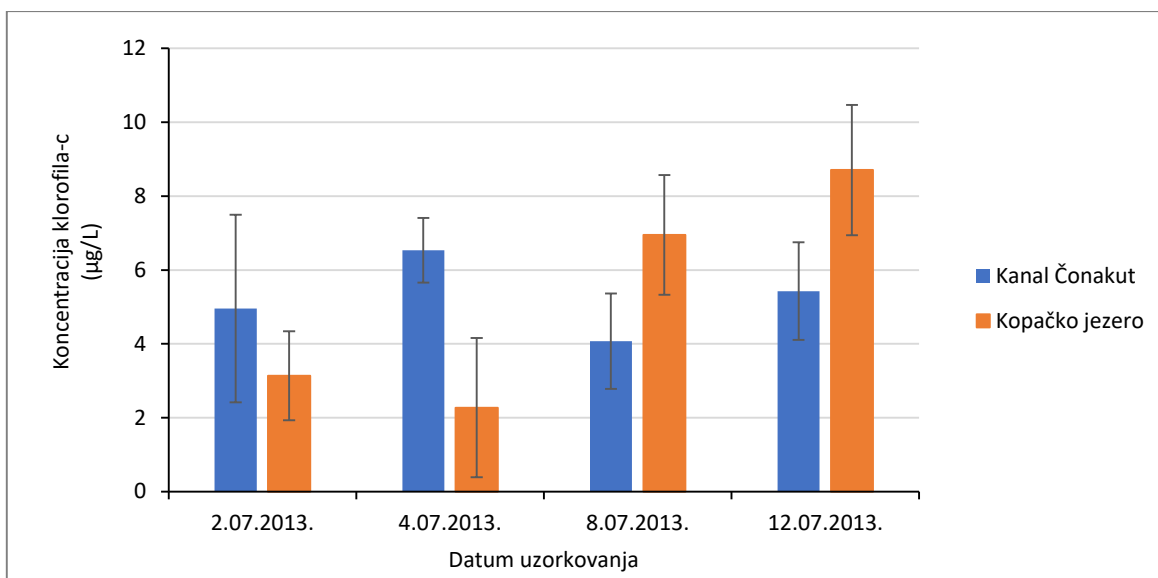
**Slika 22:** Koncentracija klorofila-a površinskog sloja vode na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Koncentracije Chl-b u površinskom sloju vode (Slika 23) varirale su na oba lokaliteta i kretale se u rasponu od  $0,95 \pm 0,60 \mu\text{g/L}$  do  $3,70 \pm 0,81 \mu\text{g/L}$ .



**Slika 23:** Koncentracija klorofila-b površinskog sloja vode na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Koncentracije Chl-c u površinskom sloju vode (Slika 24) bile su najviše zadnjeg dana istraživanja u Kopačkom jezeru ( $8,71 \pm 1,76 \mu\text{g/L}$ ), dok su najniže zabilježene na istom lokalitetu drugog dana istraživanja ( $2,27 \pm 1,89 \mu\text{g/L}$ ).

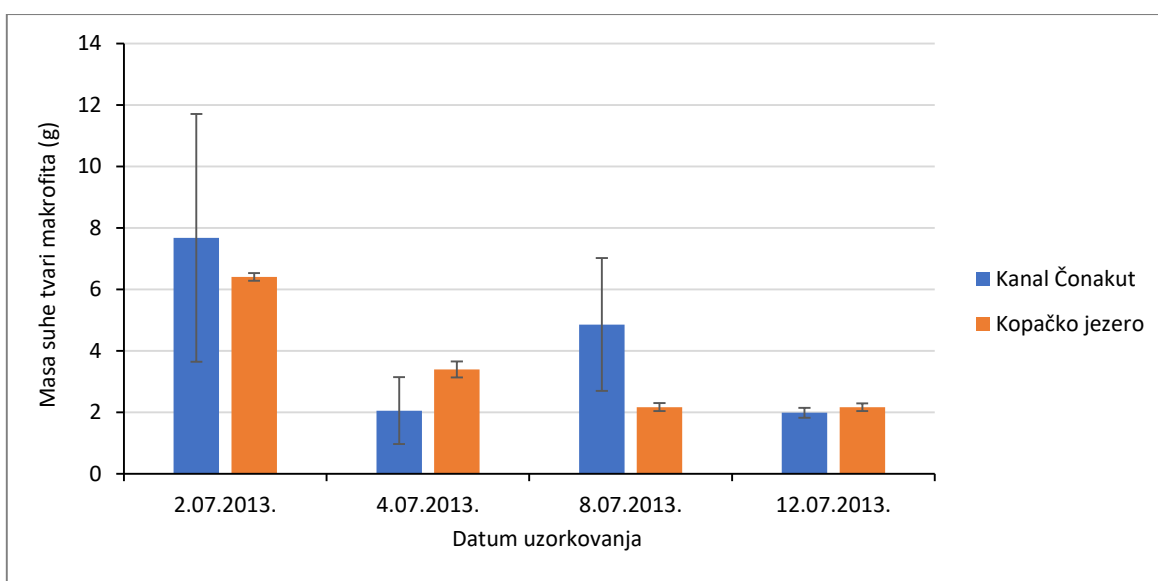


**Slika 24:** Koncentracija klorofila-c površinskog sloja vode na postajama istraživanja obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.



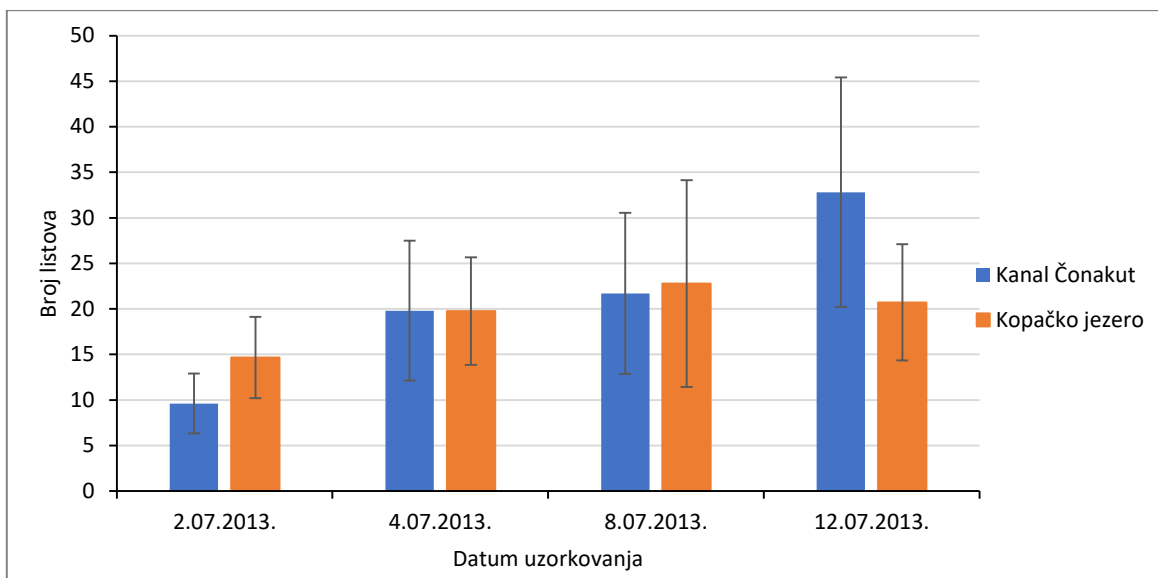
### 3.2. Promjene biomase makrofita

Masa suhe tvari makrofita na obje postaje istraživanja značajno se mijenjala (Slika 25). Najveća masa na oba lokaliteta zabilježena je prvog dana istraživanja i iznosila je  $7,67 \pm 4,03$  g u kanalu Čonakut, odnosno  $6,40 \pm 0,12$  g u Kopačkom jezeru. Zadnjeg dana istraživanja masa makrofita se značajno smanjila i bila je slična na oba lokaliteta. U kanalu Čonakut iznosila je  $1,98 \pm 0,16$  g, a u Kopačkom jezeru  $2,17 \pm 0,13$  g. Utvrđena je negativna korelacija između mase suhe tvari makrofita s temperaturom vode, koncentracijom ukupnog fosfora i koncentracijom Chl-a (Tablica 1).



**Slika 25:** Masa suhe tvari makrofita na postajama istraživanja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Broj listova paprati *Salvinia natans* (Slika 26) mijenjao se tijekom istraživanja. U kanalu Čonakut broj listova se kontinuirano povećavao od  $9,61 \pm 3,29$  lista zabilježenog prvog dana istraživanja do  $32,81 \pm 12,61$  lista zabilježenih zadnjeg dana istraživanja. U Kopačkom jezeru broj listova povećavao se do trećeg dana istraživanja ( $14,65 \pm 4,46$  do  $22,78 \pm 11,34$ ), dok je zadnjeg dana zabilježen manji broj listova ( $20,71 \pm 6,38$ ).

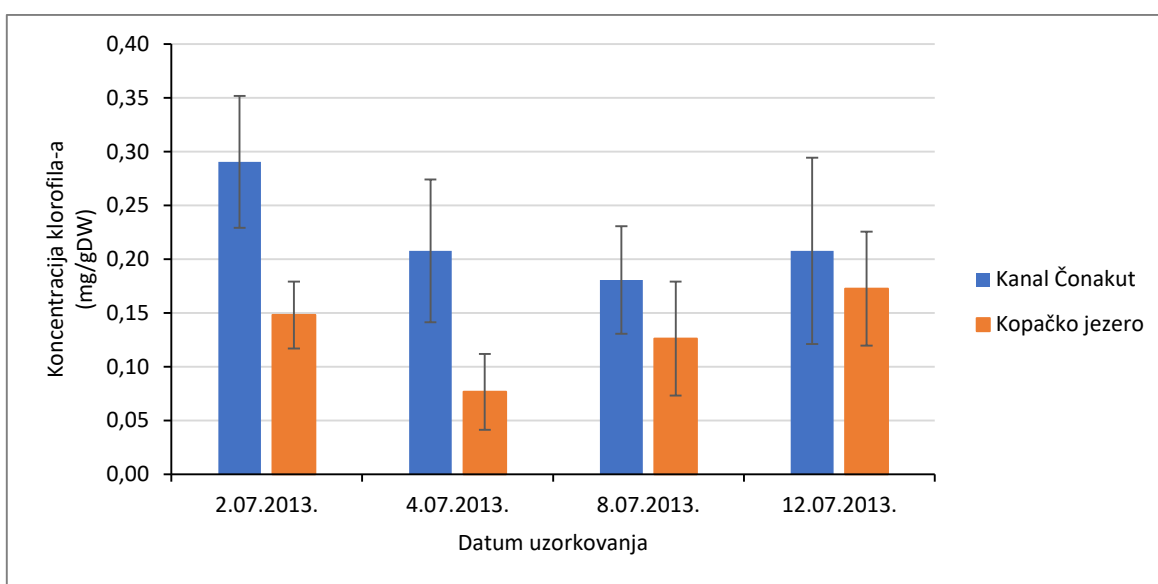


**Slika 26:** Broj listova plivajuće nepačke (*Salvinia natans*) na postajama istraživanja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

### 3.3. Koncentracija klorofila u obraštaju

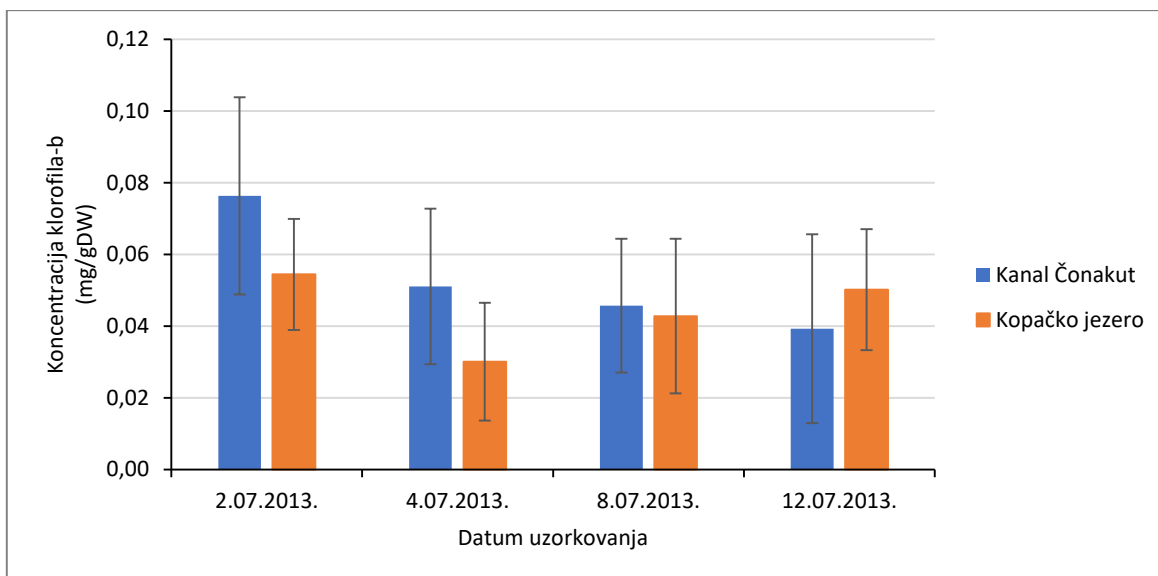
Koncentracije Chl-a, Chl-b i Chl-c u obraštaju mijenjale su se tijekom istraživanja na oba lokaliteta.

Koncentracije Chl-a u obraštaju (Slika 27) bile su tijekom cijelog istraživanja više u kanalu Čonakut u odnosu na Kopačko jezero. Najviše koncentracije u kanalu Čonakut zabilježene su prvog dana istraživanja i iznosile su  $0,29 \pm 0,06$  mg/gDW. Do kraja istraživanja koncentracije Chl-a na ovom se lokalitetu nisu značajno mijenjale ( $0,18 \pm 0,05$  mg/gDW -  $0,21 \pm 0,07$  mg/gDW). U Kopačkom jezeru koncentracije Chl-a u obraštaju varirale su od  $0,08 \pm 0,04$  mg/gDW do  $0,17 \pm 0,05$  mg/gDW.



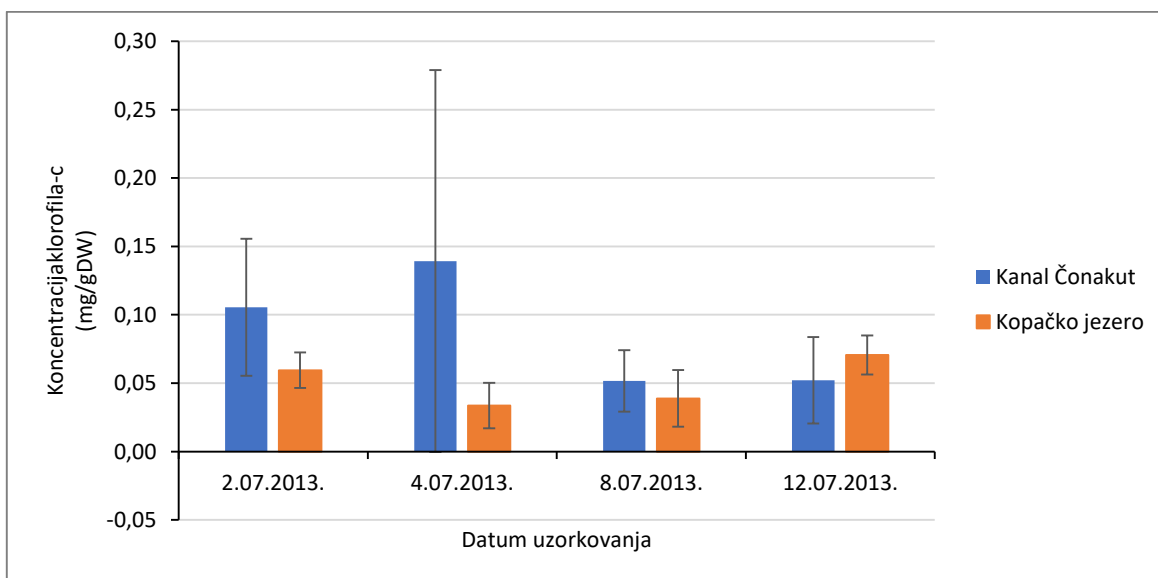
**Slika 27:** Koncentracije klorofila-a u obraštaju na postajama istraživanja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Koncentracije Chl-b u obraštaju (Slika 28) kontinuirano su se smanjivale u kanalu Čonakut od  $0,08 \pm 0,03$  mg/gDW do  $0,04 \pm 0,03$  mg/gDW. U Kopačkom jezeru koncentracije Chl-b su varirale te su najviše vrijednosti ( $0,05 \pm 0,02$  mg/gDW) zabilježene prvog i zadnjeg dana istraživanja, dok su najniže koncentracije od  $0,03 \pm 0,02$  mg/gDW zabilježene 4.07.2013. godine.



**Slika 28:** Koncentracije klorofila-b u obraštaju na postajama istraživanja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

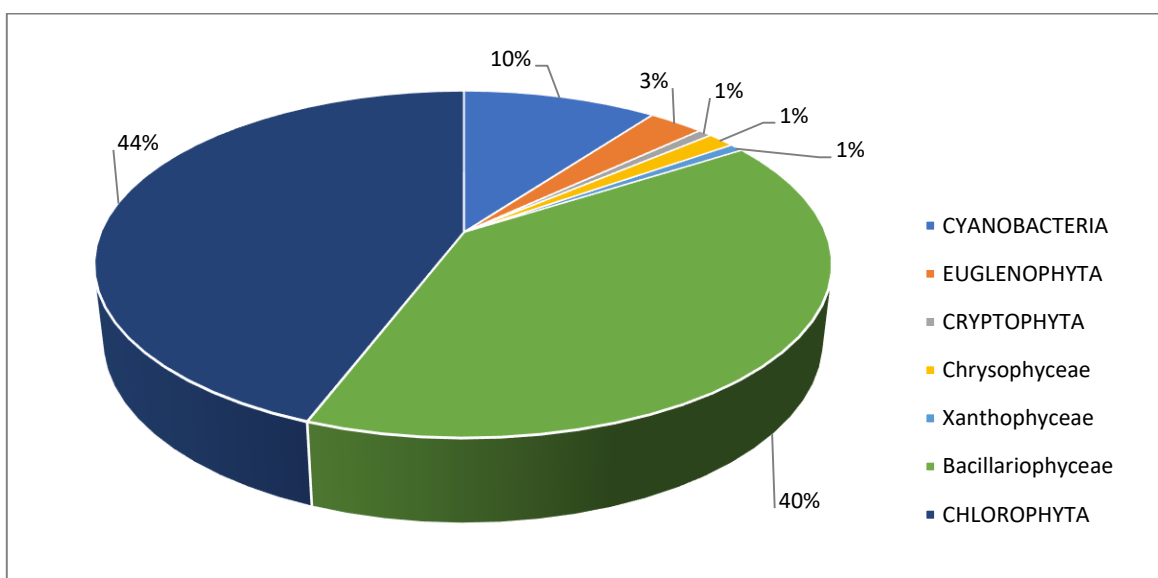
Koncentracije Chl-c u obraštaju (Slika 29) varirale su na oba lokaliteta tijekom istraživanja. Drugog dana istraživanja u kanalu Čonakut zabilježene su najviše koncentracije ( $0,14 \pm 0,14$  mg/gDW), a u Kopačkom jezeru najniže vrijednosti tijekom istraživanja ( $0,03 \pm 0,02$  mg/gDW).



**Slika 29:** Koncentracije klorofila-c u obraštaju na postajama istraživanja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

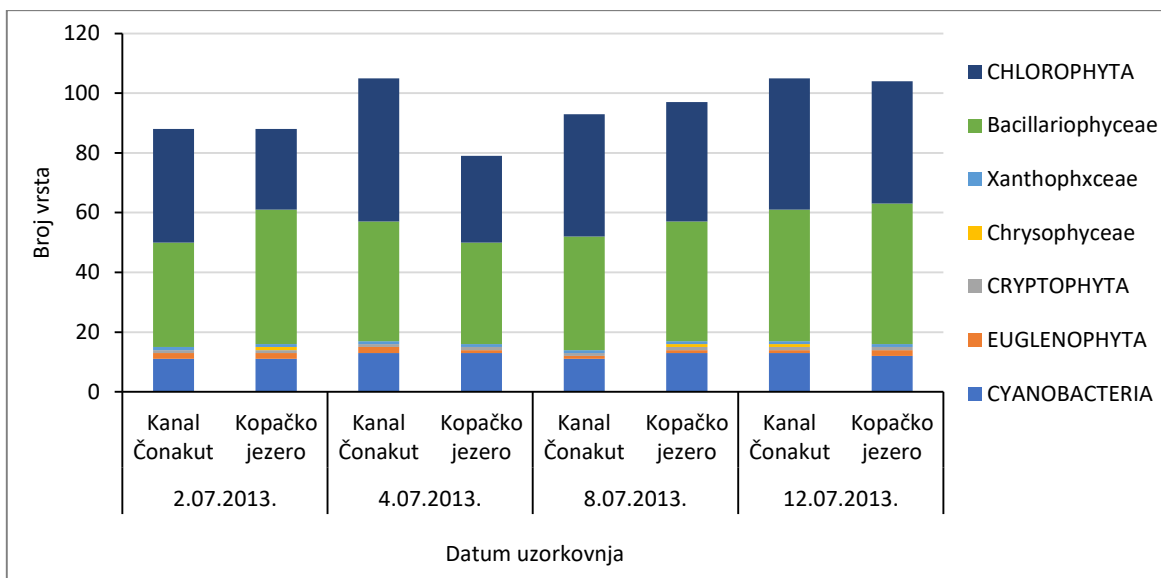
### 3.4. Kvalitativni i kvantitativni sastav mikrofita u obraštaju

Tijekom istraživanja 2013. godine, u obraštaju na plivajućoj nepački ukupno je utvrđeno 138 svojti mikrofita (Prilog 1). Najzastupljenije su bile svojte iz skupine Chlorophyta (61 svojta) koje su činile 44% ukupnog broja svojti i razreda Bacillariophyceae (55 svojti; 40% ukupnog broja svojti; Slika 30). Iz skupine Cyanobacteria utvrđeno je 14 svojti, iz skupine Euglenophyta 4 svojte, te iz razreda Chrysophyceae 2 svojte. Najmanji broj svojti pripadao je skupini Cryptophyta (1 svojta) i razredu Xanthophyceae (1 svojta). Najmanji broj svojti u obraštaju zabilježen je u Kopačkom jezeru drugog dana istraživanja (79 svojti), dok je u isto vrijeme u obraštaju u kanalu Čonakut zabilježen najveći broj svojti (105 svojti) tijekom istraživanja. Ukupno 41 svojta bila je prisutna u obraštaju na oba lokaliteta.



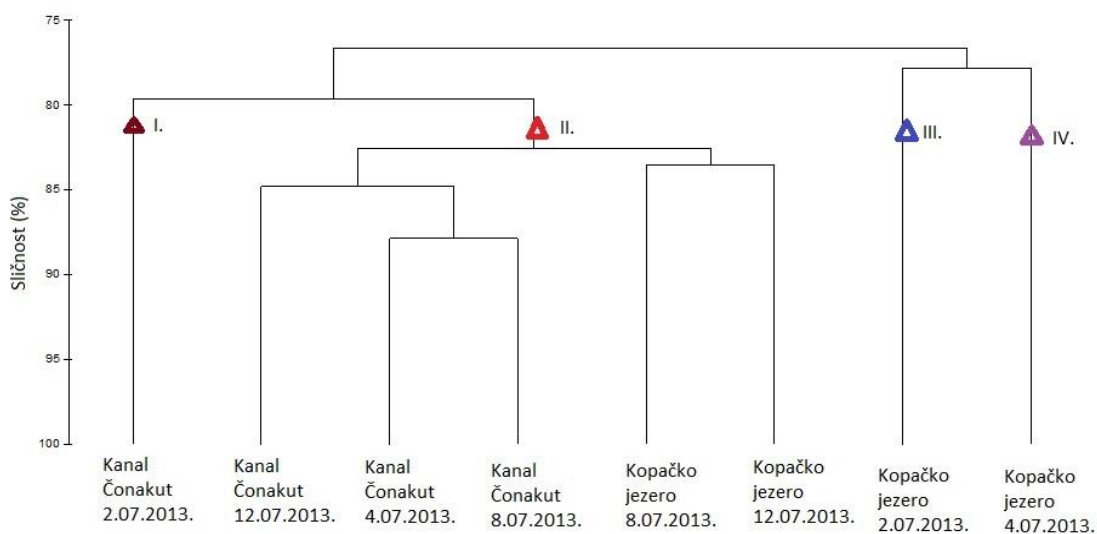
**Slika 30:** Postotna zastupljenost sistematskih kategorija mikrofita u obraštaju tijekom istraživanja na postajama u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Broj svojti mikrofita u obraštaju (Slika 31) mijenjao se tijekom istraživanja. Najmanji broj svojti mikrofita zabilježen je u obraštaju na oba lokaliteta prvog dana istraživanja (Kopačko jezero:79; kanal Čonakut:88), a najveći zadnjeg dana istraživanja (Kopačko jezero:104; kanal Čonakut:105).



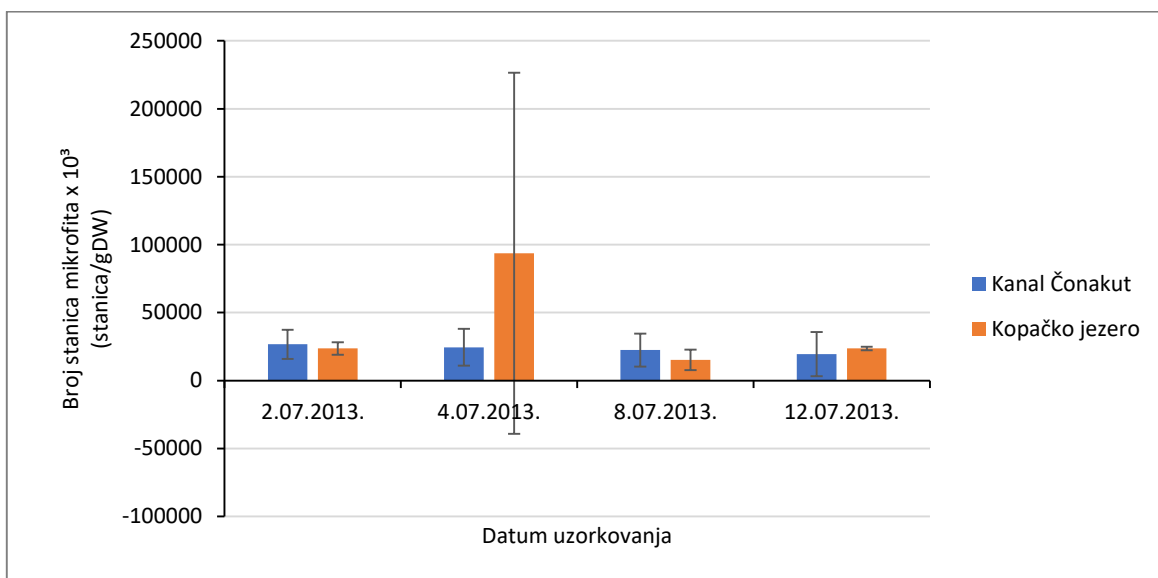
**Slika 31:** Ukupan broj mikrofitu pojedinih sistematskih kategorija u obraštaju tijekom istraživanja na postajama u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Hijerarhijskom klaster analizom (Slika 32) na temelju kvalitativnog sastava mikrofitičkih zajednica u obraštaju razvijenom na listovima plivajuće nepačke utvrđeno je grupiranje podataka u četiri grupe (Bray Curtis sličnost  $\approx 80\%$ ). Prva grupa obuhvaća mikrofite razvijene u kanalu Čonakut (2.07.2013.godine), a druga grupa u kanalu Čonakut (4.07., 8.07. i 12.07.) i Kopačkom jezeru (8.07. i 12.07.). Treća grupa podataka obuhvaća mikrofite razvijene u Kopačkom jezeru prvog dana istraživanja, a četvrta mikrofite u Kopačkom jezeru drugog dana istraživanja.



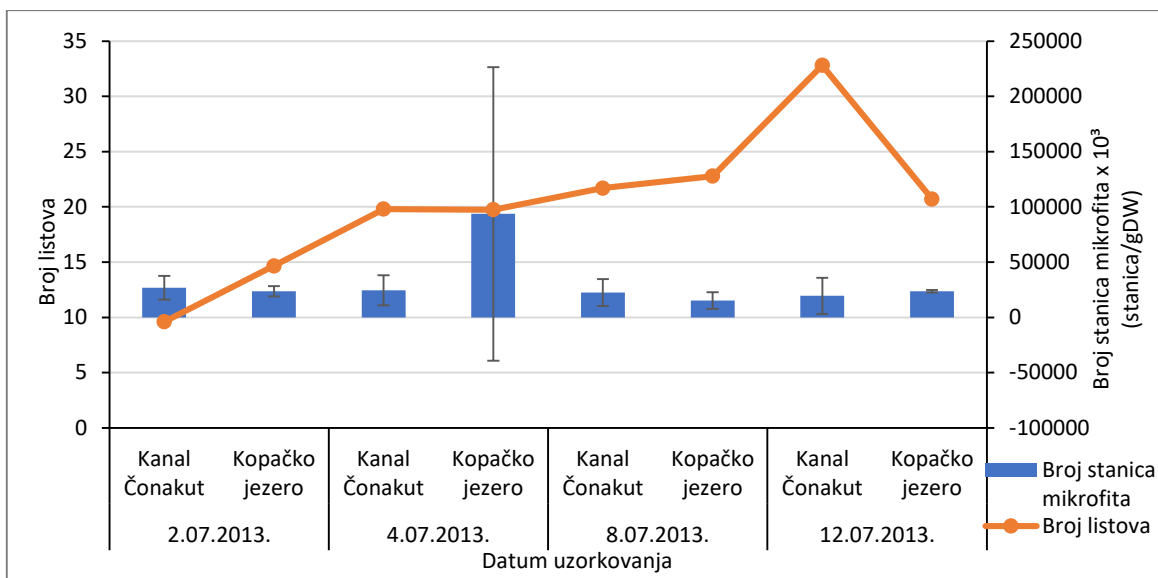
**Slika 32:** Hijerarhijski klaster dendrogram analize kvalitativnog sastava mikrofitičkih zajednica u obraštaju na postajama u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Broj stanica mikrofitu u obraštaju (Slika 33) varirao je tijekom istraživanja. Najmanji broj stanica od  $15233 \times 10^3 \pm 7643 \times 10^3$  stanica/gDW zabilježen je u Kopačkom jezeru 8.07.2013. godine, a najveći od  $93613 \times 10^3 \pm 132914 \times 10^3$  stanica/gDW na istom lokalitetu 4.07.2013. godine, odnosno drugog dana istraživanja. Statistički značajni koeficijent korelacije između broja stanica mikrofitu i fizikalno-kemijskih svojstava vode nije utvrđen (Tablica 1).



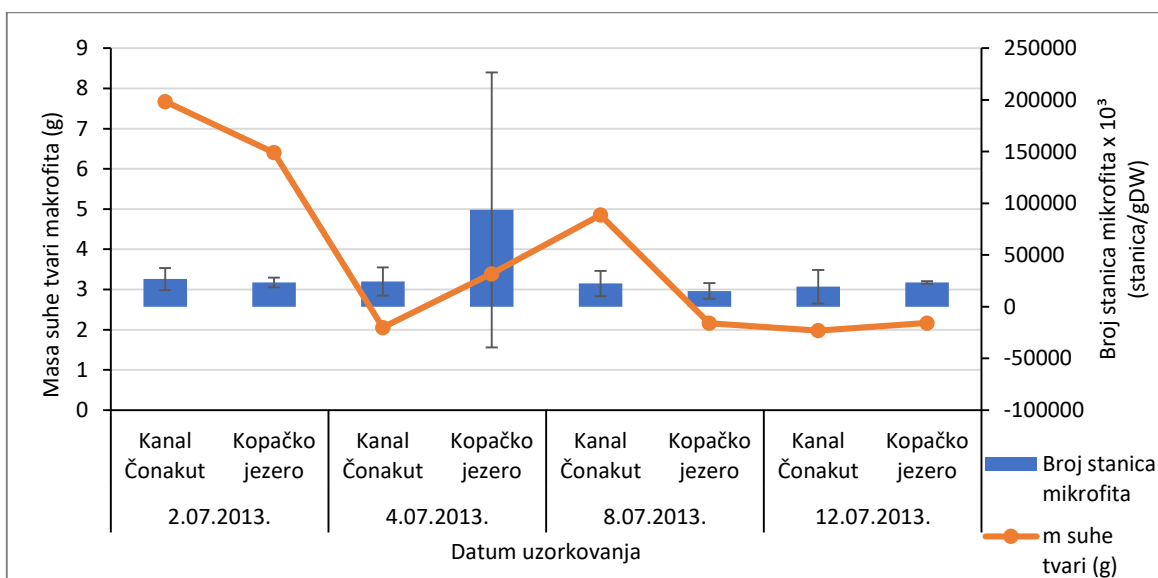
**Slika 33:** Broj stanica mikrofitu u obraštaju na postajama istraživanja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Broj stanica mikrofitu u obraštaju (Slika 34) nije se značajno mijenjao s obzirom na promjene broja listova plivajuće nepačke, dok je na sastav i broj stanica mikrofitu veći utjecaj imali fizikalno-kemijski čimbenici vode što jasno pokazuju utvrđeni koeficijenti korelacije (Tablica 1).



**Slika 34:** Promjena broja listova plivajuće napačke i ukupnog broja stanica mikrofitu u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

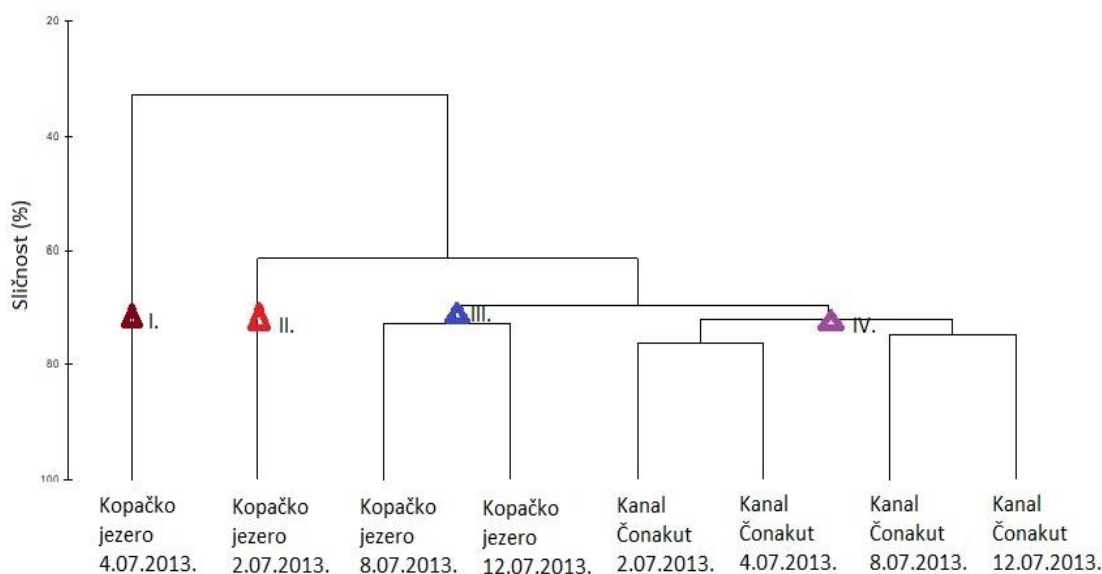
Promjena biomase tj. suhe tvari makrofita nije imala značajan utjecaj na broj stanica mikrofitu (Slika 35). Tijekom prvog dana istraživanja (2.07.2013.) masa suhe tvari je bila najveća na oba lokaliteta dok je broj stanica mikrofitu bio dosta nizak. Drugog dana istraživanja dogodi se nagli skok broja stanica mikrofitu u Kopačkom jezeru, a masa suhe tvari je bila niska, dok je zadnjeg dana istraživanja masa suhe tvari pala, a broj stanica mikrofitu je krenuo rasti. Statistički značajna korelacija nije utvrđena (Tablica 1).



**Slika 35:** Promjena biomase tj. suhe tvari makrofita i ukupnog broja stanica mikrofitu u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

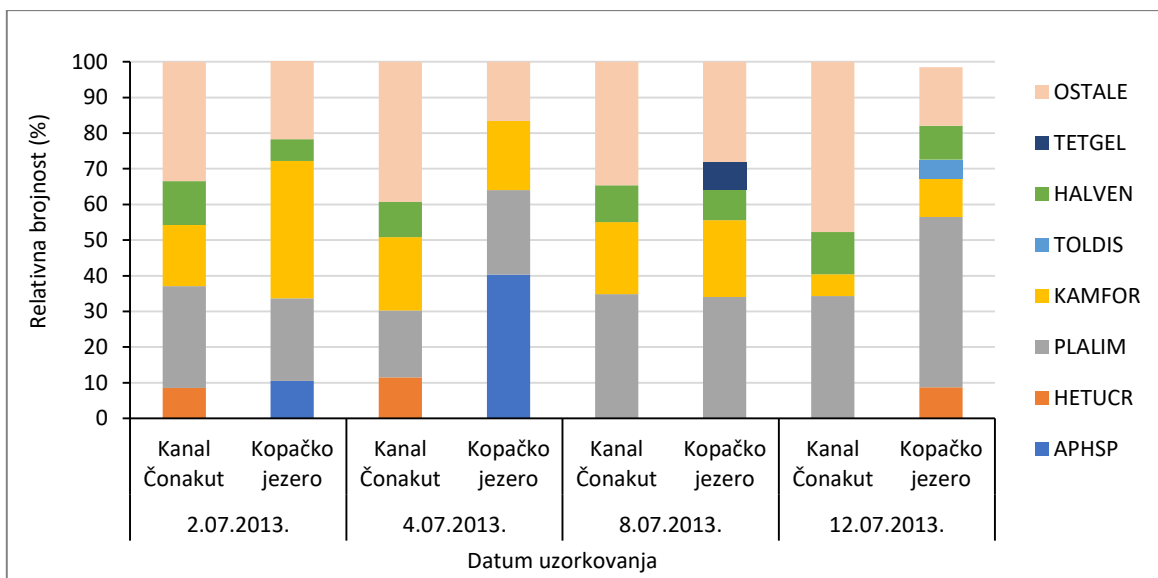


Hijerarhijskom klaster analizom (Slika 36) na temelju ukupnog broja stanica mikrofitu u obraštaju razvijenom na listovima plutajuće nepačke utvrđeno je grupiranje podataka u četiri grupe (Bray Curtis sličnost  $\approx 70$ ). Prva grupa podataka obuhvaća mikrofite razvijene u Kopačkom jezeru drugog dana istraživanja (4.07.2013. godine), a druga grupa podataka obuhvaća mikrofite u Kopačkom jezeru prvog dana istraživanja (2.07.2013. godine). Treća grupa podataka obuhvaća mikrofite razvijene u Kopačkom jezeru trećeg i četvrtog dana istraživanja (8.07. i 12.07.), dok četvrta grupa obuhvaća mikrofite u kanalu Čonakut tijekom sva četiri dana istraživanja.



**Slika 36:** Hijerarhijski klaster dendrogram analize broja stanica mikrofitu u obraštaju na postajama u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Tijekom istraživnog razdoblja obraštajne zajednice razvijene na različitim postajama razlikovale su se obzirom na dominantne vrste mikrofitu (Slika 37). Ukupno je zabilježeno sedam dominantnih svojiti mikrofitu, i to pet svojiti iz skupine Cyanobacteria (*Aphanothece* sp., *Heteroleibleinia ucrainica*, *Kamptonema formosum*, *Planktolynghya limnetica*, *Tolypothrix distorta*), jedna vrsta iz razreda Bacillariophyceae (*Halamphora veneta*), te jedna dominantna vrsta iz skupine Chlorophyta (*Tetraspora gelatinosa*). Najzastupljenije dominantne vrste su bile *K. formosum* i *P. limnetica* koje su dominirale na svim postajama tijekom istraživanja. Najveći broj vrsta (5 vrsta; *H. ucrainica*, *K. formosum*, *P. limnetica*, *T. distorta* i *H. veneta*) je zabilježen u Kopačkom jezeru 12.7.



**Slika 37:** Dominantne svojite mikrofitu u obraštaju na postajama u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine. Kodovi vrsta nalaze se u Prilogu 1.

Promjene fizikalno-kemijskih svojstava vode kanala Čonakut i Kopačkog jezera utjecale su na brojnost dominantnih jedinki što pokazuju utvrđeni koeficijenti korelacije (Tablica 2). Najveći koeficijent korelacije utvrđen je između broja jedinki vrste *P. limnetica* i ukupne koncentracije nitrata ( $\text{NO}_3$ ), dok je vrsta *T. distorta* korelirala s najviše fizikalno-kemijskih čimbenika tijekom istraživanja (WT, Cond, TP, TN i  $\text{NO}_3$ ).

**Tablica 1:** Korelacija fizikalno-kemijskih svojstava vode oba lokaliteta tijekom istraživanja (\*statistički značajne vrijednosti označene su crvenom bojom).

VARIJABLE	WD	SD	AT	WT	O <sub>2</sub>	Cond	pH	TP	Ortofosfati	TN	NH <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	(m) makrofita	broj stanica	Chla_ug/L
WD	1,0000	,4145	,3502	-,3007	,0112	,3341	-,2516	<b>-,5391</b>	,0489	-,2308	,3145	,1119	-,2976	,2159	,2717	-,4676
	p= ---	p=,124	p=,201	p=,276	p=,968	p=,224	p=,366	<b>p=,038</b>	p=,862	p=,408	p=,254	p=,691	p=,281	p=,440	p=,327	p=,079
SD	,4145	1,0000	<b>,5753</b>	-,2974	-,2030	,3661	-,2624	,0712	-,2298	<b>,5378</b>	,2497	-,1691	,2312	,0995	,4547	-,4456
	p=,124	p= ---	<b>p=,025</b>	p=,282	p=,468	p=,180	p=,345	p=,801	p=,410	<b>p=,039</b>	p=,369	p=,547	p=,407	p=,724	p=,089	p=,096
AT	,3502	<b>,5753</b>	1,0000	,0556	,1395	-,1643	,0697	,1171	-,1821	<b>,5251</b>	,2431	-,4583	,2755	-,2485	,0994	-,1152
	p=,201	<b>p=,025</b>	p= ---	p=,844	p=,620	p=,558	p=,805	p=,678	p=,516	<b>p=,044</b>	p=,383	p=,086	p=,320	p=,372	p=,725	p=,683
WT	-,3007	-,2974	,0556	1,0000	,0861	-,5059	,4370	<b>,5415</b>	-,0759	,3075	,0349	-,4481	,3581	<b>-,6241</b>	-,0535	,4956
	p=,276	p=,282	p=,844	p= ---	p=,760	p=,054	p=,103	<b>p=,037</b>	p=,788	p=,265	p=,902	p=,094	p=,190	<b>p=,013</b>	p=,850	p=,060
O <sub>2</sub>	,0112	-,2030	,1395	,0861	1,0000	<b>-,5577</b>	<b>,5905</b>	-,3507	,1849	,1736	-,1617	-,1083	<b>,5356</b>	,0894	-,3576	,1610
	p=,968	p=,468	p=,620	p=,760	p= ---	<b>p=,031</b>	<b>p=,020</b>	p=,200	p=,509	p=,536	p=,565	p=,701	<b>p=,040</b>	p=,751	p=,191	p=,566
Cond	,3341	,3661	-,1643	-,5059	<b>-,5577</b>	1,0000	<b>-,7601</b>	-,2182	,3103	-,3027	,0903	<b>,5675</b>	<b>-,5751</b>	,4146	,1862	-,4652
	p=,224	p=,180	p=,558	p=,054	<b>p=,031</b>	p= ---	<b>p=,001</b>	p=,435	p=,260	p=,273	p=,749	<b>p=,027</b>	<b>p=,025</b>	p=,124	p=,507	p=,081
pH	-,2516	-,2624	,0697	,4370	<b>,5905</b>	<b>-,7601</b>	1,0000	,0424	-,4645	,3771	,1208	<b>-,5498</b>	<b>,6203</b>	-,2600	-,1855	,0085
	p=,366	p=,345	p=,805	p=,103	<b>p=,020</b>	<b>p=,001</b>	p= ---	p=,881	p=,081	p=,166	p=,668	<b>p=,034</b>	<b>p=,014</b>	p=,349	p=,508	p=,976
TP	<b>-,5391</b>	,0712	,1171	<b>,5415</b>	-,3507	-,2182	,0424	1,0000	-,3423	<b>,5923</b>	-,1522	-,1364	,4539	<b>-,7051</b>	,2134	<b>,5704</b>
	<b>p=,038</b>	p=,801	p=,678	<b>p=,037</b>	p=,200	p=,435	p=,881	p= ---	p=,212	<b>p=,020</b>	p=,588	p=,628	p=,089	<b>p=,003</b>	p=,445	<b>p=,026</b>
Ortofosfati	,0489	-,2298	-,1821	-,0759	,1849	,3103	-,4645	-,3423	1,0000	-,4602	-,4978	,4599	-,3844	,3597	-,2113	,2515
	p=,862	p=,410	p=,516	p=,788	p=,509	p=,260	p=,081	p=,212	p= ---	p=,084	p=,059	p=,085	p=,157	p=,188	p=,450	p=,366
TN	-,2308	<b>,5378</b>	<b>,5251</b>	,3075	,1736	-,3027	,3771	<b>,5923</b>	-,4602	1,0000	,1726	-,4643	<b>,8443</b>	-,3638	,3092	,0616
	p=,408	<b>p=,039</b>	<b>p=,044</b>	p=,265	p=,536	p=,273	p=,166	<b>p=,020</b>	p=,084	p= ---	p=,538	p=,081	<b>p=,000</b>	p=,183	p=,262	p=,827
NH <sub>3</sub>	,3145	,2497	,2431	,0349	-,1617	,0903	,1208	-,1522	-,4978	,1726	1,0000	-,4382	-,0551	,2079	,2539	<b>-,5977</b>
	p=,254	p=,369	p=,383	p=,902	p=,565	p=,749	p=,668	p=,588	p=,059	p=,538	p= ---	p=,102	p=,845	p=,457	p=,361	<b>p=,019</b>
NO <sub>2</sub>	,1119	-,1691	-,4583	-,4481	-,1083	<b>,5675</b>	<b>-,5498</b>	-,1364	,4599	-,4643	-,4382	1,0000	-,3549	,2836	-,0621	,1853
	p=,691	p=,547	p=,086	p=,094	p=,701	<b>p=,027</b>	<b>p=,034</b>	p=,628	p=,085	p=,081	p=,102	p= ---	p=,194	p=,306	p=,826	p=,509
NO <sub>3</sub>	-,2976	,2312	,2755	,3581	<b>,5356</b>	<b>-,5751</b>	<b>,6203</b>	,4539	-,3844	<b>,8443</b>	-,0551	-,3549	1,0000	-,3755	,0269	,2563
	p=,281	p=,407	p=,320	p=,190	<b>p=,040</b>	<b>p=,025</b>	<b>p=,014</b>	p=,089	p=,157	<b>p=,000</b>	p=,845	p=,194	p= ---	p=,168	p=,924	p=,357
(m) makrofita	,2159	,0995	-,2485	<b>-,6241</b>	,0894	,4146	-,2600	<b>-,7051</b>	,3597	-,3638	,2079	,2836	-,3755	1,0000	,0610	<b>-,5388</b>
	p=,440	p=,724	p=,372	<b>p=,013</b>	p=,751	p=,124	p=,349	<b>p=,003</b>	p=,188	p=,183	p=,457	p=,306	p=,168	p= ---	p=,829	<b>p=,038</b>
broj stanica	,2717	,4547	,0994	-,0535	-,3576	,1862	-,1855	,2134	-,2113	,3092	,2539	-,0621	,0269	,0610	1,0000	-,1374
	p=,327	p=,089	p=,725	p=,850	p=,191	p=,507	p=,508	p=,445	p=,450	p=,262	p=,361	p=,826	p=,924	p=,829	p= ---	p=,625
Chla_ug/L	-,4676	-,4456	-,1152	,4956	,1610	-,4652	,0085	<b>,5704</b>	,2515	,0616	<b>-,5977</b>	,1853	,2563	<b>-,5388</b>	-,1374	1,0000
	p=,079	p=,096	p=,683	p=,060	p=,566	p=,081	p=,976	<b>p=,026</b>	p=,366	p=,827	<b>p=,019</b>	p=,509	p=,357	<b>p=,038</b>	p=,625	p= ---

\*LEGENDA: WD – dubina vode; SD – prozirnost vode; AT – temperatura zraka; WT – temperatura vode; O<sub>2</sub> - koncentracija kisika (mg/L); Cond – električna provodljivost ili konduktivitet; TP – koncentracija ukupnog fosfora; TN – koncentracija ukupnog dušika; NH<sub>3</sub> - koncentracija amonijaka; NO<sub>2</sub> - koncentracija nitrita; NO<sub>3</sub> - koncentracija nitrata.

**Tablica 2:** Korelacija između dominantnih vrsta i fizikalno-kemijskih svojstava vode oba lokaliteta tijekom istraživanja (\*statistički značajne vrijednosti označene su crvenom bojom).

VARIJABLE	WD	SD	AT	WT	O <sub>2</sub>	Cond	pH	TP	Ortofosfati	TN	NH <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	(m) makrofita	broj stanica	Chla fito
<i>Aphanothece sp.</i>	,2111	,4051	,0750	-,0466	-,3682	,2031	-,1771	,2054	-,1789	,2859	,2395	-,0684	-,0187	,0682	<b>,9899</b>	-,1426
	p=,450	p=,134	p=,791	p=,869	p=,177	p=,468	p=,528	p=,463	p=,524	p=,302	p=,390	p=,809	p=,947	p=,809	<b>p=,000</b>	p=,612
<i>Heteroleibleinia ucrainica</i>	,0380	,0571	,3788	,4207	,0628	-,3124	,2764	,4724	-,2617	,3477	-,0175	-,0884	,4375	-,4516	-,1492	,2757
	p=,893	p=,840	p=,164	p=,118	p=,824	p=,257	p=,319	p=,075	p=,346	p=,204	p=,951	p=,754	p=,103	p=,091	p=,596	p=,320
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	,0490	,2847	,3618	,1383	,4596	-,4624	,4009	,1846	-,3732	<b>,5295</b>	,0710	-,2753	<b>,7559</b>	-,2571	-,2562	,0946
	p=,862	p=,304	p=,185	p=,623	p=,085	p=,083	p=,139	p=,510	p=,171	<b>p=,042</b>	p=,802	p=,321	<b>p=,001</b>	p=,355	p=,357	p=,737
<i>Kamptonema formosum</i>	,4920	,2552	-,0711	<b>-,5945</b>	-,1377	,4609	<b>-,5629</b>	-,4173	,1568	-,3880	,1086	,4527	-,3237	,4860	-,1664	-,2937
	p=,062	p=,359	p=,801	<b>p=,019</b>	p=,625	p=,084	<b>p=,029</b>	p=,122	p=,577	p=,153	p=,700	p=,090	p=,239	p=,066	p=,553	p=,288
<i>Tolypothrix distorta</i>	-,2043	,0764	,5105	<b>,5715</b>	,3694	<b>-,6397</b>	,4693	<b>,5729</b>	-,2913	<b>,6720</b>	-,1343	-,3549	<b>,7444</b>	<b>-,6413</b>	-,1698	,5006
	p=,465	p=,787	p=,052	<b>p=,026</b>	p=,175	<b>p=,010</b>	p=,078	<b>p=,026</b>	p=,292	<b>p=,006</b>	p=,633	p=,194	<b>p=,001</b>	<b>p=,010</b>	p=,545	p=,057
<i>Halamphora veneta</i>	,2300	-,2413	,0028	,2841	<b>,6205</b>	-,4778	,3973	-,1316	-,0817	,0860	,0534	-,0667	,4320	-,2034	-,2906	,2102
	p=,410	p=,386	p=,992	p=,305	<b>p=,014</b>	p=,072	p=,143	p=,640	p=,772	p=,760	p=,850	p=,813	p=,108	p=,467	p=,293	p=,452
<i>Tetraspora gelatinosa</i>	,1252	,1692	,0509	-,0867	,2340	-,1076	,2906	-,3555	,0150	-,1397	-,1970	-,1537	,0022	,1037	-,1878	-,1901
	p=,657	p=,547	p=,857	p=,759	p=,401	p=,703	p=,293	p=,193	p=,958	p=,620	p=,482	p=,584	p=,994	p=,713	p=,503	p=,497

\*LEGENDA: WD – dubina vode; SD – prozirnost vode; AT – temperatura zraka; WT – temperatura vode; O<sub>2</sub> - koncentracija kisika (mg/L); Cond – električna provodljivost ili konduktivitet; TP – koncentracija ukupnog fosfora; TN – koncentracija ukupnog dušika; NH<sub>3</sub> - koncentracija amonijaka; NO<sub>2</sub> - koncentracija nitrita; NO<sub>3</sub> - koncentracija nitrata.

## 4. RASPRAVA

Istraživanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava mikrofiti razvijenih u epifitonu na slobodno plivajućoj makrofitskoj vegetaciji provedeno je u srpnju 2013. godine na dva lokaliteta, kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru. U to je vrijeme zabilježen neuobičajeno masovan razvoj vodene paprati *S. natans* u zajednici s vodenim lećama (*S. polyrhiza* i *Lemna* spp.) koje su se postupno širile i prekrivale gotovo cijelu površinu istraživanih vodenih biotopa. Ovako intenzivnom razvoju vjerojatno su pridonijele poplave i promjene ekoloških uvjeta. Poplave mijenjaju dubinu i prozirnost vode te dostupne koncentracije hranjivih tvari, što su vrlo važni čimbenici za razvoj makrofita (Lu i sur. 2018; Bando i sur. 2015;). Osim toga, u poplavnim područjima poplave mogu potaknuti njihovo širenje i rast (Žuna Pfeiffer 2012). Na početku istraživanja u srpnju 2013. godine vodostaj Dunava je bio vrlo visok (> 5 m) što je dovelo do plavljenja Kopačkog rita i pogodovalo širenju makrofitske vegetacije, dok je pri kraju istraživanja, smanjenje vodostaja Dunava pridonijelo njihovu brzom povlačenju i nestanku. Istraživani lokaliteti su se razlikovali s obzirom na praćene fizikalno-kemijske parametre, a promjene su tijekom istraživanja bile izraženije u kanalu Čonakut nego u Kopačkom jezeru vjerojatno zbog direktne povezanosti kanala s matičnom rijekom. Posebno su izražene bile niže pH vrijednosti kao i znatno niže koncentracije otopljenog kisika u kanalu u vrijeme povlačenja plutajuće vegetacije što se može povezati s intenzivnijim procesima razgradnje organske tvari.

Tijekom svog intenzivnog razvoja makrofitska vegetacija uzrokuje zasjenjenje, nedostatak kisika, sniženje pH i općenito mijenja uvjete u stupcu vode te na taj način djeluje na različite biotičke zajednice (O'Farrell i sur. 2011). U prvom dijelu istraživanja, u vrijeme masovnog razvoja plutajuće vegetacije, prozirnost vode je bila visoka, a koncentracije klorofila u vodi niske na oba istraživana lokaliteta što ukazuje na slabije razvijen fitoplankton. Međutim, s povlačenjem i odumiranjem makrofitske vegetacije povećane koncentracije klorofila u vodi ukazale su na povećan razvoj fitoplanktona. Istraživanje utjecaja masovnog razvoja plivajuće nepačke na brojnost fitoplanktona također je pokazalo da se sa smanjenjem biomase makrofita brojnost fitoplanktona povećala (Marić 2018).

Iako su se tijekom istraživanja mijenjali hidrološki i ekološki uvjeti, epifiton je na makrofitama bio razvijen. Tijekom istraživanja sastav i broj stanica mikrofiti u obraštaju nije se mijenjao ovisno o promjenama broja listova plutajuće nepačke ili biomasi plutajuće makrofitske vegetacije. Na njihov su razvoj veći utjecaj imali fizikalno-kemijski čimbenici

vode što jasno pokazuju utvrđeni koeficijenti korelacije. Nedavna istraživanja u tropskoj rijeci Parana pokazala su da se biomasa obraštajnih zajednica na različitim vodenim staništima mijenja ovisno o hidrološkom ciklusu i promjenama fizikalno-kemijskih čimbenika u uvjetima plavljenja (Biolo i Rodrigues 2013). S obzirom na sastav mikrofitu u obraštajnim zajednicama na oba lokaliteta najzastupljenije su bile zelene alge, dijatomeje i cijanobakterije. I prethodna su istraživanja pokazala da se u ljetnim mjesecima u obraštaju posebno dobro razvijaju zelene alge (Glasaitė i Šatkauskienė 2013; Žuna Pfeiffer i sur. 2013; Roberts i sur. 2003) kojima pogoduju više temperature i dobra osvjetljenost (Singh i Singh 2015). Cijanobakterije se također dobro razvijaju u ljetnim mjesecima u obraštaju (Žuna Pfeiffer 2012), dok u fitoplanktonu može doći i do njihova masovnog razvoja (Stević 2011).

Tijekom istraživanja obraštajne zajednice razvijene u kanalu i jezeru razlikovale su se obzirom na dominantne vrste mikrofitu. U kanalu Čonakut dominirale su tri vrste cijanobakterija, *P. limnetica*, *K. formosum* i *H. ucrainica* te jedna vrsta dijatomeja, *H. veneta*. Nitasta cijanobakterija *P. limnetica* se razvija na različitim biljnim vrstama i općenito pokazuje veliku tolerantnost na fizikalne disturbancije uzrokovane promjenama razine vode, visoki sadržaj suspendiranih tvari u vodi i malu prozirnost (Albay i Akçaalan 2003, 2008). *K. formosum* je zabilježena u različitim vodenim biotopima (Krivograd Klemenčić i Toman 2010) i na različitim podlogama kao što su muljeviti sediment (; Çiçek i Ertan 2016; Kivrak i Gürbüz 2005), grančice vrbe (Mihaljević i sur. 2015; Vikert 2014), te makrofitska vegetacija (Bek 2017). Utvrđena je i u epifitonu na svojti *Salvinia* spp. koja se razvija u hipereutrofnim sustavima (Santana i Ferragut 2016). Razvoju ove vrste pogoduju vodeni biotopi s visokim vrijednostima provodljivosti vode (Krivograd Klemenčić i Toman 2010). *Kamptonema* se u obraštajnim zajednicama pojavljuje obično u kasnijoj fazi razvoja. Nema posebne strukture za prihvaćanje za podlogu, a prema konceptualnom modelu matrice staništa klasificirana je kao C-S strateg što znači da je dobro prilagođena stabilnijim uvjetima staništa s dostupnim umjerenim sadržajem hranjivih tvari (Biggs i sur. 1998). Nitasta cijanobakterija *H. ucrainica* se razvija u rijekama i jezerima na različitim tipovima podloga (Koreivienė i sur. 2015; Bek 2017). Pogoduju joj tekuće vode i općenito se dobro razvija u vodama dobrog ekološkog statusa (Vitonytė i Kasperovičienė 2015). Dijatomeja *H. veneta* priliježe uz podlogu, a za nju se prihvaća pomoću velike količine polisaharidnog matriksa kojeg izlučuje (Leadbeater i Callow 1992). Razvija se na čvrstim podlogama, kao epifit na nitastim zelenim algama (Buczko 2006) te na makrofitskoj vegetaciji (Rojas i Hassan 2017).

U Kopačkom jezeru su uz navedene vrste dominantne bile i cijanobakterije *Aphanothece* sp. i *T. distorta* te zelena alga *T. gelatinosa*. *Aphanothece* su kolonijalne cijanobakterije koje se pojavljuju i u fitoplanktonu i u obraštaju na makrofitskoj vegetaciji (Moss 1981). Stanice su im obavijene želatinoznim matriksom što im omogućuje dobro prihvaćanje za podlogu (Komárek i sur. 2011). *Tolypothrix* je prema konceptualnom modelu matrice staništa klasificiran kao S strateg. Razvija filamente okružene želatinoznim matriksom kojim se priljubljuje uz podlogu i ima sposobnost fiksacije dušika što mu omogućuje razvoj i u uvjetima nedostatka hranjivih tvari (Biggs i sur. 1998). Razvija se na različitim tipovima prirodnih podloga, a uslijed intenzivnijih hidroloških promjena može postati i sastavni dio planktona (Bek 2017; Lindstrøm i sur. 2004; Simić 2002; Geitler 1932). Pogoduju mu pH vrijednosti vode oko 7 (Lindstrøm i sur. 2004). Zelena kolonijalna alga *T. gelatinosa* razvija se u obraštaju na različitim tipovima podloga u vodenim biotopima i želatinoznim se matriksom prihvaća za podlogu (Bek 2017; Krupek i sur. 2012; Branco i sur. 2005; Müller 1999).

Sve utvrđene dominantne vrste uglavnom veću brojnost postižu u kasnijim fazama razvoja obraštaja, a njihove morfološke karakteristike, posebno sposobnost izlučivanja želatinoznog matriksa omogućuju im da se prilagode različitim, često nepovoljnim stanišnim uvjetima (npr. disturbancije uzrokovane poplavama, nedostatak hranjivih tvari, niske koncentracije kisika u vodi i sl.). Prethodno istraživanje obraštaja na plivajućoj nepački također je pokazalo da se u zajednici najbolje razvijaju vrste koje priliježu uz podlogu (npr. *Cyclotella meneghiniana*) i izlučuju veće količine želatinoznog matriksa (npr. *Heteroleibleinia* spp., *Phormidium* spp.) te da na njihov razvoj najviše utječu hidrološki uvjeti i dostupnost hranjivih tvari posebno dušika i fosfora (Santana i Ferragut 2016).

## 5. ZAKLJUČCI

Visok vodostaj Dunava i velike poplave u srpnju 2013. godine pridonijele su širenju i masovnom razvoju plutajuće nepačke (*Salvinia natans*) u zajednici s vodenim lećama (*S. polyrhiza* i *Lemna sp.*), u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u poplavnom području Kopačkog rita.

Na oba istraživana lokaliteta na slobodno plutajućoj makrofitskoj vegetaciji razvile su se obraštajne zajednice karakterizirane velikom raznolikošću mikrofitu, a s obzirom na brojnost dominirale su vrste otporne na nepovoljne okolišne uvjete uzrokovane poplavama i razvojem makrofitske vegetacije.

Na razvoj dominantnih mikrofitu utjecale su promjene fizikalno-kemijskih parametara vode, posebno promjene koncentracije dostupnih hranjivih tvari.

Rezultati istraživanja ukazuju da slobodno plutajuća makrofitska vegetacija predstavlja dobru podlogu za razvoj složenih obraštajnih zajednica u dinamičnim poplavnim područjima.



## 6. LITERATURA

Albay, M., Akcaalan, R. (2008) Effects of water quality and hydrologic drivers on periphyton colonization on *Sparganium erectum* in two Turkish lakes with different mixing regimes. *Environmental Monitoring and Assessment* 146: 171-181.

Albay, M., Akcaalan, R. (2003) Comparative study of periphyton colonisation on common reed (*Phragmites australis*) and artificial substrate in a shallow lake, Manyas, Turkey. *Hydrobiologia* 506: 531-540.

Anagnostidis, K., Komárek, J. (1985) Modern approach to the classification system of cyanophytes. 1. Introduction. *Archiv fur Hydrobiologie* 71 1/2: 291-302.

APHA. (1992) Standard methods for examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington DC.

Asaeda, T., Hong Son, D. (2000) Spatial structure and populations of a periphyton community: a model and verification. *Ecological Modelling* 133: 195-207.

Azim, M. E. (2009) Photosynthetic periphyton and surfaces. U: Likens, G. E. (ur.) *Encyclopedia of Inland Waters*, Academic Press, Oxford, str.184-191.

Azim, M. E., Asaeda, T. (2005) Periphyton structure, diversity and colonization. U: Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M. (ur.) *Periphyton: Ecology, exploitation and management*. CABI Publishing, str.15-33.

Azim, M. E., Beveridge, M. C. M., van Dam, A. A., Verdegem, M. C. J. (2005) Periphyton and aquatic production: an introduction. U: Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M. (ur.) *Periphyton: ecology, exploitation and management*. CABI Publishing, str.1-13.

Bando, F. M., Michelin, T. S., Cunha, E. R., Figueiredo, B. R. S., Thomaz, S. M. (2015) Macrophyte species richness and composition are correlated with canopy openness and water depth in tropical floodplain lakes. *Brazilian Journal of Botany* 38: 289-294.

Bek, N. (2017) Struktura i dinamika mikrofitskih zajednica vodenih biotopa u različitim ekološkim uvjetima. Diplomski rad. Odjel za biologiju, Osijek.

Benčina, L., Rožac, V., Bolšec, B. (2010) Plan upravljanja Parkom prirode Kopački rit. Tikveš.

- Biggs, B. J. F., Stevenson, R. J., Lowe, R. L. (1998) A habitat matrix conceptual model for stream periphyton. *Archiv fur Hydrobiologie* 143: 21-56.
- Biolo, S., Rodrigues, L. (2013) Structure of the periphytic algae associated with a floating macrophyte in an open lake on the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Acta Scientiarum* 35: 513-519.
- Branco, C. C. Z., Branco, L. H. Z., Moura, M. O., Bertusso, F. R. (2005) The succession dynamics of a macroalgal community after a flood disturbance in a tropical stream from São Paulo State, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botanica* 28: 267-275.
- Buczko, K. (2006) Changes of attached diatoms in a big branch-system after the diversion of the Danube River. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 29: 2187-2191.
- Carrias, J. F., Serre, J. P., Ngando, T. S., Amblard, C. (2002) Distribution, size and bacterial colonization of pico- and nano-detrital organic particles (DOP) in two lakes of different trophic status. *Limnology and Oceanography* 47: 1202-1209.
- Christofolletti, R. A., Almeida, T. V., Ciotti, A. M. (2011) Environmental and grazing onfluence on spatial variability of intertidal biofilm on subtropical rocky shores. *Marine Ecology-Progress Series* 424:15.
- Çiçek, N. L., Ertan, Ö. O. (2016) Seasonal distribution and diversity of epipellic algae in Köprüçay River (Turkey, Antalya). *Acta Biologica Turcica* 29: 26-34.
- Clark, K. R., Warwick, R. M. (2001) Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. PRIMER-E, Plymouth.
- Cowling, M. J., Hodgkiess, T., Parr, A. C. S., Smith, M. J., Marrs, S. J. (2000) An alternative approach to antifouling based on analogues of natural processes. *Science of the Total Environment* 258: 129-137.
- Cronin, G., Lodge, D. M. (2003) Effects of light and nutrient availability on the growth, allocation, carbon/nitrogen balance, phenolic chemistry, and resistance to herbivory of two freshwater macrophytes. *Oecologia* 137: 32-41.
- Direktiva 2000/60/EC. (2000) Europskog parlamenta i vijeća, Izdanje I., sv. 2. Zagreb.

- Fernandes, U. L., de Oliveira, E. C. C., Lacerda, S. R. (2016) Role of Macrophyte Life Forms in Driving Periphytic Microalgal Assemblages in a Brazilian Reservoir. *Journal of Limnology* 75: 44-51.
- Flemming, H. C. (1995) Sorption site sin biofilms. *Water Science and Technology* 32: 27-33.
- Gaiser, E. (2009) Periphyton as an indicator of restoration in the Florida Everglades. *Ecological Indicators* 9: 37-45.
- Gałka, A., Szmeja, J. (2013) Phenology of the aquatic fern *Salvinia natans* (L.) All. in the Vistula Delta in the context of climate warming. *Limnologica* 43: 100-105.
- Geitler, L. (1932) Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und Schweiz. Vol. 14. Cyanophyceae. Akademisches Verlag, Leipzig, 1196 pp.
- Glasaite, R., Šatkauskienė, I. (2013) Periphyton composition and diversity in the Kaunas Lagoon and the Nemunas River. *Biologija* 59: 141-150.
- Goldsborough, L. G., McDougal, R. L., North, A. K. (2005) Periphyton in Freshwater Lakes and Wetlands. U: Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M. (ur.) Periphyton: ecology, exploitation and management. CABI Publishing, str.71-90 .
- Guiry, M. D., Guiry, G. M. (2017) AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>.
- Hindak, F. (1977-1990) Studies on the chlorococcales algae (Chlorophyceae). I-IV. VEDA. Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava.
- Hindak, F., Komarek, J., Marvan, P., Ružička, J. (1975) Kluč na určovanie vytrusnych rastlin. Slovenske pedagogicke nakladatelstvo, Bratislava.
- Hindak, F., Cyrus, Z., Marvan, P., Javornický, P., Komarek, J., Ettl, H., Rosa, K., Sladečková, A., Popovský, J., Punčocharová, M., Lhotský, O. (1978) Slatkovodne riasy. Slovenske pedagogicke nakladatelstvo, Bratislava.
- Hindak, F. (1988) Studies on the Chlorococcal Algae (Chlorophyceae) IV. VEDA Biologické Práce, Bratislava, 34:264.

- Hoagland, K. D., Roemer, S. C., Rosowski, J. R. (1982) Colonization and community structure of two periphyton assemblages, with emphasis on the diatoms (Bacillariophyceae). *American Journal of Botany* 69: 188-213.
- Huber-Pestalozzi, G. (1961-1990) *Das Phytoplankton des Susswassers. Teil 1-7. E.* Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, Germany.
- Hustedt, F. (1976) *Bacillariophyta.* Otto Koeltz Science Publishers, Koenigstein.
- Kivrak, E., Gürbüz, H. (2005) The Benthic Algal Flora of Demird.ven Dam Reservoir (Erzurum, Turkey). *Turkish Journal of Botany* 29: 1-10.
- Komárek, J., Anagnostidis, K. (1989) Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4. Nostocales. *Algological Studies* 56: 247-345.
- Komárek, J. (1973) The communities of algae of Opatovický Fishpond (South Bohemia). U: Heiny, S. (ur.) *Ecosystem on Wetland Biome in Czechoslovakia.* Czechoslovak National Committee for the Internatioanl Biological Programme, Report No. 3, Czechoslovak Academy of Sciences, Trebon, str. 179-184.
- Komárek, J., Kaštovský, J., Jezberová, J. (2011) Phylogenetic and taxonomic delimitation of the cyanobacterial genus *Aphanothece* and description of *Anathece gen. nov.* *European Journal of Phycology* 46: 315-326.
- Koreivienė, J., Kasperovičienė, J., Karosienė, J. (2015) Cyanobacteria diversity in Kamanos raised bog (north-west Lithuania). *Botanica Lithuanica* 21: 139-149.
- Krivograd Klemenčič, A., Toman, M. J. (2010) Influence of environmental variables on benthic algal associations from selected extreme environments in Slovenia in relation to the species identification. *Periodicum biologorum* 112: 179-191.
- Krupek, R. A., Branco, C. C. Z., Peres, C. K. (2012) Spatial variations at different observational scales and the seasonal distributions of stream macroalgae in a Brazilian subtropical region. *Brazilian Journal of Botany* 35: 249-257.
- Leadbeater, B. S. C., Callow, M.E. (1992) Formation, composition and physiology. *Algal Biofilms.* U: Melo, L. F., Bott, T. R., Fletcher, M., Capdeville, B.(ur.) *Biofilms- science and tehnology.* NATO ASI Series, Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on *Biofilms-Science and Technology,* Alvor, Portugal, str.149-162 .

- Lindstrøm, E. A., Johansen, S. W., Saloranta, T. (2004) Periphyton in running waters – long-term studies of natural variation. *Hydrobiologia* 521: 63-86.
- Lu, J., Bunn, S. E., Burford, M. A. (2018) Nutrient release and uptake by littoral macrophytes during water level fluctuations. *Science of the Total Environment* 622-623: 29-40.
- Marić, I. (2018) Utjecaj masovnog razvoja plivajuće nepačke (*Salvinia natans* (L.) All.) na sastav i brojnost fitoplanktona u poplavnom području Kopačkog rita. Diplomski rad. Odjel za biologiju, Osijek.
- Mihaljević, M., Getz, D., Tadić, Z., Živanović, B., Gucunski, D., Topić, J., Kalinović, I., Mikuška, J. (1999) Kopački rit – pregled istraživanja i bibliografija. HAZU, Zavod za znanstveni rad Osijek, Zagreb-Osijek.
- Mihaljević, M., Špoljarić, D., Stević, F., Cvijanović, V., Hackenberger Kutuzović, B. (2010) The influence of extreme floods from the River Danube in 2006 on phytoplankton communities in a floodplain lake: Shift to a clear state. *Limnologica* 40: 260-268.
- Mihaljević, M., Žuna Pfeiffer, T. (2012) Colonization of periphyton algae in a temperate floodplain lake under a fluctuating spring hydrological regime. *Fundamental and Applied Limnology* 180: 13-25.
- Mihaljević, M., Žuna Pfeiffer, T., Vidaković, J., Špoljarić, D., Stević, F. (2015) The importance of microphytic composition on coarse woody debris for nematode colonization: a case study in a fluvial floodplain environment. *Biodiversity and Conservation* 24: 1711–1727.
- Moss, B. (1981) The composition and ecology of periphyton communities in freshwaters. II. Inter-relationships between water chemistry, phytoplankton populations and periphyton populations in a shallow lake and associated experimental reservoirs ('Lund tubes'). *British Phycological Journal* 16: 59-76.
- Müller, U. (1999) The vertical zonation of adpressed diatoms and other epiphytic algae on *Phragmites australis*. *European Journal of Phycology* 34: 487-496.
- Nikolić, T. (2015) Flora Croatica Database. <http://hirc.botanic.hr/fcd>; Prirodoslovni-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu (25.5.2018.).
- Nikolić, T. (2013) Sistematska botanika - raznolikost i evolucija biljnog svijeta. Alfa d.d., Zagreb.

- O'Farrell, I., Izaguirre, I., Chaparro, G., Unrein, F., Sinistro, R., Pizarro, H., Rodríguez, P., de Tezanos Pinto, P., Lombardo, R., Tell, G. (2011) Water level as the main driver of the alternation between a free-floating plant and a phytoplankton dominated state: a long-term study in a floodplain lake. *Aquatic Sciences* 73: 275-287.
- Palmik, K. (2017) Effects of natural and anthropogenic pressures and disturbances on the macrophytes of lake Peipsi. Eesti Maaülikool, Estonian University of Life Sciences, Tartu.
- Pascher, A. (1976) Die Süßwasser-flora Mitteleuropas. Heft 10. Bacillariophyta (Diatomeae). JENA.
- Petz, B. (2002) Osnovne statističke metode za nematematičare. Naklada Slap.
- Pip, E., Robinson, G. G. C. (1984) A comparison of algal periphyton composition on eleven species of submerged macrophytes. *Hydrobiological Bulletin* 18: 109-118.
- Roberts, E., Kroker, J., Körner, S., Nicklisch, A. (2003) The role of periphyton during the re-colonization of a shallow lake with submerged macrophytes. *Hydrobiologia* 506-509: 525-530.
- Rojas, L. A., Hassan, G. S. (2017) Distribution of epiphytic diatoms on five macrophytes from a Pampean shallow lake: host-specificity and implications for paleoenvironmental reconstructions. *Diatom Research* 32: 263-275.
- Sand-Jensen, K., Borum, J. (1991) Interactions among phytoplankton, periphyton, and macrophytes in temperate freshwaters and estuaries. *Aquatic Botany* 41: 137-175.
- Santana, L. M., Ferragut, C. (2016) Structural changes of the phytoplankton and epiphyton in an urban hypereutrophic reservoir. *Acta Limnologica Brasiliensia* 28: 29.
- Sekar, R., Venugopalan, V. P., Nandakumar, K., Nair, K. V. K., Rao, V. N. R. (2004) Early stages of biofilm succession in a lentic freshwater environment. *Hydrobiologia* 512: 97-108.
- Simić, S. (2002) Distribution of blue-green algae (Cyanophyta) in streams of Mt. Stara planina (Serbia). *Archives of Biological Sciences* 54: 141-148.
- Singh, S. P., Singh, P. (2015) Effect of temperature and light on the growth of algae species: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 50: 431-444.

Sipaúba-Tavares, L. H., Dias, S. G. (2014) Water quality and communities associated with macrophytes in a shallow water-supply reservoir on an aquaculture farm. *Brazilian Journal of Biology* 74: 420-428.

Sládečková, A. (1962) Limnological investigation methods for the periphyton ("Aufwuchs") community. *The Botanical Review* 28: 286-350.

Stević, F. (2011) Složenost utjecaja poplava na strukturu i dinamiku fitoplanktona poplavnog područja. Disertacija. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i Institut Ruđer Bošković, Zagreb. Sveučilišni poslijediplomski interdisciplonarni doktorski studij Zaštita prirode i okoliša.

Stilinović, B., Plenković-Moraj, A. (1995) Bacterial and phytoplanktonic research of Ponikve artificial lake on the island of Krk. *Periodicum biologorum* 97: 351-358.

Strayer, D. L., Beighley, R. E., Thompson, L. C., Brooks, S., Nilsson, C., Pinay, G., Naiman, R. J. (2003) Effects of land cover on stream ecosystems: roles of empirical models and scaling issues. *Ecosystems* 6: 407-423.

Strickland, J. D. H., Parsons, T. R. (1972) A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Bulletin 167: 1-310.

Szabó, K., Kiss, K. T., Taba, G., Ács, E. (2005) Epiphytic diatoms of the Tisza River, Kiskore Reservoir and some oxbows of the Tisza River after the cyanide and heavy metal pollution in 2000. *Acta Botanica Croatica* 64: 1-46.

Szlauer-Łukaszewska, A. (2007) Succession of periphyton developing on artificial substrate immersed in polysaprobic wastewater reservoir. *Polish Journal of Environmental Studies* 5: 753-762.

Thomaz, S. M., Carvalho, P., Padial, A. A., Kobayashi, J. T. (2009) Temporal and spatial patterns of aquatic macrophyte diversity in the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology* 69: 617-625.

Topić, J., Vukelić, J. (2009) Priručnik za određivanje kopnenih staništa u Hrvatskoj prema Direktivi o staništima u EU. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

UNESCO. (1966) Determination of phytoplankton pigments in sea water. Report of SCOR-UNESCO Working Group 17. *Monographs on Oceanographic Methodology* 1:69.

Van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M., Azim, M. E., Verdegem, M. C. J. (2002) The potential of fish production based on periphyton. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12: 1-31.

Vermaat, J. E. (2005) Periphyton dynamics and influencing factors. U: Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M. (ur.) *Periphyton: ecology, exploitation and management*. CABI Publishing, str. 35-49.

Vetri Selvi, A., Gandhi, A. (2013) Studies on Epiphytic Microalgae in Two Freshwater Lakes of Central Tamil Nadu. *International Journal of Science and Research* 4: 2319-7064.

Vidaković, J., Bogut, I. (2007) Periphyton nematode assemblages in association with *Myriophyllum spicatum* L. in Lake Sakadaš, Croatia. *Russian Journal of Nematology* 15: 79-88.

Vikert, T. (2014) Utjecaj sezonskih čimbenika na razvoj zajednica alga epiksilonu u poplavnom području Dunava. Diplomski rad. Odjel za biologiju, Osijek.

Vitonytė, I., Kasperovičienė, J. (2015) Phytobenthos cyanobacteria species new to Lithuanian rivers. *Botanica Lithuanica* 21: 99-118.

Wu, Y. (2017) *Periphyton: Function and Application in Environmental Remediation*. Elsevier.

Žuna Pfeiffer, T. (2012) Naseljavanje i razvoj alga u obraštajnim zajednicama poplavnog područja Dunava. Doktorski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Institut Ruđer Bošković, Zagreb. Poslijediplomski sveučilišni interdisciplinarni (doktorski) studij Zaštita prirode i okoliša. Osijek.

Žuna Pfeiffer, T., Mihaljević, M., Stević, F., Špoljarić, D. (2013) Periphytic algae colonization driven by variable environmental components in a temperate floodplain lake. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* 49: 179-190.

Web izvori:

1. Important Bird Areas and potential Ramsar Sites in Europe  
[http://www.birdlife.org/sites/default/files/attachments/ibas\\_ramsar\\_europe\\_0\\_0.pdf](http://www.birdlife.org/sites/default/files/attachments/ibas_ramsar_europe_0_0.pdf)  
(20.04.2018.)
2. Hrvatska turistička zajednica: Park prirode Kopački rit



<https://croatia.hr/hr-HR/doziviljaji/priroda/park-priode-kopacki-rit> (20.04.2018.)

## 7. PRILOG

**Prilog 1.** Popis vrsta alga utvrđenih kvalitativnom analizom obraštaja u kanalu Čonakut i Kopačkom jezeru u srpnju 2013. godine.

Vrsta	Kod	Kanal Čonakut				Kopačko jezero			
		2.7.	4.7.	8.7.	12.7.	2.7.	4.7.	8.7.	12.7.
<b>CYANOBACTERIA</b>									
<i>Aphanothece</i> sp.	APHSP	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	CHRMIN	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli	CHRTUR	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Gomphosphaeria aponina</i> (Kützing)	GOMAPO		*		*		*		
<i>Heteroleibleinia ucrainica</i> (Schirshoff) Anagnostidis & Komárek	HETUCR	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Kamptonema formosum</i> (Bory ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda	KAMFOR	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Lyngbya</i> sp.	LYNSP	*	*	*	*	*		*	*
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenberg) Kützing	MERGLA	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Phormidesmis molle</i> (Gomont) Turicchia, Ventura, Komárková & Komárek	PHOMOL	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Planktolynbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg	PLALIM	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek	PSELIM	*	*		*		*	*	*
<i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek & Hindák	SNOLAC		*	*	*	*	*	*	*
<i>Synechococcus</i> sp.	SYNSP						*	*	*
<i>Tolypothrix distorta</i> Kützing ex Bornet & Flahault	TOLDIS	*	*	*	*	*	*	*	*
<b>EUGLENOPHYTA</b>									
<i>Colacium cyclopicola</i> (J. Gicklohorn) Woronichin & Popova	COLCYC		*	*	*	*		*	*
<i>Euglena variabilis</i> G.A.Klebs	EUGVAR								*
<i>Phacus pusillus</i> Lemmermann	PHAPUS	*							
<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	TRAVOL	*	*			*	*		

<b>CRYPTOPHYTA</b>									
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg	CRYERO	*	*	*	*	*	*	*	*
<b>CHRYSOPHYTA</b>									
<b>razred: Chrysophyceae</b>									
<i>Chrysococcus rufescens</i> Klebs	CHRRUF					*			
<i>Dinobryon divergens</i> O.E.Imhof	DINDIV							*	
<b>razred: Xanthophyceae</b>									
<i>Characiopsis borziana</i> Lemmermann	CHABOR	*	*	*	*	*	*	*	*
<b>razred: Bacillariophyceae</b>									
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	ACHMIN	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Amphora ovalis</i> Kützing	AMPOVA	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Asterionella formosa</i> Hassall	ASTFOR							*	
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	AULGRA	*	*	*	*	*		*	*
<i>Caloneis ventricosa</i> F.Meister	CALVEN	*				*	*		*
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	COCPLA	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	CYCMEN	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	CYMTUM	*	*	*	*	*			*
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) O.Kirchner	CYMCIS				*	*	*		
<i>Cymbella ventricosa</i> Kützing	CYMVEN	*	*	*	*	*	*		*
<i>Encyonema leibleinii</i> (C.Agardh) W.J.Silva, R.Jahn, T.A.Veiga Ludwig & M.Menezes	ENCLEI		*	*	*	*	*		*
<i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg	EUNPRA		*				*		*
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt	EUNBIL	*	*	*	*	*		*	*
<i>Fragilaria acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	FRAACU	*	*	*	*	*	*	*	*

<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	FRACAP	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	FRACRO		*	*	*	*	*	*	*
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	GOMACU	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	GOMAUG	*			*	*		*	
<i>Gomphonema subclavatum</i> (Grunow) Grunow	GOMSUB	*	*	*	*	*			*
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	GOMOLI	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	GOMPAR	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	GOMTRU	*	*	*	*	*		*	*
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	GYRACU					*		*	*
<i>Halamphora veneta</i> (Kützing) Levkov	HALVEN	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	HANAMP	*	*	*		*	*	*	*
<i>Lemnicola hungarica</i> (Grunow) Round & Basson	LEMHUN	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Melosira varians</i> C.Agardh	MELVAR	*	*	*	*		*	*	*
<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs	NAVCIN								*
<i>Navicula gracilis</i> Lauby	NAVGRA			*	*	*	*	*	*
<i>Navicula placentula</i> (Ehrenberg) Kützing	NAVPLA		*		*	*			
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	NAVRAD	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Navicula capitata</i> Fritsch & Rich	NAVCAP				*			*	*
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	NAVCRY	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	NAVLAN	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	NAV VIR								*
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith	NITACI	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	NITAMP	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow	NITFRU	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Nitzschia holsatica</i> Hustedt	NITHOL		*	*	*			*	*
<i>Nitzschia hungarica</i> Grunow	NITHUN		*	*		*	*	*	*
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	NITPAL	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst	NITREC	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W.Smith	NITSIG		*	*	*	*	*	*	
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	PINGIB	*		*	*	*	*	*	*

<i>Pinnularia subcapitata</i> W.Gregory	PINSUB	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Placoneis elginensis</i> (W.Gregory) E.J.Cox	PLAELG					*	*	*	
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	PLALAN	*			*	*	*	*	*
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Otto Müller	RHOGIB						*	*	
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	STACON	*	*			*	*	*	*
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow	STEHAN	*	*	*	*	*	*		*
<i>Stephanodiscus rotula</i> (Kützing) Hendey	STEROT				*	*			
<i>Surirella comta</i> Ehrenberg	SURCOM					*	*	*	*
<i>Surirella librile</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	SURLIB		*		*				*
<i>Ulnaria capitata</i> (Ehrenberg) Compère	ULNCAP		*		*	*			
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	ULNULN	*	*	*	*	*	*	*	*
<b>CHLOROPHYTA</b>									
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	ANKFAL	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Apanochaete repens</i> A. Braun	APAREP		*	*	*			*	
<i>Apiocystis brauniana</i> Nägeli	APIBRA	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Asterococcus superbus</i> (Cienkowski) Scherffel	ASTSUP	*	*	*		*	*		
<i>Bulbochaete</i> sp.	BULSP	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Chaetophora pisiformis</i> (Roth) C.Agardh	CHAPIS	*	*	*			*	*	*
<i>Characiopsis naegelii</i> (A.Braun) Lemmermann	CHANAЕ	*	*	*	*			*	*
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> P.A.Dangard	CHLREI		*	*	*	*	*	*	*
<i>Chlorallantus oblongus</i> Pascher	CHLOBL	*				*			
<i>Cladophora</i> sp.	CLASP	*	*	*	*	*		*	*
<i>Closterium gracile</i> Brébisson ex Ralfs	CLOGRA	*	*	*	*		*	*	*
<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs	CLOMON	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	COEMIC	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Coleochaete divergens</i> Pringsheim	COLDIV		*	*	*		*	*	*
<i>Cosmarium botrytis</i> Meneghini ex Ralfs	COSBOT	*	*	*	*			*	*
<i>Cosmarium granatum</i> Brébisson ex Ralfs	COSGRA		*	*	*			*	*

<i>Cosmarium impressulum</i> Elfving	COSIMP	*	*	*			*	*
<i>Cosmarium meneghini</i> Brébisson ex Ralfs	COSMEN	*	*					
<i>Cosmarium trilobulatum f. retusum</i> Gutwinski	COSTRI		*		*			
<i>Cosmarium laeve</i> Rabenhorst	COSLAE		*	*	*	*	*	*
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze	CRUTET		*				*	*
<i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchner) E.Hegewald	DESABU	*	*			*	*	*
<i>Desmodesmus dispar</i> (Brébisson) E.Hegewald	DESDIS	*	*	*	*	*		
<i>Desmodesmus opoliensis</i> (P.G.Richter) E.Hegewald	DESOPO	*	*	*	*		*	*
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	EUDELE	*	*		*	*	*	*
<i>Gonium pectorale</i> O.F.Müller	GONPEC	*	*		*	*	*	*
<i>Koliella longiseta</i> (Vischer) Hindák	KOLLON		*	*	*		*	*
<i>Lagerheimia longiseta</i> (Lemmermann) Printz	LAGLON			*			*	
<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda	MONSIM						*	
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	MONCON	*	*	*	*	*	*	*
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	MONGRI	*	*	*	*	*	*	*
<i>Mougeotia</i> sp.	MOUSP					*	*	*
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C.Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz	MUCPUL		*		*			*
<i>Nephrochlamys willeana</i> (Printz) Korshikov	NEPWIL					*		
<i>Oedogonium</i> sp.	OEDSP	*	*	*	*	*	*	*
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat	OOCLAC	*	*	*	*	*	*	*
<i>Oocystis marssonii</i> Lemmermann	OOCMAR	*	*	*		*	*	*
<i>Pandorina morum</i> (O.F.Müller) Bory	PANMOR	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	PEDDUP							*
<i>Phacotus lenticularis</i> (Ehrenberg) Deising	PHALEN	*	*	*	*	*	*	*
<i>Planctonema lauterbornii</i> Schmidle	PLALAU	*						
<i>Pleurococcus vulgaris</i> Meneghini	PLEVUL			*	*	*	*	*
<i>Pseudendoclonium basiliense</i> Vischer	PSEBAS	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pseudodidymocystis planctonica</i> (Korshikov) E.Hegewald & Deason	PSEPLA		*					
<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E.Hegewald	PSEBOR	*		*			*	
<i>Pseudotetraedron neglectum</i> Pascher	PSENEG							*

<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenberg) Chodat	SCEECO	*	*	*	*	*	*	*
<i>Scenedesmus longispina</i> var. <i>assimetrycus</i> Chodat	SCELON		*					
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson	SCEQUA	*	*	*	*	*	*	*
<i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann	SCHSET		*	*	*	*	*	*
<i>Sphaerello cystis ampla</i> (Kützing) Nováková	SPHAMP	*	*	*	*	*	*	*
<i>Spirogyra</i> sp.	SPISP				*			*
<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs ex Ralfs	STAGRA							*
<i>Stephanoon wallichii</i> (W.B.Turner) Wille	STEWAL		*	*		*		
<i>Stigeoclonium tenue</i> (C.Agardh) Kützing	STITEN					*		
<i>Tetradesmus obliquus</i> (Turpin) M.J.Wynne	TETOBL	*	*	*	*	*	*	*
<i>Tetradesmus lagerheimii</i> M.J.Wynne & Guiry	TETLAG	*	*	*	*	*	*	*
<i>Tetraspora gelatinosa</i> (Vaucher) Desvaux	TETGEL	*	*	*	*	*	*	*
<i>Tetrastrum glabrum</i> (Y. V. Roll) Ahlstrom & Tiffany	TETGLA	*	*	*	*		*	*
<i>Ulothrix tenerrima</i> (Kützing) Kützing	ULOTEN	*	*	*	*		*	*
<i>Uronema</i> sp.	UROSP	*	*				*	*