Formiranje epiksilona u poplavnom području Kopačkog rita

Nikić, Marija

Master's thesis / Diplomski rad

2012

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:998791

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

ODJEL ZA BIOLOGIJU
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Repository / Repozitorij:

Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
ODJEL ZA BIOLOGIJU
Diplomski znanstveni studij biologije

Marija Nikić

Formiranje epiksilona u poplavnom području Kopačkog rita

Diplomski rad

Osijek, 2012.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**

Odjel za biologiju

Diplomski znanstveni studij biologije

Znanstveno polje: Biologija

Formiranje epiksilona u poplavnom području Kopačkog rita

Marija Nikić

Rad je izrađen: Zavod za ekologiju voda

Mentor: Doc.dr. sc. Melita Mihaljević

Kratak sadržaj diplomskog rada:

Istraživanje razvoja alga na grančicama vrbe praćeno je u Sakadaškom jezeru, na tri postaje u kasno ljetnom i jesenskom razdoblju. Praćene su promjene fizikalno-kemijskih svojstava vode te kvalitativnog i kvantitativnog sastava alga u epiksilonu. Obraštajne zajednice razvijene na različitim postajama tijekom ljeta odnosno tijekom jeseni bile su slične s obzirom na kvalitativni i kvantitativni sastav alga, ali su se razlikovale s obzirom na dominantne vrste. Zajednice razvijene u ljeto i u jesen, međusobno su se razlikovale s obzirom na ukupan broj vrsta, ukupan broj jedinki i dominantne vrste alga. Veća raznolikost vrsta i veća brojnost jedinki alga bila je u zajednicama razvijenim tijekom jeseni. U ljeto su u zajednicama dominirale cijanobakterije, zelene alge i dijatomeje, a u jesen zelene alge i dijatomeje.

Broj stranica: 47

Broj slika:28

Broj tablica:4

Broj literaturnih navoda: 64

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: poplavno područje**,** grančice vrbe, alge, ljeto, jesen

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Dr.sc. Melita Mihaljević, doc.

2. Dr.sc. Janja Horvatić, izv.prof.

3. Dr.sc. Stjepan Krčmar, izv.prof.

4. Dr.sc. Jasna Vidaković, izv.prof.

Rad je pohranjen u:

U knjižnici Odjela za biologiju Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

BASIC DOCUMENTACION CARD

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek **MS thesis**

Department of Biology

Graduate study of Biology

Scientific Area: Natural science

Scientific Field: Biology

Formation of epixylon in the floodplain on Kopački rit

Marija Nikić

Thesis performed at: Water Ecology Institute

Supervisor: Doc.dr.sc. Melita Mihaljević

Short abstract:

The research of algae development on the willow twigs has been conducted the lake of Sakadaško jezero, situated at three stations during late summer and autumn period. Changes of the physico-chemical features of water as well as qualitative and quantitative structure of the algae in epixylon were recorded. Overgrowing communities developed on different stations during the summer and the autumn were similar in terms of qualitative and quantitative structure of alga, but were different in terms of dominant species. Summer-developed communities and the ones developed in the autumn period had differencies conserning the number of species, total number of units, and the dominant algae species. Greater diversity of species and greater abundance of algae units occured in the communities developed in the autumn period. Cyanobacteria, green algae and diatoms dominated in the summer-developed species. On the other side, green algae and diatoms were dominant in the communities developed during the autumn.

Number of page: 47

Number of figures: 28

Number of tables: 4

Number of reference: 64

Original in: Croatian

Key words: floodplain, willow branches, algae, summer, autumn

Date of the thesis defence:

Reviewers:

1. Dr.sc. Melita Mihaljević, assistant prof.

2. Dr.sc. Janja Horvatić, associate prof.

3. Dr.sc. Stjepan Krčmar, associate prof.

4. Dr.sc. Jasna Vidaković, associate prof.

Thesis deposited in:

Library of Department of Biology, University of J.J.Strossmayer in Osijek

Zahvaljujem se doc.dr.sc.Meliti Mihaljević svojoj mentorici na pruženoj pomoći i savjetima tijekom izrade diplomskog rada**.**

Asistentici Tanji Žuni-Pfeiffer zahvaljujem se na savjetima, strpljenju i velikoj pomoći tijekom pisanja.

Roditeljima Ankici i Jozi, sestri Ireni i bratu Dejanu veliko hvala na razumijevanju i velikoj podršci tijekom cijelog studija.

Od srca veliko hvala dragim prijateljima.

SADRŽAJ

1.UVOD

1.1. Opće značajke obraštaja.....1

1.2. Istraživanja obraštaja u poplavnim područjima.....4

1.3. Cilj istraživanja.....5

2.MATERIJALI I METODE

2.1. Područje istraživanja.....6

2.2. Dizajn eksperimenta.....8

2.3. Mjerenje fizikalno-kemijskih svojstava vode.....10

2.4. Laboratorijska obrada uzoraka.....11

2.5. Statistička obrada podataka.....11

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Fizikalno-kemijska svojstva vode.....13

3.2. Koncentracija klorofila -a, -b, -c u epiksilonu.....22

3.3. Kvalitativni i kvantitativni sastav alga u epiksilonu.....24

4. RASPRAVA.....36

5. GLAVNI REZULTATI I ZAKLJUČAK.....40

6. LITERATURA.....41

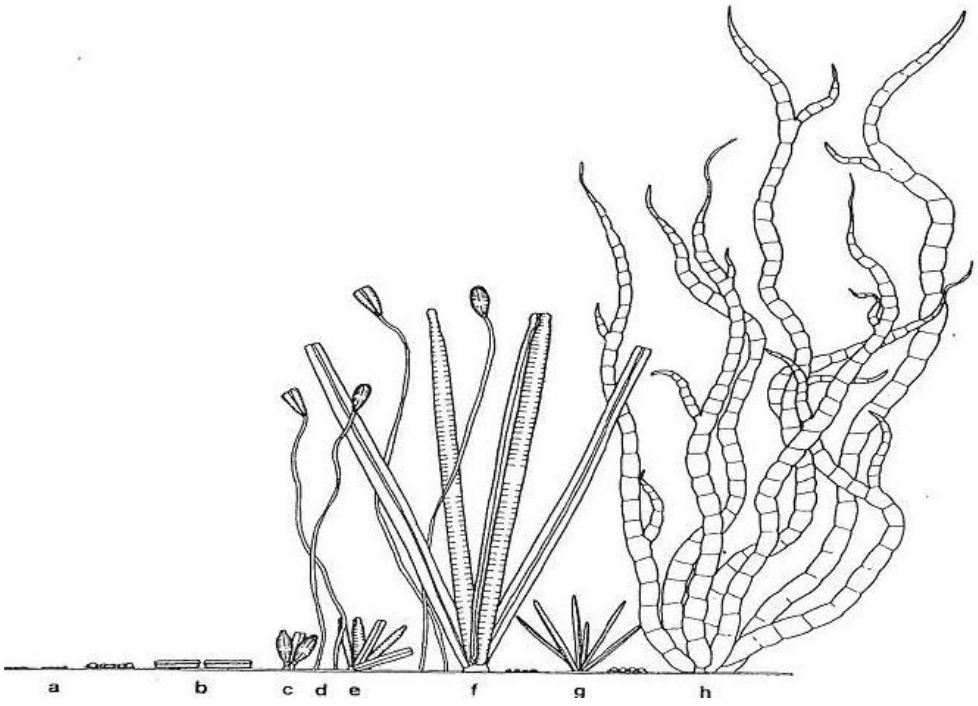
1.UVOD

1.1. Opće značajke obraštaja

Obraštaj ili perifiton je zajednica bakterija, alga, heterotrofnih organizama i detritusa koja se razvija na različitim površinama, stalno ili povremeno uronjenim u vodu (Azim i sur., 2005). Postoji više sinonima za obraštaj. U njemačkoj literaturi se često upotrebljava naziv „aufwusch“, a odnosi se na organizme koji su pričvršćeni ili se kreću po površini podloga, a da pri tome u samu podlogu ne prodiru. Naziv „euperifiton“ označava nepokretne organizme koji žive pričvršćeni za podloge pomoću želatinoznih stapki ili nekih drugih struktura, dok naziv „pseudoperifiton“ označava organizme koji se slobodno kreću unutar obraštaja. S obzirom na tip podloge na kojoj se obraštaj razvija razlikujemo epifiton (obraštaj na vodenim biljkama), epipelon (obraštaj na muljevitom sedimentu), epiksilon (obraštaj na drvenim podlogama), epiliton (obraštaj na kamenim podlogama) i epipsamon (obraštaj na pjeskovitoj podlozi).

Razvoj obraštaja je vrlo složen proces koji započinje taloženjem otopljene organske tvari (npr. amonokiselina, mukopolisaharida) na površinu podloge uslijed djelovanja elektrostatskih sila. Unutar nekoliko sati podloge naseljavaju bakterije kojima otopljene i razgrađene organske tvari služe kao potpora za pričvršćivanje te kao supstrat za metaboličke procese (Carrias i sur., 2002). Bakterije izlučuju izvanstanične polimere i mijenjaju površinu podloga omogućujući naseljavanje alga i različitih heterotrofnih organizama (praživotinja, različitih manjih beskralježnjaci i dr.). Alge čine veliki dio biomase obraštaja. Za razliku od planktonskih vrsta alga, alge u obraštajnim zajednicama razvijaju različite strukture koje im omogućuju prihvaćanje za podlogu i prilagođavanje sjedilačkom načinu života. Posebno dobro su ovakvim uvjetima prilagođene alge iz odjeljka Chrysophyta, odnosno razreda Bacillariophycea (dijatomeje) koje vrlo brzo naseljavaju podloge (Biggs i sur., 1998). Tako su na početku razvoja obraštaja posebno dobro zastupljene dijatomeje koje priliježu uz podlogu cijelom svojom površinom ili se za površinu podloge prihvaćaju vršnim ili apikalnim dijelom stanice. Nakon njih, u obraštajnim zajednicama povećava se brojnost vrsta koje razvijaju kraće ili duže stapke te se postupno razvija trodimenzionalna struktura obraštaja (Hoagland i sur., 1982; Sl. 1.). Osim dijatomeja, naseljavanje podloga mogu započeti i različite vrste cijanobakterija i zelenih alga (Sekar i sur., 2004). Alge iz ovih skupina također razvijaju različite strukture koje im omogućuju prihvaćanje za podlogu. Cijanobakterije proizvode polisaharidni matriks dok zelene alge stvaraju specijalizirane stanice pomoću kojih se prihvaćaju za podlogu (Biggs i sur. 1998). Nitaste zelene alge sporije naseljavaju podloge i

njihov se razvoj obično povezuje s najvišim stupnjem razvoja obraštaja odnosno tzv. „klimaks-om“ obraštajnih zajednica (Biggs i sur., 1998).



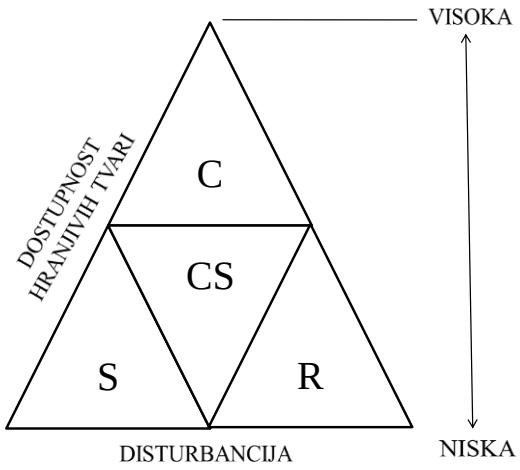
Slika 1. Slijed naseljavanja alga na podloge (Hoagland i sur., 1982)

a = bakterije
b = dijatomeje priljubljene uz podlogu
c = dijatomeje na kratkim stapkama
d = dijatomeje na dužim stapkama
e,f,g = dijatomeje u rozetama
h = filamentozne alge

Općenito se smatra da je za razvoj zrele obraštajne zajednice potrebno 30 – 40 dana (Kralj i sur., 2008). Međutim, sastav alga u obraštaju se mijenja ovisno o sezonskim uvjetima. Tako su različita istraživanja obraštaja u klimatski umjerenim područjima pokazala da su dijatomeje zastupljenije u proljeće i zimu, dok tijekom ljeta u obraštaju mogu biti dominantne zelene alge (Liboriussen, 2003; Komulaynen, 2007).

Prema tzv. „konceptualnom modelu matrice staništa“ alge koje se razvijaju u obraštajnim zajednicama razlikuju se s obzirom na vrijeme naseljavanja podloga,

prilagođenost uvjetima staništa odnosno dostupnim hranjivim tvarima i svjetlosti te disturbancijama. Biggs i suradnici (1998) svrstali su alge koje se razvijaju u obraštaju u 4 osnovne skupine na osnovu njihovih potreba za hranjivim tvarima i otpornosti na stres. Tako razlikujemo kompetitivne (C- i C-S-stratezi), stres-tolerantne (S-stratezi) i ruderalne vrste (R-stratezi). Kompetitivne vrste ili C-stratezi razvijaju nitaste strukture, a dominantne su u uvjetima karakteriziranim niskim intenzitetom disturbancija i dostupnim visokim koncentracijama hranjivih tvari. C-S-stratezi dominiraju u mezotrofnim sustavima s niskim intenzitetom disturbancija, dok su stres-tolerantne vrste ili S-stratezi dominantni u oligotrofnim sustavima. Ruderalne vrste ili R-stratezi imaju stanice manjih dimenzija, brzo naseljavaju različite podloge, brzo se razmnožavaju i općenito dominiraju u sustavima s visokim intenzitetom disturbancija (Sl. 2.).



Slika 2. Shematski prikaz razvoja alga u obraštajnim zajednicama ovisno o učestalosti disturbancija i dostupnim resursima (Biggs i sur., 1998)

Na rast i razvoj obraštaja utječe niz abiotičkih i biotičkih čimbenika kao što su: intenzitet svjetlosti (Nofdianto, 2011), dostupnost hranjivih tvari posebno dušika i fosfora (Stelzer i Lamberti, 2001; Dodds i sur., 2002) te hranidbeni pritisak (Steinman, 1996; Lamberti i sur., 2000). Poplave mogu imati negativan učinak na razvoj obraštaja budući da podizanje sedimenta i zasjenjenje mogu dovesti da uginuća alga u obraštajnim zajednicama. Osim toga, poplave mogu mehanički oštetiti obraštaj i dovesti do smanjenja biomase obraštaja (Ács i Kiss, 1993). Tip podloge na kojoj se obraštaj razvija je također od velike važnosti jer značajno utječe na sastav vrsta alga u obraštaju kao i na njihovu brojnost. Istraživanja naseljavanja alga na umjetne (staklene podloge) i prirodne (makrofitska

vegetacija) podloge pokazala su da se naseljavanje alga odvija značajno brže na prirodnim podlogama te da alge na prirodnim podlogama razvijaju veću biomasu (Albay i Akcaalan, 2003). Sastav alga u obraštaju na drvenim podlogama proučavan je u jezerima različitog stupnja trofije (eutrofnih, oligotrofnih, hipertrofnih), a najveća je raznolikost alga utvrđena u mezotrofnim jezerima (Danilov i Ekelund, 2001).

Obraštajne zajednice imaju veliku i važnu ulogu u vodenim ekosustavima. Značajno pridonose fiksaciji ugljika i hranjivih tvari (primarna produkcija) i važan su izvor hrane sitnijim beskralježnjacima i ribama. Alge u obraštajnim zajednicama mogu akumulirati različite toksične tvari (Levkov i Krstic, 2002; Sbihi i sur., 2012) pa se koriste kao indikatori ekološkog stanja vodenih ekosustava (Wu, 1999).

1.2. Istraživanja obraštaja u poplavnim područjima

Poplavna područja su vrlo složeni ekološki sustavi. Iako su biološki najproduktivniji i vrstama najbogatiji ekosustavi još uvijek su nedovoljno istraženi. Intenzivnija istraživanja poplavnih područja otpočela su nakon objavljivanja koncepta poplavnog pulsa („flood pulse concept“; Junk i sur., 1989). Prema ovom konceptu, dinamika plavljenja određuje stupanj povezanosti i utječe na procese izmjene tvari i organizama između rijeke i poplavnog područja. U poplavnim područjima, s obzirom na nepravilno izmjenjivanje poplavnih faza i faza hidrološke izolacije od matične rijeke nastaju i različiti tipovi vodenih staništa te staništa na prijelazu između vode i kopna (bare, močvare i dr.). U poplavnim se područjima razvija bujna makrofitska vegetacija koja tvori pogodne podloge za intenzivan razvoj obraštajnih zajednica. Iz tog su razloga dosadašnja istraživanja obraštajnih zajednica u poplavnim područjima uglavnom bila vezana za istraživanja alga razvijenim na makrofitskoj vegetaciji. Najveći broj istraživanja proveden je u tropskom području rijeke Paraná i subtropskom području Everglades, dok su istraživanja alga u obraštajnim zajednicama u poplavnim područjima klimatski umjerenog područja iznimno rijetka. Istraživanja obraštaja u poplavnom području rijeke Paraná u različitim hidrološkim uvjetima pokazala su da plavljenje pridonosi povećanju koncentracija hranjivih tvari u vodi što ima pozitivan učinak na razvoj alga u obraštajnim zajednicama i dovodi do povećanja koncentracije klorofila-*a* u obraštaju na istraživanoj makrofitskoj vegetaciji (Leandrini i Rodrigues, 2008; Leandrini i sur., 2008). Istraživanja obraštajnih zajednica u poplavnom području Everglades pokazala su da se taksonomski sastav alga mijenja ovisno o hidrološkim uvjetima. Tako tijekom plavljenja

u obraštaju uglavnom dominiraju dijatomeje, a u uvjetima bez plavljenja cijanobakterije (Gottlieb i sur., 2006).

U klimatski umjerenom području, istraživanja alga u obraštajnim zajednicama uglavnom su provedena u rijekama. Tako je u Dunavu kraj Dalja u razdoblju od 1982. do 1983. godine provedno istraživanje sastava alga na različitim vrstama podloga i to na: makrofitskoj vegetaciji, potopljenim granama drveća, drvenim i "pleksiglas" pločicama (Gucunski, 1984). Utvrđena je velika raznolikost vrsta alga iz skupina Cyanobacteria, Euglenophyta, Chrysophyta i Chlorophyta. Također je u području Dunava proveden veliki broj istraživanja naseljavanja alga na umjetne podloge te je utvrđeno da u zajednicama uglavnom dominiraju dijatomeje (Ács i sur., 2000; Szabó i sur., 2008). Prvo istraživanje alga u obraštaju u Kopačkom ritu, poplavnom području Dunava, provedeno je u razdoblju od 2003. do 2004. godine. Istraživan je kvalitativni sastav alga u epiksilonu na potopljenim granama vrbe (*Salix alba* L.), a utvrđeno je da više koncentracije hranjivih tvari i niže razine vode u ritu utječu na razvoj biološki raznolikijih zajednica (Šarčević Kopić, 2008). Sustavna istraživanja obraštajnih zajednica na području Kopačkog rita otpočela su 2007. godine u okviru projekta "Zaštita Kopačkog rita - ekološke interakcije Dunava i poplavnog područja". Istraživanja alga provedena su na umjetnim staklenim podlogama te je utvrđeno da u proljetnim uvjetima podlogu prvo naseljavaju planktonske cijanobakterije i dijatomeje horizontalno pričvršćene na podlogu, potom dijatomeje na kratkim, odnosno dugim stapkama te na kraju vertikalno postavljenje dijatomeje (Mihaljević i Žuna Pfeiffer, 2012). Međutim, promjene taksonomskog sastava i brojnosti alga na prirodnim podlogama kao što su grančice vrbe još uvijek nisu dovoljno istražene.

1.3. Cilj istraživanja

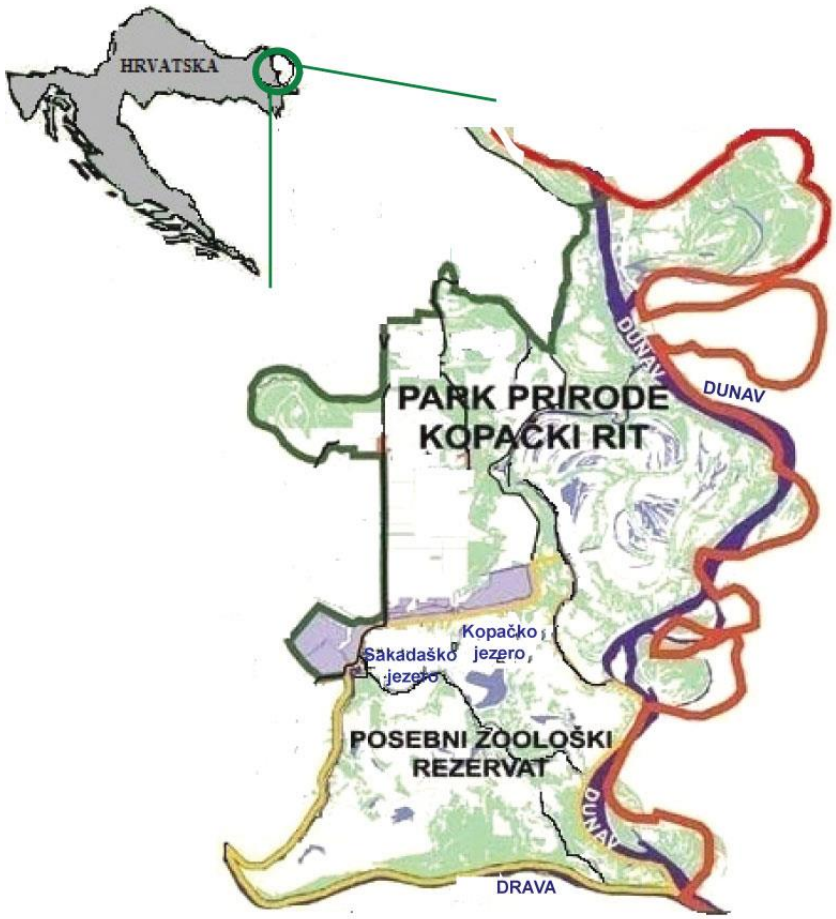
Cilj ovoga istraživanja je utvrditi dinamiku naseljavanja alga i formiranja obraštaja na prirodnim podlogama - grančicama vrbe u poplavnom području Kopačkog rita. U tu svrhu provest će se eksperimenti na tri postaje u Sakadaškom jezeru i to u dvije eksperimentalne serije, u ljeto i u jesen, te će se pratiti promjene fizikalno-kemijskih svojstava vode na postajama istraživanja kako bi se utvrdio njihov utjecaj na sastav epiksilonskih zajednica.

2. MATERIJALI I METODE

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Područje istraživanja

Park prirode Kopački rit je poplavno područje Dunava smješteno između 45°15'- 45°53' zemljopisne širine i 16°06'-16°41' zemljopisne dužine. Ukupna površina Kopačkog rita iznosi oko 23 km² od čega 7000 ha pripada Posebnom zoološkom rezervatu (Sl. 3.).



Slika 3. Zemljovid Parka prirode Kopački rit

Kopački rit je 1993. godine uvršten na popis međunarodno značajnih močvara ("List of Wetlands of International Importance") sukladnoj Ramsarskoj konvenciji, prihvaćenoj 1971. godine. Prema Ramsarskoj konvenciji u Kopačkom ritu dominantni tipovi staništa su

slatkovodne vode i bare sa emergentnom vegetacijom tijekom najvećeg dijela vegetacijske sezone.

Na području Kopačkog rita prevladava utjecaj kontinentalne klime Panonske nizine i srednjoeuropske kontinentalne klime. Na osnovu klimatskih podataka iz meteorološke stanice Brestovac-Bilje tijekom četrdeset godina na području Kopačkog rita najviša temperatura zraka od 39 °C je zabilježena tijekom ljeta, dok je najniža temperatura zraka od -24,6 °C utvrđena zimi. Oborine su raspoređene tako da postoje dva maksimuma, proljetni i jesenski. Proljetni maksimum je dominantniji s prosječnom količinom oborina oko 90 mm. Opće klimatske prilike imaju utjecaj na vjetar koji najčešće puše iz smjera sjeverozapada s prosječnom brzinom oko 1-2,5 m/s.

Hidrologija Kopačkog rita ovisi o poplavnim vodama Dunava i Drave, podzemnim vodama i padalinama. Poplavne vode Dunava imaju najveći utjecaj na strukturu Kopačkog rita. Vodostaj Dunava ovisi o topljenju snijega i leda u Alpama stoga su najviši vodostaji Dunava zabilježeni u proljeće, a niži u jesen. Djelovanjem poplavnih voda mijenja se i mikroreljefna struktura Kopačkog rita u kojoj se razlikuju velike udubine trajno ispunjene vodom (jezera), bare i udubljenja kojima struji voda (fokovi) te kanali (Mihaljević i sur., 1999).

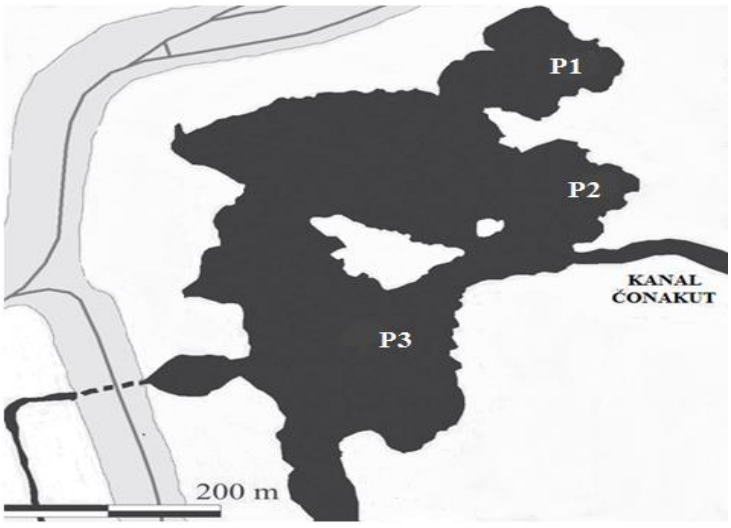
Sakadaško jezero je najdublja vodena depresija smještena u najzapadnijem djelu Posebnog zoološkog rezervata unutar Parka prirode Kopački rit. Prema postanku ovo je najmlađe jezero nastalo 1926. godine kada su dunavske vode probile nasip Zmajevac – Kopačevo (Gucunski, 1994). Izgradnjom nasipa radi zaštite od poplava 1969. i 1984. godine, jezero je produbljeno i prošireno. Tijekom normalnih vodostaja dubina jezera je oko 7 m, a njegova maksimalna dubina može doseći i 12 m (Gucunski, 1994.). Jezero je ovalnog oblika i relativno strmnih obala. U jezeru je razvijena makrofitska vegetacija s dominantnim vrstama *Potamogeton gramineus* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Trapa natans* L., *Nymhoidea peltata* Kuntze, *Lemna sp.*, *Polygonum amphybium* L., *Spirodella polyrhiza* (L.) Schleid. Obale jezera obraštaju vrste roda *Phragmites*, a na njih se nastavljaju šume bijele vrbe i topole.



Slika 4. Sakadaško jezero
(fotografija T. Ž. Pfeiffer)

2.2. Dizajn eksperimenta

Istraživanja naseljavanja alga na grančice vrbe provedena su u dvije eksperimentalne serije, na tri postaje u Sakadaškom jezeru. Prva postaja (P1) bila je manja uvala u Sakadaškom jezeru, druga (P2), uvala u neposrednoj blizini kanala Čonakut preko kojeg je Sakadaško jezero povezano s Kopačkim jezerom, a time i s Dunavom. Treća postaja (P3) bila je u blizini Ustave Kopačevo čijim se podizanjem u jezero unose vode iz kanala Barbara (Sl. 5.). Prva eksperimentalna serija postavljena je u ljeto (28. srpnja), a druga u jesen, (28. listopada).



Slika 5. Postaje za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru 2011. godine
(izvor: Palijan, 2010)

Za potrebe istraživanja u obje eksperimentalne serije je na svakoj postaji postavljen drveni nosač. Pomoću plutača nosač je izdignut iznad površine vode, a kako bi se spriječilo otplavljivanje, svaki je nosač privezan za kamene blokove spuštene na dno jezera (Sl. 6.).



Slika 6. Postaja za istraživanje epiksilona u Sakadaškom jezeru 2011. godine (fotografija T. Ž. Pfeiffer)

Kao podloge za praćenje naseljavanja alga korištene su grančice vrbe dimenzija od oko 10 x 1cm (Sl. 7.). Grančice vrbe su sterilizirane (24h / 150 °C), a neposredno prije uranjanja u vodu jezera, horizontalno su položene u zaštitne mrežice te pričvršćene na letvice s gornje strane drvenog nosača, na međusobnoj udaljenosti od 10 cm i dubini od oko 20 cm (Sl. 8.).



Slika 7. Postavljanje grančica za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru 2011. godine (fotografija T. Ž. Pfeiffer)

U obje eksperimentalne serije uzorkovanje je provedeno nakon pet tjedana razvoja obraštaja na grančicama vrbe. Tijekom svakog uzorkovanja, sa svake postaje prikupljene su po tri grančice za analizu kvalitativnog i kvantitativnog sastava alga te po tri grančice za analizu koncentracije klorofila u obraštaju. Svaka grančica je u laboratorij prenešena u posebnoj staklenoj posudi ispunjenoj sterilnom fiziološkom otopinom.

2.3. Mjerenje fizikalno - kemijskih svojstava vode

Prilikom postavljanja eksperimenata i prilikom svakog uzorkovanja provedena su *in situ* mjerenja fizikalno-kemijskih svojstava vode. Prozirnost vode određena je pomoću Secchi ploče. Temperatura zraka izmjerena je živinim termometrom s podjelom ljestvice 10/1 °C, u sjeni 10 cm iznad površine vode. Temperatura vode (°C), koncentracija otopljenog kisika u vodi (mg/L), provodljivost vode (µS/cm) i pH mjereni su prenosivim uređajem mini-lab (Multi 340i / SET) kalibriranim u laboratoriju prije svakog izlaska na teren. Na svakoj odabranoj postaji uzeti su i uzorci vode za kemijsku analizu vode i za analizu klorofila- *a* u vodi. Koncentracije amonijevih iona, nitrata, nitrita, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u vodi određene su standardnim metodama (APHA, 1985) u Ekološkom laboratoriju Vodovoda d.d. Osijek. Za analizu klorofila-*a* uzorci vode su preneseni u laboratorij.

2.4. Laboratorijska obrada uzoraka

Uzorci vode (1L) za analizu klorofila filtrirani su kroz filter-papir Whatman GF/C (ø55mm). Pigmenti su ekstrahirani u 90 % acetonu, a koncentracija klorofila određena je spektrofotometrijski prema Komárková (1989).

Za analizu klorofila obraštaj sa grančica vrbe sastrugan je žiletom u 100 ml vodovodne vode i filtriran kroz filter - papir Whatman GF/C (ø55mm). Pigmenti su ekstrahirani u 90%-tnom acetonu te je spektrofotometrijski određena koncentracija klorofila prema Komárková (1989).

Obraštaj sastrugan sa grančica vrbe u 100 ml vodovodne vode fiksiran je u 4%-tnoj otopini formaldehida i upotrijebljen za kvalitativnu i kvantitativnu analizu alga. Kvalitativni sastav alga određen je pomoću svjetlosnog mikroskopa (Carl Zeiss Jenna) i software-a Moticam 2300 te pomoću priručnika za determinaciju alga (Hindak, 1977-1990; Hindak i sur., 1978; Huber-Pestalozzi, 1961-1990; Pascher, 1976; Komárek, 1973; Anagnostidis i Komárek, 1985; Komarek i Anagnostidis, 1989). Kvantitativni sastav alga određen je prebrojavanjem alga u komorici s milimetarskom mrežicom površine 1 cm² i volumena 0,05 mL (Stilinović i Plenković-Moraj, 1995).

2.5. Statistička obrada podataka

Razlike između istraživanih postaja s obzirom na utvrđene fizikalno-kemijske čimbenike, analizirane su ordinacijskom metodom nemetrijskog višedimenzijskog grupiranja NMDS (eng. non-metric multidimensional scaling). Ova metoda omogućuje grafički prikaz odnosa uzoraka u dvije ili više dimenzija i zasniva se na transformiranoj Euklidskoj matrici. Transformacija podataka može biti različita (Clarke i Warwick, 2001), a primjenjuje se ona transformacija pri kojoj je utvrđen najmanji „stres“. Stres označava vjerojatnost pravilne ordinacije i interpretacije podataka (Clarke i Warwick, 2001).

Indeks florne sličnosti na osnovu sastava alga u obraštajnim zajednicama određen je prema Sörensen-u (1948):

$$\mathrm{IFS} = \frac{2c}{a+b} \times 100$$

gdje je :

c - broj zajedničkih vrsta

b - broj vrsta u obraštaju na jednoj istraživanoj postaji

a - broj vrsta u obraštaju na drugoj istraživanoj postaji.

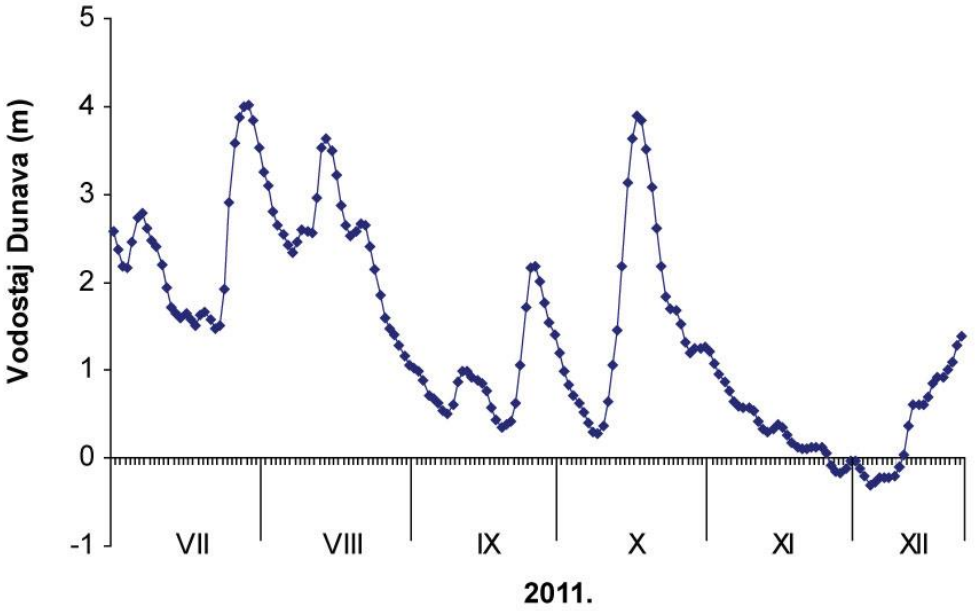
Radi utvrđivanja sličnosti obraštajnih zajednica s obzirom na broj jedinki po jedinici površine na tri istraživane postaje u ljeto i u jesen, korištena je hijerarhijska klaster analiza. Stupanj sličnosti između uzoraka izračunat je pomoću Bray-Curtis-ovog indeksa sličnosti. Podaci su prije analize logaritamski transformirani. Primjenjena transformacija smanjuje važnost vrlo brojnih vrsta tako da i vrste koje su bile manje brojne doprinose analizi.

3. REZULTATI

3. REZULTATI

3.1. Fizikalno-kemijska svojstva vode

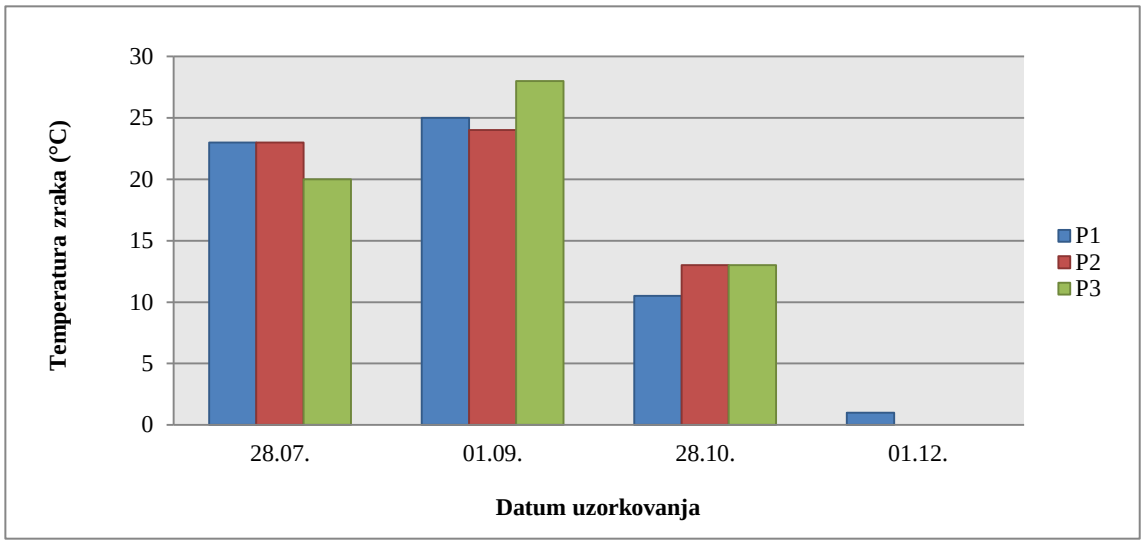
Za praćenje vodostaja Dunava koji utječe na dinamiku plavljenja Sakadaškog jezera korišteni su rezultati vodomjerne stanice kraj Apatina, smještene na 1401,1 r.km Dunava. Pri vodostaju Dunava kraj Apatina višem od 3 m započinje plavljenje poplavnog područja Kopačkog rita (Mihaljević i sur., 1999).



Slika 8. Promjene dnevnih vrijednosti vodostaja Dunava kod vodomjerne stanice Apatin na 1401,4 r. km u razdoblju od srpnja do prosinca 2011. godine

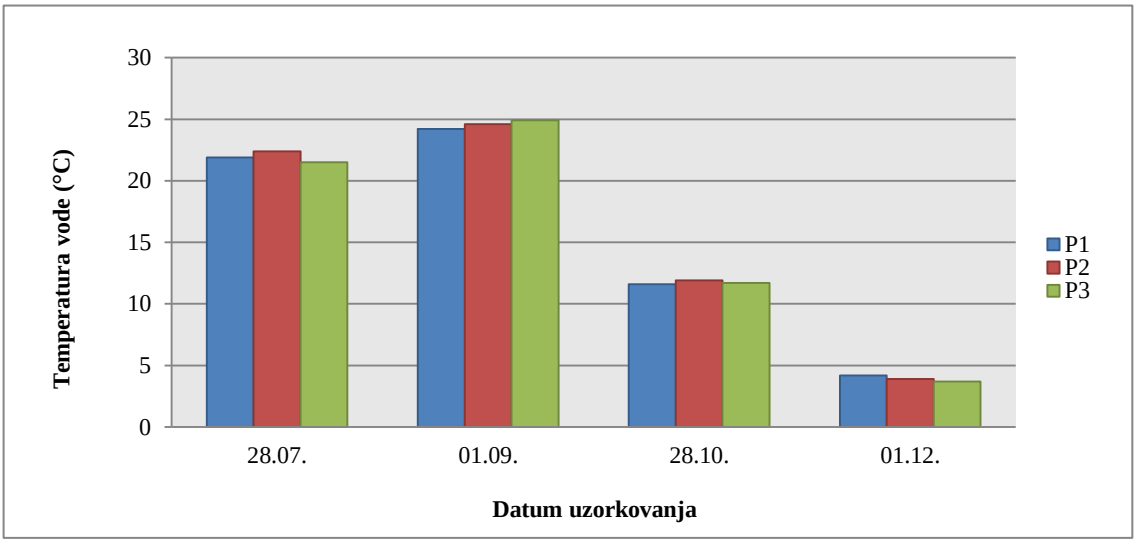
Tijekom istraživanja epiksilona na grančicama vrbe zabilježena su kratkotrajna plavljenja Sakadaškog jezera na početku ljetne eksperimentalne serije u srpnju te sredinom kolovoza. U jesen, vodostaj Dunava bio je nizak te je samo jedno kratkotrajno plavljenje zabilježeno sredinom listopada.

Temperatura zraka tijekom ljeta na postajama za istraživanje bila je visoka i kretala se u granicama od 20 °C do 28 °C. Na početku eksperimentale serije u jesen zabilježene su niže temperature zraka (10,5 °C do 13 °C), a vrlo niske temperature bile su na kraju jesenske eksperimentalne serije. Na postaji 1 izmjeren je 1 °C, a na postajama 2 i 3, 0 °C (Sl. 9).



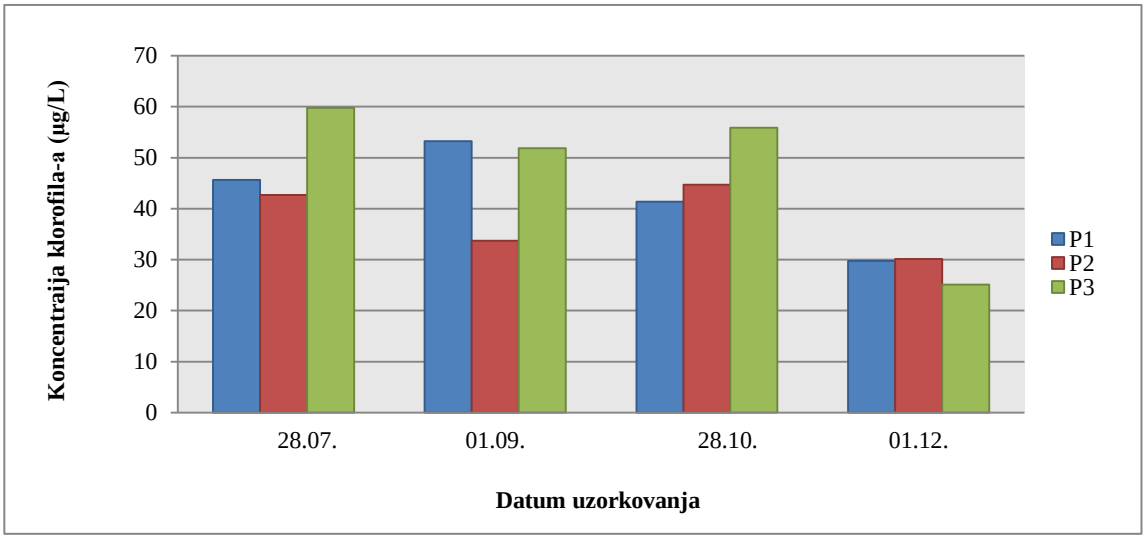
Slika 9. Temperatura zraka na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom dvije eksperimentalne serije u ljeto i u jesen 2011.godine

Sukladno promjenama temperature zraka mijenjala se i temperatura vode (Sl. 10). Na postaji 1 i 3 na početku ljetne eksperimentalne serije u srpnju zabilježena je temperatura vode od 21 °C, dok je na postaji 2 bila nešto viša i iznosila je 22,4 °C. Na kraju ljetne eksperimentalne serije u rujnu temperature vode na postajama istraživanja bile su oko 24 °C. Tijekom postavljanja jesenske eksperimentalne serije u listopadu zabilježene su niže temperature vode od oko 11 °C, a najniže vrijednosti izmjerene su na kraju istraživanja u prosincu (oko 4 °C).



Slika 10. Temperatura vode na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom dvije eksperimentalne serije u ljeto i u jesen 2011.godine

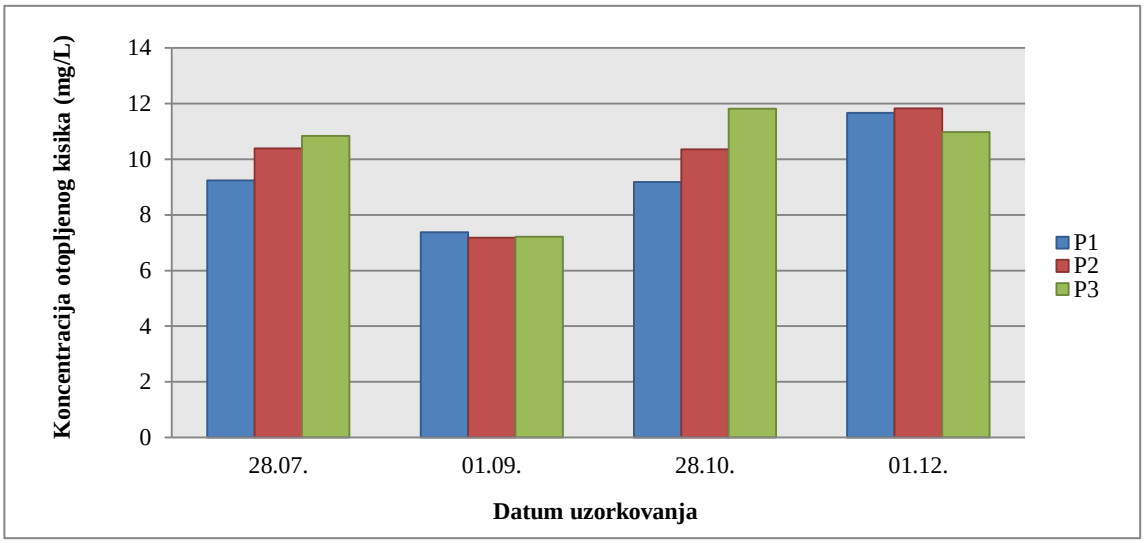
Koncentracije klorofila-*a* u površinskom sloju vode bile su na svim postajama za istraživanje veće tijekom ljetne eksperimentalne serije nego tijekom serije u jesen. U srpnju, na početku ljetne eksperimentalne serije koncentracije klorofila-*a* na postajama 1 i 2 bile su slične (P1 - 45,6443 µg/L, P2 - 42,7195 µg/L), a najviša je koncentracija klorofila-*a* od 59,7743µg/L zabilježena na postaji 3. Na kraju ljetne eksperimentalne serije u rujnu zabilježen je porast koncentracija klorofila-*a* na postaji 1 (53,2385 µg/L), dok su na postajama 2 i 3 utvrđene nešto niže vrijednosti. Tijekom postavljanja jesenske eksperimentalne serije u listopadu koncentracija klorofila-*a* se smanjila na svim postajama, a najmanja je bila na postaji 1 (41,3750 µg/L). U prosincu su se koncentracije klorofila na svim postajama za istraživanje obraštaja dodatno smanjile i bile su u granicama od 25,0919 µg/L (postaja P3) do 30,1612do µg/L (postaja P2; Sl. 11).



Slika 11. Koncentracija klorofila-*a* u površinskom sloju vode na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom dvije eksperimentalne serije u ljeto i u jesen 2011.godine

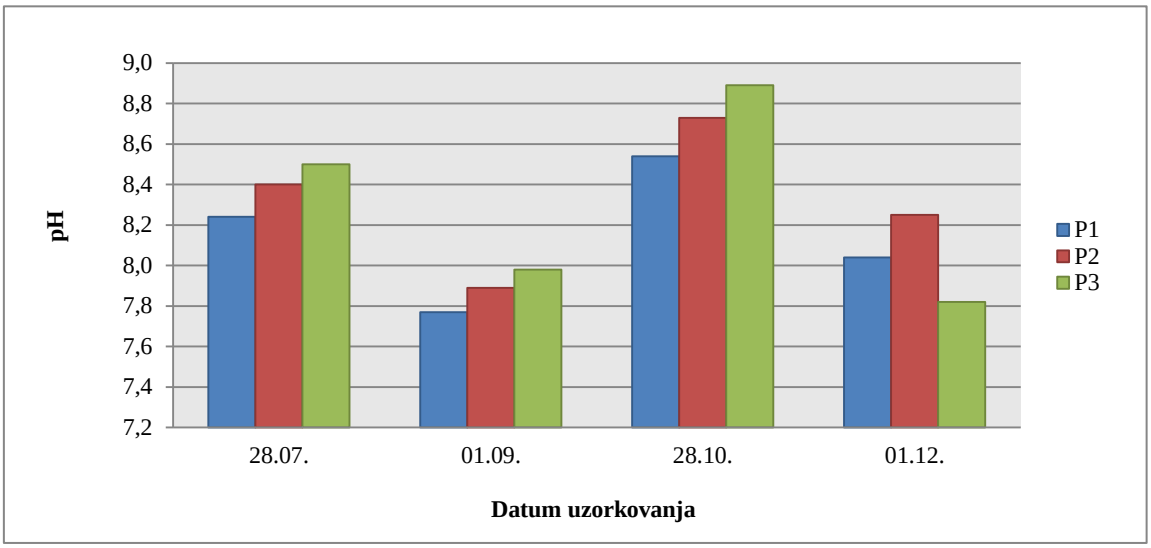
Koncentracija otopljenog kisika u vodi bila je relativno visoka tijekom istraživanja (Sl. 12). Na početku ljetne eksperimentalne serije u srpnju koncentracija otopljenog kisika na sve tri postaje bila je vrlo slična i iznosila je 9,24 µg/L na postaji 1, 10,39 µg/L na postaji 2 te 10,84 µg/L na postaji 3. Na kraju ljetne eksperimentalne serije u rujnu koncentracija otopljenog kisika se smanjila na svim postajama (7,38 µg/L na postaji 1, 7,18 µg/L na postaji 2, 7,21 µg/L na postaji 3) te su zabilježene najniže vrijednosti koncentracije otopljenog kisika tijekom cijelog istraživanja. Tijekom postavljanja jesenske eksperimentalne serije u listopadu

zabilježen je porast koncentracije otopljenog kisika na svim postajama, a najveća je koncentracija bila na postaji 3 (11,82 µg/L). Na kraju istraživanja u prosincu koncentracija otopljenog kisika je bila podjednaka na svim postajama za istraživanje obraštaja (P1-11,67 µg/L P2-11,83 µg/L, P3-10,98 µg/L).



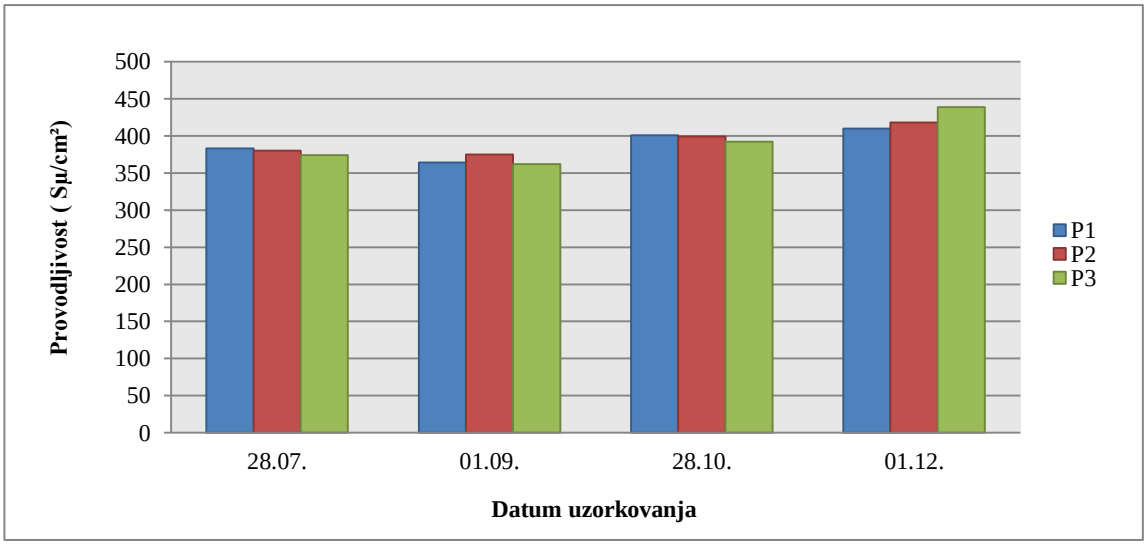
Slika 12. Koncentracija otopljenog kisika na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom dvije eksperimentalne serije u ljeto i u jesen 2011.godine

pH vode bio je relativno visok tijekom cijelog razdoblja istraživanja (Sl. 13). Na početku ljetne eksperimentalne serije u srpnju na sve tri postaje pH vrijednosti bile su vrlo slične (P1 - 8,24, P2 - 8,4,P3- 8,5). Na kraju ljetne eksperimentalne serije u rujnu pH se smanjila na svim postajama (7,77 na postaji 1, 7,84 na postaji 2, 7,98 na postaji 3) te su zabilježene najniže pH vrijednosti tijekom istraživanja. Tijekom postavljanja jesenske eksperimentalne serije u listopadu ponovno je zabilježen porast pH na svim postajama istraživanja, a najveća vrijednost zabilježena je na postaji 3 (8,89). U prosincu se ponovno pH vrijednost smanjila na sve tri postaje, a najniža je bila na postaji 3 i iznosila je 7,82.



Slika 13. pH vode na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom dvije eksperimentalne serije u ljeto i u jesen 2011.godine

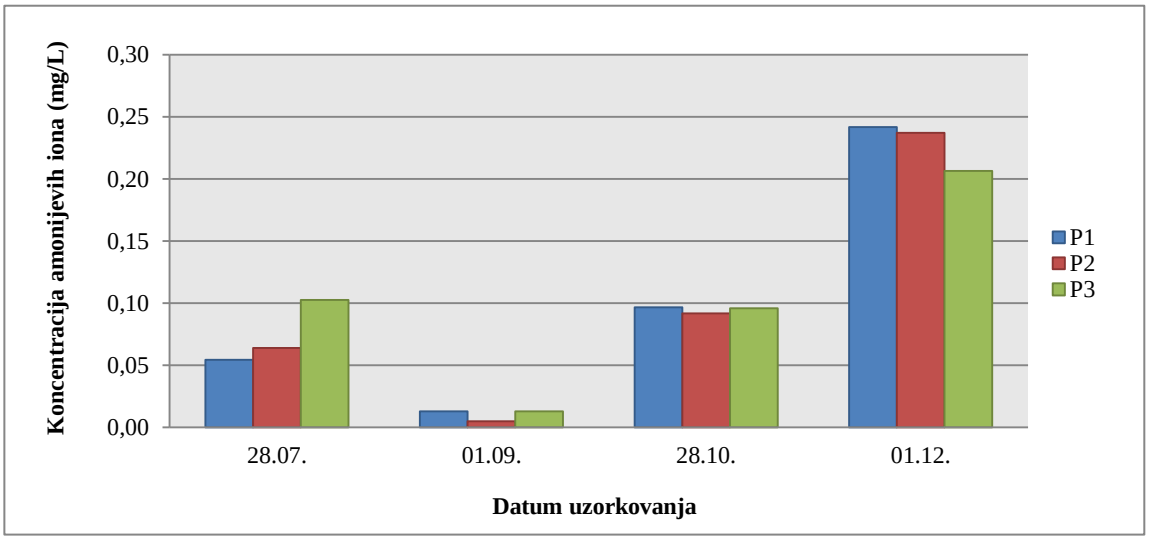
Provodljivost vode je bila visoka (od 362 do 383 µS/cm tijekom ljeta; od 399 do 439 µS/cm tijekom jeseni) i tijekom cijelog razdoblja istraživanja na sve tri postaje nije se značajno mijenjala (Sl. 14).



Slika 14**.** Provodljivost vode na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom dvije eksperimentalne serije u ljeto i u jesen 2011.godine

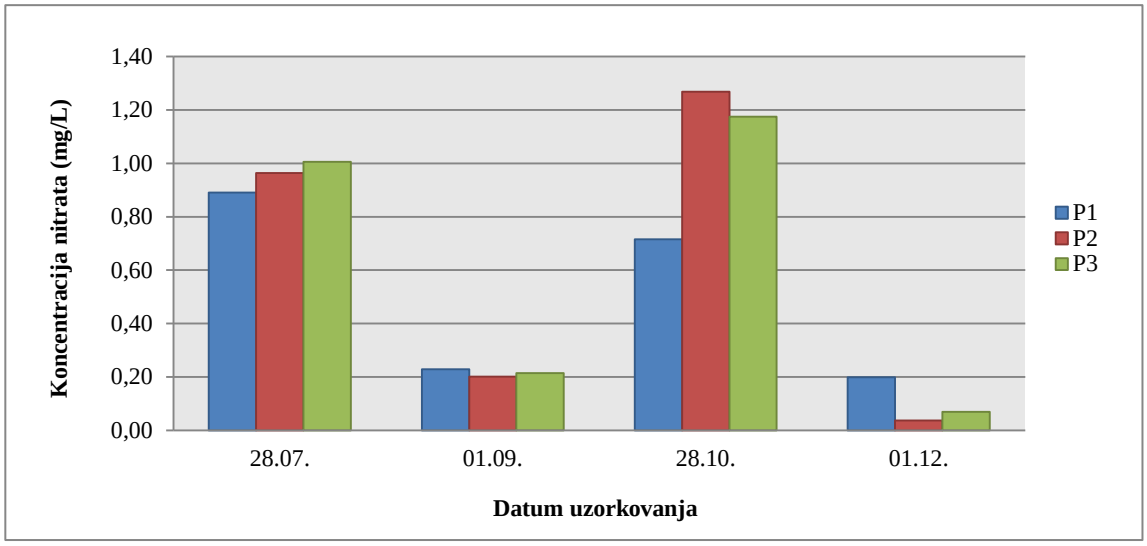
Koncentracije amonijevih iona, nitrata, nitrita kao i ukupni dušik su na svim postajama za istraživanje obraštaja bile veće tijekom jesenske eksperimentalne serije.

Na početku ljetne eksperimentalne serije u srpnju koncentracija amonijevih iona na postajama 1 i 2 bile su slične (P1- 0,0545 mg/L, P2- 0,0639 mg/L), a najviša je koncentracija amonijevih iona od 0,1026 mg/L zabilježena na postaji 3. Na kraju ljetne eksperimentalne serije u rujnu koncentracije amonijevih iona su se smanjile na svim postajama (P1- 0,0129 mg/L , P2 - 0,0050 mg/L , P3 - 0,0130 mg/L). Tijekom postavljanja jesenske eksperimentalne serije u listopadu zabilježen je porast koncentracije amonijevih iona na svim postajama, a najveća je koncentracija bila na postaji 1 (0,096 mg/L). Na kraju jesenske eksperimentalne serije u prosincu zabilježene su najviše vrijednosti koncentracije amonijevih iona na svim postajama tijekom cijelog razdoblja istraživanja (P1 - 0,241mg/L, P2 - 0,237 mg/L, P3 - 0,206 mg/L) (Sl. 15).



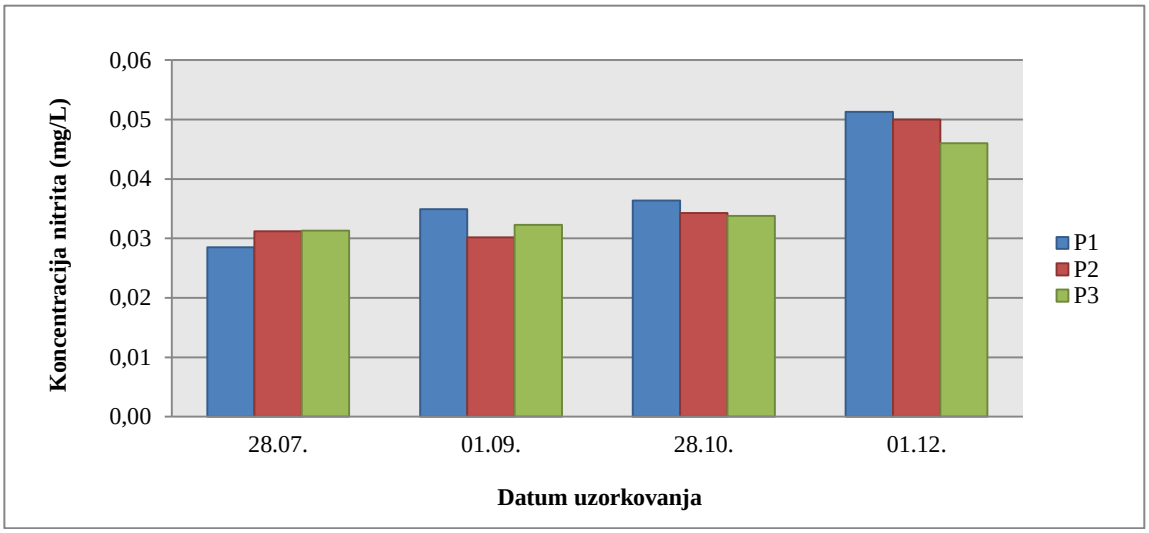
Slika 15. Koncentracija amonijevih iona na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom dvije eksperimentalne u ljeto i u jesen 2011.godine

Na početku ljetne eksperimentalne serije u srpnju koncentracija nitrata (Sl. 16) na svim postajama bila je slična i iznosila je na postaji 1 0,8902 mg/L, na postaji 2 0,9635, dok je na postaji 3 zabilježena vrijednost od 1,0063 mg/L. Na kraju ljetne eksperimentalne serije u rujnu koncentracija nitrata se smanjila na svim postajama za istraživanje, a najniža vrijednost zabilježena je na postaji 2 (0,2019 mg/L). Tijekom postavljanja jesenske eksperimentalne serije u listopadu koncentracija nitrata bila je visoka, a posebno na postajama 2 (1,2680 mg/L) i 3 (1,1750 mg/L). Na kraju istraživanja u prosincu koncentracija nitrata bila je vrlo niska na svim postajama, a najniža je vrijednost zabilježena na postaji 2 (0,0366 mg/L).



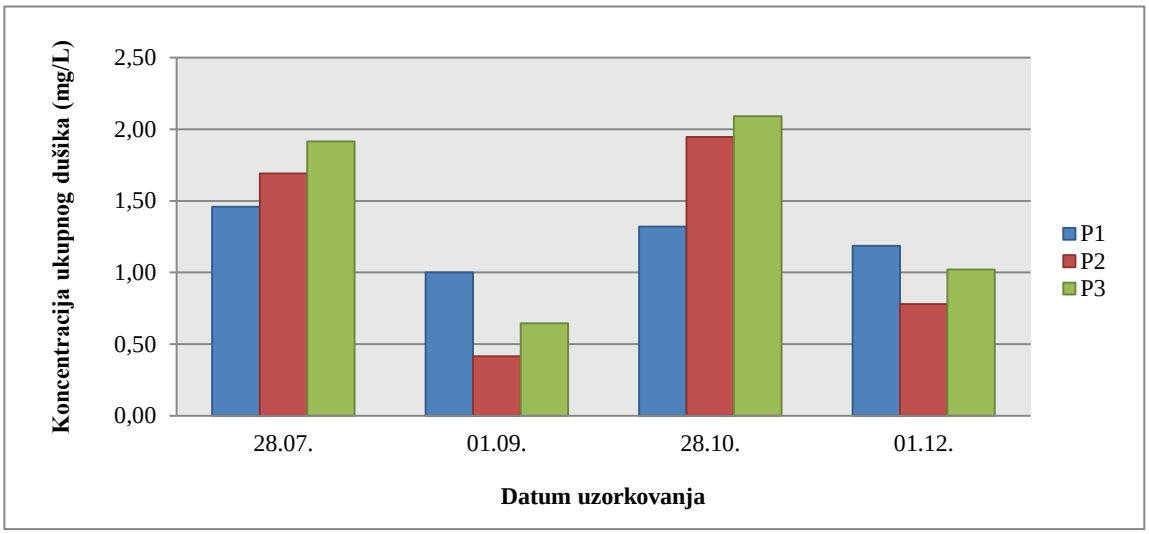
Slika 16. Koncentracija nitrata na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom dvije eksperimentalne serije u ljeto i u jesen 2011.godine

Koncentracije nitrita (Sl. 17) na postajama za istraživanje bile su vrlo slične tijekom ljetne i na početku jesenske eksperimentalne serije, a kretale su se od 0,0285 mg/L do 0,0338 mg/L. Na kraju jesenske eksperimentalne serije koncentracije nitrita na svim postajama značajno su se povećale. Najviša koncentracija zabilježena je na postaji 1 i iznosila je 0,0513 mg/L, a najniža na postaji 3 i iznosila je 0,0460 mg/L.



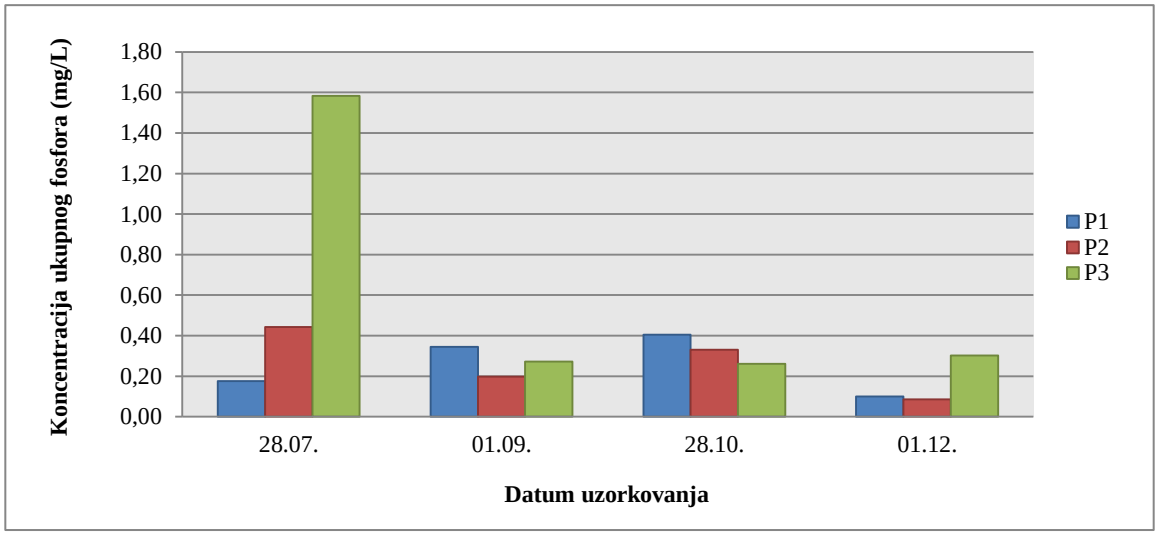
Slika 17. Koncentracija nitrita na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom dvije eksperimentalne serije u ljeto i u jesen 2011.godine

Koncentracije ukupnog dušika na svim postajama za istraživanje bile su značajno više na početku ljetne i jesenske eksperimentalne serije nego na kraju (Sl. 18). Na početku ljetne eksperimentalne serije ukupni dušik bio je najviši na postaji 3 (1,9145 mg/L), a najmanji na postaji 1 (1,4598 mg/L). Na kraju ljetne eksperimentalne serije u rujnu ukupni dušik bio je nizak na svim postajama za istraživanje, posebno na postaji 2 (0,4148 mg/L). Tijekom postavljanja jesenske eksperimentalne serije postaje 2 (1,9479 mg/L) i 3 (2,0920 mg/L) su s obzirom na ukupni dušik bile vrlo slične. Na kraju jesenske eksperimentalne serije najniži sadržaj ukupnog dušika bio je na postaji 2 (0,7803 mg/L), dok su koncentracije na postajama 1 i 3 bile slične i iznosile su 1,1862 mg/L na postaji 1, a 1,0206 mg/L na postaji 3.



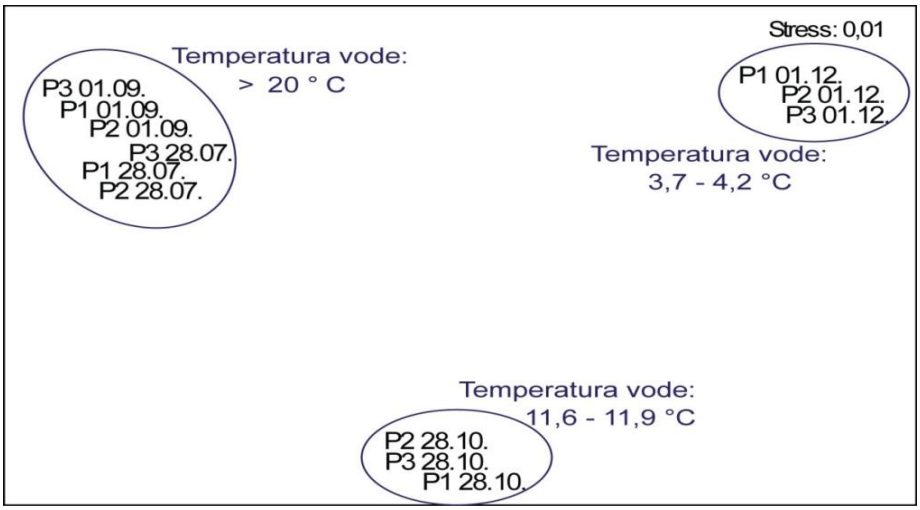
Slika 18. Koncentracija ukupnog dušika (TN) na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom dvije eksperimentalne serije u ljeto i u jesen 2011.godine

Sadržaj ukupnog fosfora bio je vrlo različit na postajama za istraživanje na početku ljetne eksperimentalne serije (Sl. 19). Najviše ukupnog fosfora bilo je na postaji 3 i iznosio je 1,5832 mg/L, a najniže na postaji 1 i iznosio je 0,1763 mg/L. Na kraju ljetne eksperimentalne serije sadržaj ukupnog fosfora na postaji 3 značajno se smanjio (0,2723 mg/L), a slične su vrijednosti zabilježene i na postaji 1(0,3445 mg/L). Sve tri postaje su obzirom na sadržaj ukupnog fosfora bile slične na početku jesenske eksperimentalne serije. Na kraju istraživanja u prosincu sadržaj ukupnog fosfora na postaji 3 nije se značajno promjenio, dok su na postajama 1 i 2 utvrđene značajno manje i vrlo slične vrijednosti (P1- 0,0999 mg/L, P2- 0,0862 mg/L).



Slika 19. Koncentracija ukupnog fosfora (TP) na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom dvije eksperimentalne serije u ljeto i u jesen 2011.godine

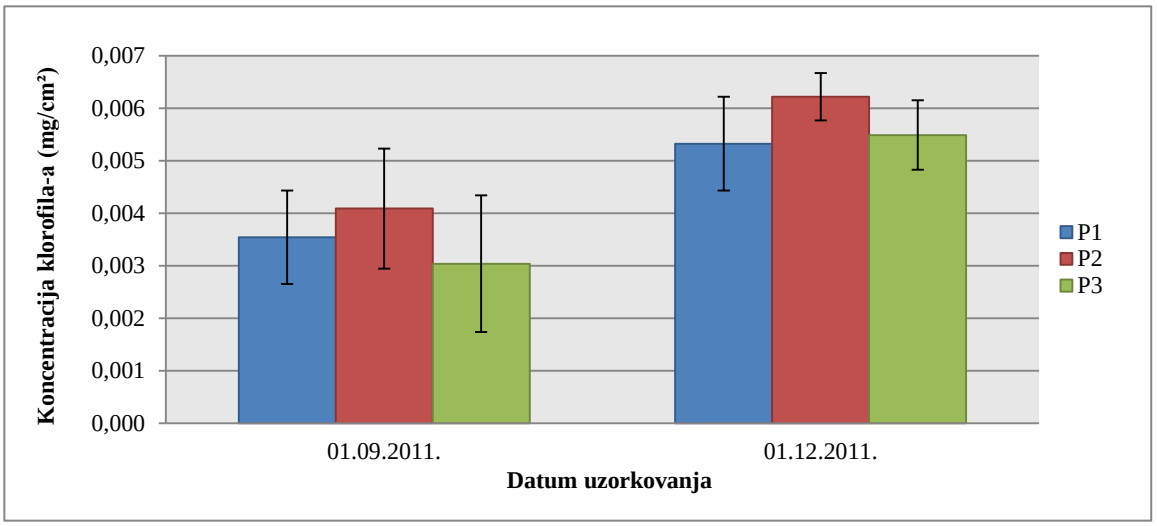
NMDS ordinacijski prikaz na temelju fizikalno-kemijskih čimbenika zabilježenih na postajama za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom 2011. godine, pokazuje jasno razdvajanje podataka u tri grupe. Prva grupa obuhvaća ljetno razdoblje, odnosno srpanj i rujan kada su zabilježene temperature vode više od 20 °C te više koncentracije ukupnog fosfora. Druga grupa obuhvaća rano jesensko (listopad) razdoblje kada su utvrđene niže temperature vode i visoke koncentracije nitrata i ukupnog dušika. Treća grupa obuhvaća kasno jesensko razdoblje (prosinac) karakterizirano niskom temperaturom vode te visokim koncentracijama nitrita i amonijevih iona (Sl. 20).



Slika 20. NMDS ordinacijski prikaz na temelju fizikalno-kemijskih čimbenika zabilježenih na postajama za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom 2011. godine.
P1-postaja broj jedan; P2-postaja broj dva; P3-postaja broj tri.

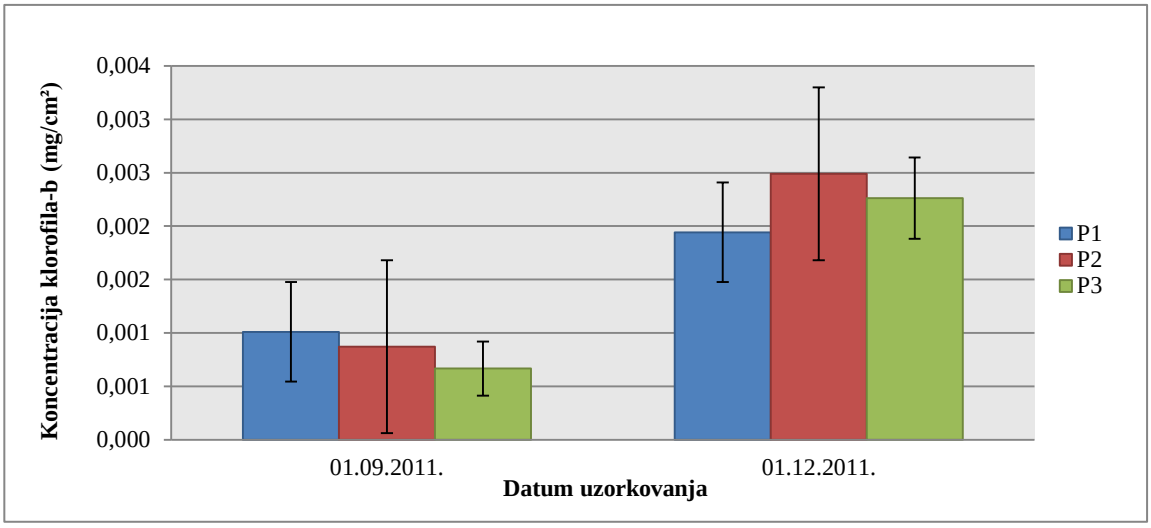
3.2. Koncentracija klorofila *-a , -b ,-c* u epiksilonu

Koncentracije klorofila-*a* u epiksilonu na svim postajama za istraživanje bile su veće u jesen nego u ljeto. Najveća koncentracija klorofila-*a* bila je u epiksilonu na postaji 2 u obje eksperimentale serije. Najniža koncentracija klorofila-*a* u ljetnoj eksperimentalnoj seriji zabilježena je na postaji 3 (0,00304 mg/cm²). U jesenkoj eksperimentalnoj seriji koncentracije klorofila-*a* u epiksilonu na postajama 1 i 3 bile su vrlo slične (Sl. 21).



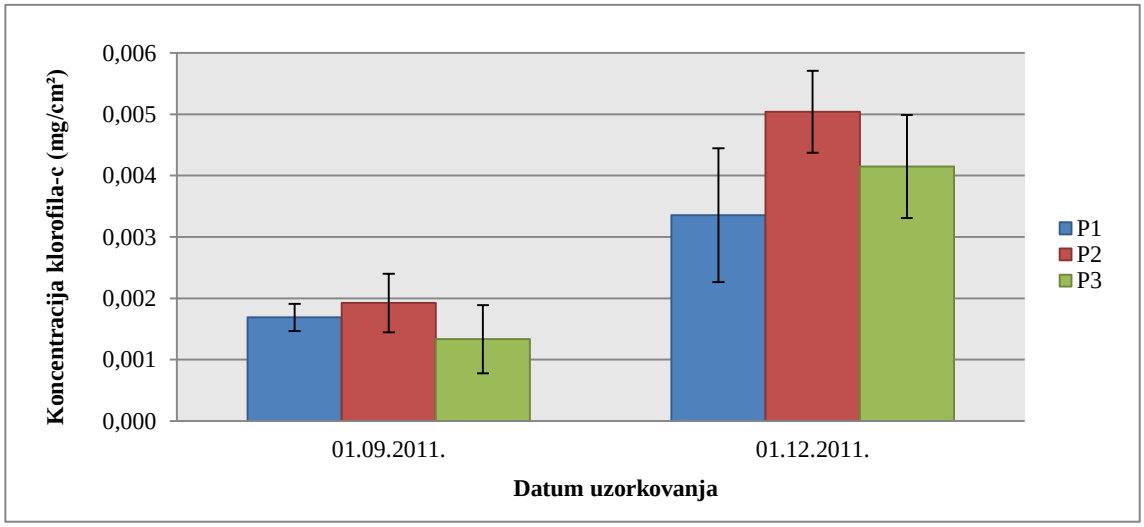
Slika 21. Koncentracije klorofila-*a* u obraštaju na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom dvije serije u rujnu i prosincu 2011.godine

Koncentracije klorofila-*b* u epiksilonu na svim postajama za istraživanje bile su veće u jesen nego u ljeto. Najveća koncentracija klorofila-*b* u ljetnoj eksperimentalnoj seriji zabilježena je na postaji 1(0,00101 mg/cm²), a najmanja na postaji 3(0,00067 mg/cm²). Na postajama 2 i 3 koncentracije klorofila-*b* u epiksilonu bile su vrlo slične u jesenskoj eksperimentalnoj seriji (Sl. 22).



Slika 22. Koncentracije klorofila-*b* u obraštaju na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom dvije serije u rujnu i prosincu 2011.godine

Koncentracije klorofila-*c* u epiksilonu na svim postajama za istraživanje bile su veće u jesen nego u ljeto. U ljetnoj eksprimentalnoj seriji najveća koncentracija klorofila-*c* u epiksilonu utvrđena je na postaji 2(0,00192 mg/cm²), dok je najniža zabilježena na postaji 3 i iznosila je 0,00133 mg/cm². Najveća koncentracija klorofila-*c* u epiksilonu zadržala se na postaji 2 i u jesenskoj eksperimentalnoj seriji, a najniža je utvrđena na postaji 1(0,00335 mg/cm²) (Sl. 23).



Slika 23. Koncentracije klorofila-*c* u obraštaju na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom dvije eksperimentalne serije u rujnu i listopadu 2011.godine

3.3. Kvalitativni i kvantitativni sastav alga u epiksilonu

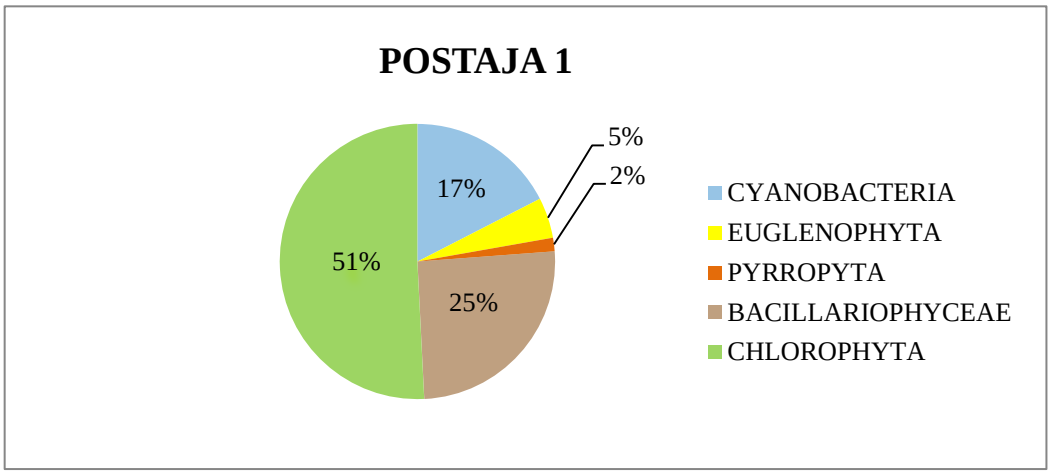
Tijekom istraživanja obraštaja u Sakadaškom jezeru utvrđeno je ukupno 137 vrsta alga. Od toga je ukupno 88 vrsta utvrđeno u obraštajnim zajednicama razvijenim tijekom ljeta, a 112 vrsta u obraštajnim zajednicama razvijenim tijekom jeseni. Ukupno 16 vrsta bilo je prisutno u obraštajnim zajednicama na svim postajama za istraživanje i to u obje eksperimentalne serije. Utvrđene vrste pripadale su skupinama Cyanobacteria, Euglenophyta, Pyrrophyta, Crysophyta (razred Bacillariophyceae) i Chlorophyta (Tab. 1).

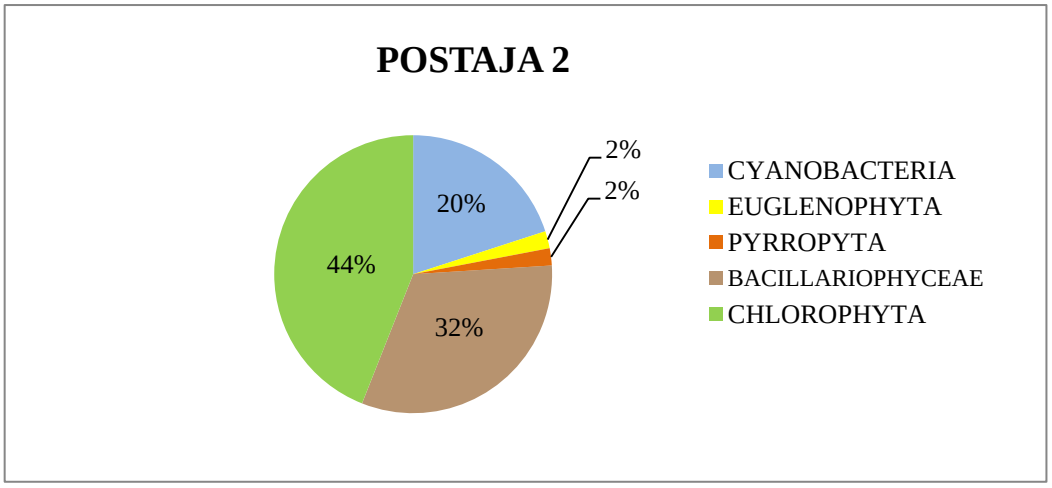
U obraštajnim zajednicama razvijenim tijekom ljeta najmanji broj vrsta utvrđen je na postaji 2 (50 vrsta), a najveći na postaji 1(63vrste). Na postaji 3 utvrđeno je ukupno 56 vrsta.

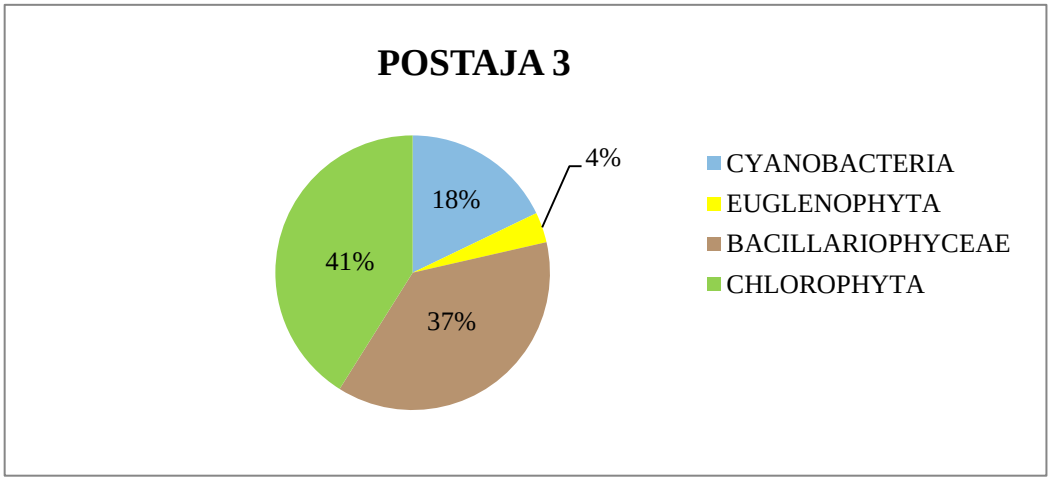
Tablica 1. Broj vrsta alga u obraštajnim zajednicama na postajama za istraživanja u Sakadaškom jezeru u rujnu 2011. godine

SKUPINA	POSTAJA 1	POSTAJA 2	POSTAJA 3
CYANOBACTERIA	11	10	10
EUGLENOPHYTA	3	1	2
PYRROPHYTA	1	1	
CHRYSOPHYTA	16	16	21
Bacillariophyceae			
CHLOROPHYTA	32	22	23
UKUPAN BROJ VRSTA	63	50	56

U zajednicama razvijenim tijekom ljeta na sve tri postaje najbrojnije su bile vrste iz skupine Chlorophyta, a činile su više od 40% ukupnog broja vrsta (Sl. 24). Nakon njih posebno su dobro bile zastupljene vrste iz skupine Chrysophyta i to iz razreda Bacillariophyceae s 16 vrsta (25%) na postaji 1 i 2 i s 21 (37%) vrstom na postaji 3. Vrste iz skupine Cyanobacteria činile su 17% ukupnog broja vrsta na postaji 1 i 20% na postaji 2, odnosno 18% na postaji 3. Broj vrsta iz skupine Euglenophyta bio je vrlo mali i kretao se od jedne vrste utvrđene na postaji 2 do tri vrste utvrđene na postaji 1. Utvrđena je samo jedna vrsta iz skupine Pyrrophyta i to samo na postajama 1 i 2.







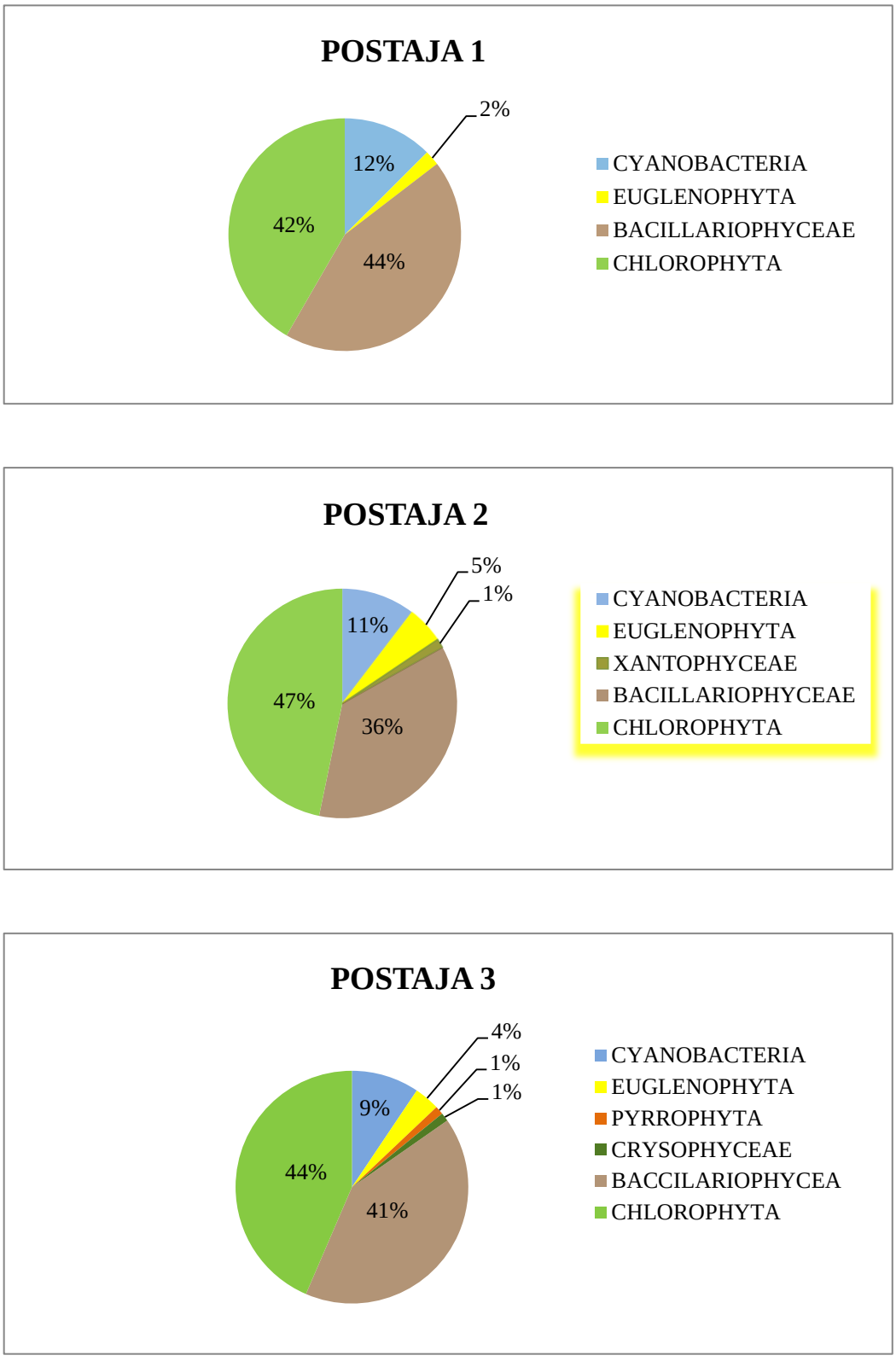
Slika 24. Zastupljenost pojedinih skupina alga u obraštajnim zajednicama na postajama za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru u rujnu 2011. godine

U obraštajnim zajednicama razvijenim tijekom jeseni najmanji broj vrsta utvrđen je na postaji 1 (48 vrsta), a najveći na postaji 3 (85 vrsta). Na postaji 2 utvrđeno je ukupno 77 vrsta. Kao i u zajednicama razvijenim tijekom ljeta utvrđene vrste alga pripadale su skupinama Cyanobacteria, Euglenophyta, Chrysophyta (razredi: Bacillariophyceae, Chrysophyceae, Xanthophyceae) i Chlorophyta. Na postaji 3 utvrđena je samo jedna vrsta iz skupine Pyrrophyta(*Cryptomonas sp*. (Ehrenb.) (Tab. 2).

Tablica 2. Broj vrsta alga u obraštajnim zajednicamana na postajama za istraživanja u Sakadaškom jezeru u prosincu 2011.godine

SKUPINA	POSTAJA 1	POSTAJA 2	POSTAJA3
CYANOBACTERIA	6	8	8
EUGLENOPHYTA	1	4	3
PYRROPHYTA			1
CHRYSOPHYTA			
Bacillariophyceae	21	28	35
Chrysophyceae			1
Xantophyceae	1		
CHLOROPHYTA	20	36	37
UKUPAN BROJ VRSTA	48	77	85

U zajednicama razvijenim tijekom jeseni na sve tri postaje najbrojnije su bile vrste iz skupine Chlorophyta, a činile su više od 40% ukupnog broja vrsta (Sl. 25). Nakon njih posebno su dobro bile zastupljene vrste iz razreda Bacillariophycea s 21 vrstom (44%) na postaji 1, 28 vrsta (36%) na postaji 2 i s 35 vrsta (41%) na postaji 3. Vrste iz skupine Cyanobacteria činile su više od 10% od ukupnog broja vrsta na postaji 1 i 2, odnosno 9% na postaji 3. Broj vrsta iz skupine Euglenophyta bio je vrlo mali i kretao se od jedne vrste utvrđene na postaji 1 do 4 vrste utvrđene na postaji 2. Utvrđena je samo jedna vrsta iz skupine Pyrrophyta i Crysophyta (razreda Crysophyceae) na postaji 3, odnosno iz razreda Xantophyceae samo na postaji 2.



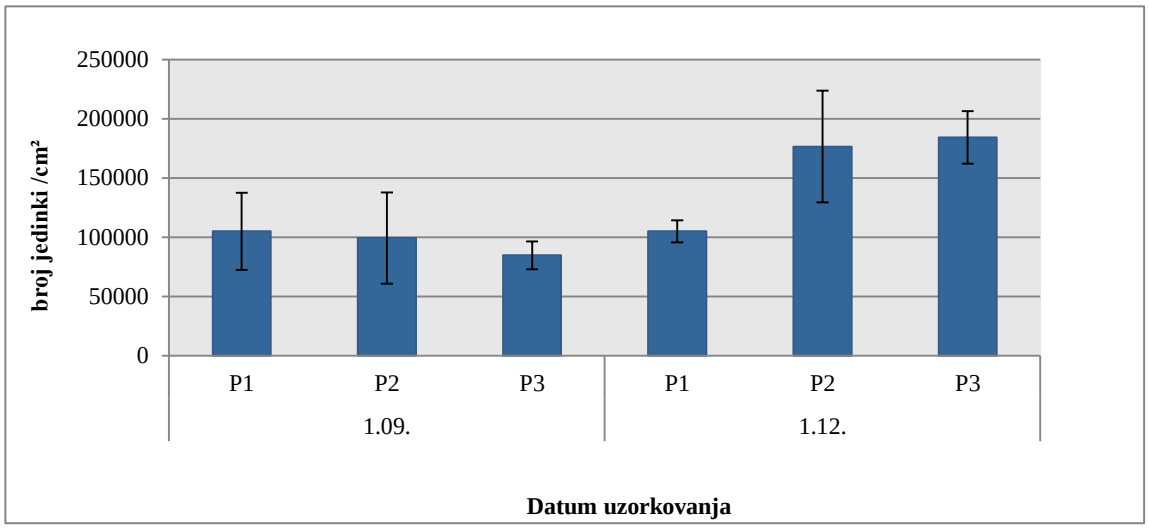
Slika 25**.** Zastupljenost pojedinih skupina alga u obraštajnim zajednicama na postajama za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru u prosincu 2011. godine

Radi utvrđivanja sličnosti u taksonomskom sastavu alga u obraštajnim zajednicama razvijenim na različitim postajama u ljeto i u jesen korišten je indeks florne sličnosti (Tab. 3). Najveći indeks florne sličnosti utvrđen je između postaja 1 i 2 u jesen , a iznosio je 70,4%. Najmanji indeks florne sličnosti bio je na postaji 1 u ljeto i jesen, a iznosio je 46,85%.

Tablica 3. Indeks florne sličnosti na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru u rujnu i prosincu 2011.godine

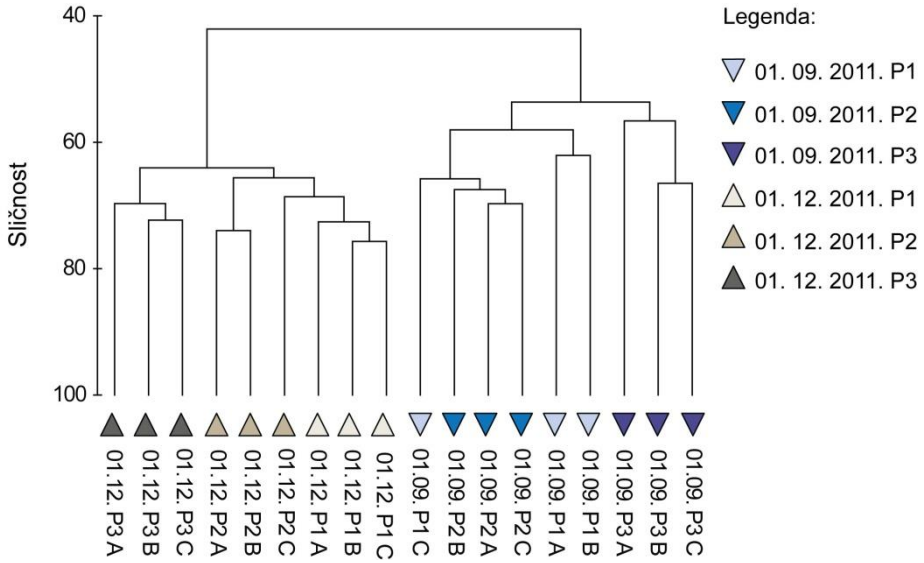
IFS (%)	**P1 01.09**.	**P2 01.09**.	**P3 01.09.**	**P1 01.12.**	**P2 01.12.**	**P3 01.12.**
P1 01.09.		67,26	61,16	46,85	57,14	51,35
P2 01.09.			68,52	55,1	56,69	51,85
P3 01.09.				58,49	60,74	58,74
P1 01.12.					70,4	57,14
P2 01.12.						65,43

Obraštajne zajednice razvijene tijekom ljeta i jeseni međusobno su se razlikovale s obzirom na utvrđen ukupan broj jedinki alga po jedinici površine. Na kraju ljetne eksperimentalne serije u ljeto ukupan broj jedinki na postajama 1 (104921 ± 32657 jed./cm^2) i 2 (99238 ± 38529 jed./cm^2) bio je vrlo sličan, dok je na postaji 3 utvrđena najmanja brojnost alga u epiksilonu i iznosila je 84 662 ± 11750 jed./cm^2. Najmanja brojnost jedinki u epiksilonu razvijenom tijekom jeseni utvrđena je postaji 1 (104 949 ± 9260 jed./cm^2) i bila je vrlo slična ukupnom broju jedinki utvrđenom na kraju ljetne eksperimentalne serije na istoj postaji. Najveći ukupan broj alga utvrđen je na kraju jesenske eksperimentalne serije na postaji 3 (184 236 ± 22225 jed./cm^2) .



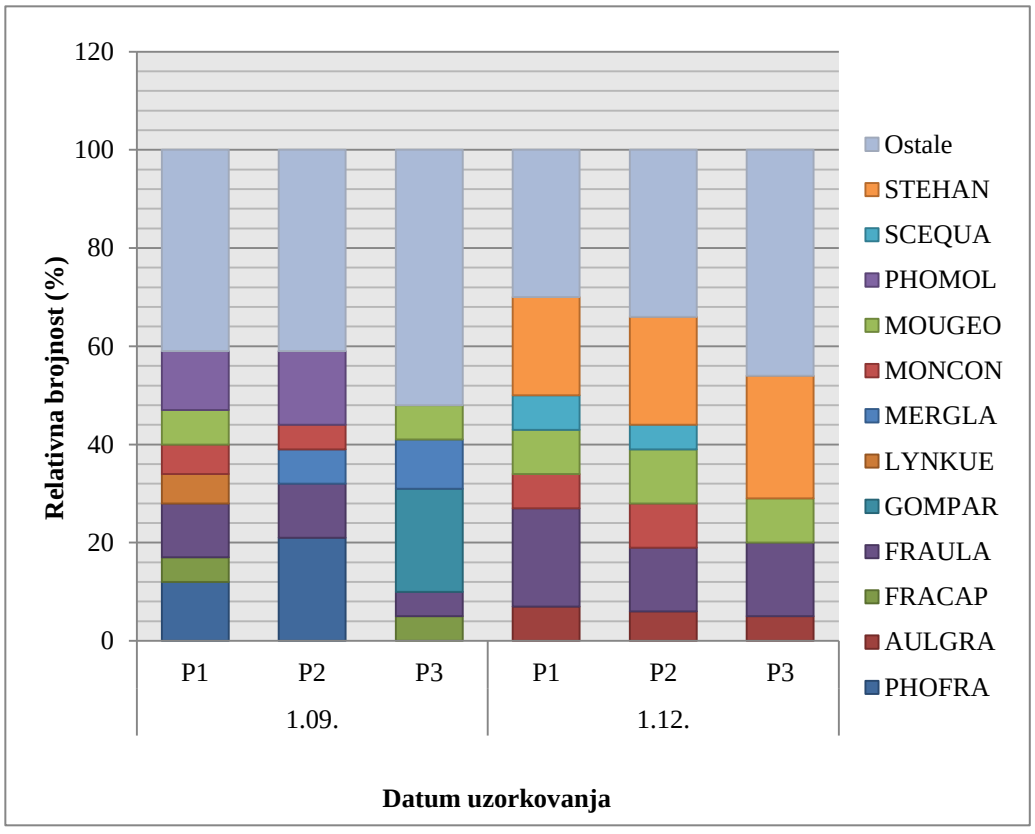
Slika 26. Broj jedinki alga u epiksilonu na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru u rujnu i prosincu 2011. godine

Radi utvrđivanja sličnosti obraštajnih zajednica s obzirom na broj jedinki po jedinici površine na tri istraživane postaje u ljeto i u jesen, korištena je hijerahijska klaster analiza. Prema klaster dendrogramu na ≈ 55% Bray Curtis sličnosti (Sl. 27) vidljivo je razdvajanje podataka u dvije grupe. Prva grupa obuhvaća sve tri postaje u ljetnom (rujan), a druga sve tri postaje u jesenskom razdoblju (prosinac).



Slika 27. Ordinacijski dijagram klaster analize broja jedinki u obraštaju na grančicama vrbe na postajama za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru tijekom 2011. godine.
(P1- postaja broj jedan; P2 - postaja broj dva; P3 - postaja broj tri)

Obraštajne zajednice razvijene na različitim postajama tijekom ljeta razlikovale su se s obzirom na dominantne vrste alga (Sl. 28). Na postaji 1 bilo je 7 dominantnih vrsta, dok je na postajama 2 i 3 utvrđeno po 5 dominantnih vrsta, a pripadale su skupinama Cyanobacteria i Chlorophyta te razredu Bacillariophyceae. Na postaji 1 dominantne su bile *Phormidium molle* (Gom.), *Phormidium fragille* (Gom.), *Lyngbya kuetzingii* Schmidle, *Mougeotia* sp. (Ag.), *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kòmark.-Legn., *Fragilaria ulna* var. *acus* (Kütz.) i *Fragilaria capucina* Desm. Na postaji 2 dominirale su *P. molle*, *P. fragille*, *Merismopedia glauca* (Ehrenb.) Kütz., *M. contortum* i *F. ulna* var. *acu*s. Na postaji 3 dominantne su bile *M. glauca*, *Mougeotia* sp., *F. ulna* var. *acu*s, *F. capucina*, a najzastupljenija je bila *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Kütz. koja je činila čak 21% ukupnog broja jedinki.



Slika 28. Dominantne vrste algi na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru u rujnu i prosincu 2011.godine

Veća ujednačenost između obraštajnih zajednica na različitim postajama s obzirom na dominantne vrste alga, utvrđena je u jesen. Posebno je velika sličnost bila između postaja 1 i 2 na kojima je utvrđeno po 6 dominantnih vrsta, dok su na postaji 3 dominantne bile 4 vrste, a

pripadale su skupini Chlorophyta te razredu Bacillariophyceae. Na sve tri postaje dominantne vrste alga bile su *Stephanodiscus hantzschii* (Grün.), *F. ulna* var. *acus*, *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Simon i *Mougeotia sp*.. Na postaji 1 i 2 utvrđena je i dominacija vrsta *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. i *M. contortum* .

Zajednice razvijene na istim postajama u ljeto i jesen međusobno su se razlikovale s obzirom na dominantne vrste alga. Vrste koje su na istim postajama utvrđene u obje eksperimentalne serije bile su na postaji 1, *Mougeotia sp., M. contortum i F. ulna* var. *acus*, na postaji 2, *M. contortum i F. ulna* var. *acus,* a na postaji 3, *Mougeotia sp.* i *F. ulna* var. *acus.*

Tablica 4. Kvalitativni sastav alga na postajama (P1 – P3) za istraživanje obraštaja u Sakadaškom jezeru u rujnu i prosincu 2011.g.

		1.09.			**1.12.**		
CYANOBACTERIA	**Kod vrste**	**P1**	**P2**	**P3**	**P1**	**P2**	**P3**
Aphanocapsa sp.	AMPSP	*					
Anabaena solitaria KLEB.	ANASOL	*	*	*		*	*
Cylindrospermopsis raceborskii (WOL.) SUBBA RAJU	CYLRAC		*	*			
Gomphosphaeria lacustris CHOD.	GOMLAC		*	*	*	*	*
Lyngbya kuetzingii SCHMIDLE	LYNKUE	*	*	*	*	*	*
Merismopedia elegans A. BRAUN in KÜTZ.	MERELE			*			
Merismopedia glauca (EHRENB.) KÜTZ	MERGLA	*	*	*	*	*	*
Merismopedia tenuissima LEMM.	MERTEN	*	*	*	*	*	*
Microcystis aeruginosa (KÜTZ.) KÜTZ.	MICAER	*					
Noctoc sp.	NOCSP	*					
Phormidium formosum BORY ex. GOM.	PHOFOR	*	*	*		*	*
Phormidium fragille GOM.	PHOFRA	*	*	*	*	*	*
Phormidium molle GOM.	PHOMOL	*	*	*	*	*	*
Pseudoanabaena limnetica (LEMM.) KOM.	PSELIM	*	*				
EUGLENOPHYTA							
Euglena acus EHRENB.	EUGACU					*	
Euglena gracilis KLEBS	EUGGRA	*					
Euglena oxyurus SCHMARDA	EUGOXY					*	
Trachelomonas volvocina EHRENB.	TRAVOL	*	*	*		*	*
Trachelomonas oblonga LEMM.	TRAOBL			*	*	*	*
Phacus pleuronectes (O.F.MÜLL.) DUJ.	PHAPLE	*		*			
Phacus caudatus HÜBN.	PHACAU						*
PYRROPHYTA							
Peridinium inconspicum LEMM.	PERINC	*					

Peridinium aciculiferum LEMM.	PERACI		*				
Cryptomonas sp.	CRYSP						*
CRYSOPHYTA							
Crysophyceae							
Chrysococcus rufescens KLEBS	CHRRUF						*
Xantophyceae							
Ophiocytium capitatum f. longispinum (MOEB.) LEMM.	OPHCAPlon					*	
Bacillariophyceae							
Achnanthidium minutissimum KUTZ.	ACHMIN	*	*	*			
Amphora ovalis (KÜTZ.) KÜTZ	AMPOVA		*	*	*	*	*
Aulacoseira granulata (EHR.) SIMONS	AULGRA	*	*	*	*	*	*
Caloneis bacillum (GRUN.) CLEVE	CALBAC			*	*		
Caloneis ventricosa (EHRENB.) MEIST.	CALVEN			*		*	*
Cocconeis placentula EHRENB.	COCPLA			*			*
Cyclotella meneghiniana KÜTZ.	CYCMEN					*	
Cymatopleura solea (KÜTZ.) W.SMITH	CYMSOL					*	*
Cymbela lanceolata (EHRENB.) V.HEURCK	CYMLAN			*	*	*	*
Cymbela sp.	CYMSP						*
Cymbela tumida (BRÉB.) V.HEURCH	CYMTUM	*	*	*	*	*	*
Cymbela ventricosa KÜTZ.	CYMVEN		*	*	*	*	*
Diatoma vulgare BORY	DIAVUL						*
Epithemia zebra (EHRENB.) KÜTZ.	EPIZEB						*
Fragilaria capucina DESM.	FRACAP	*	*	*	*	*	*
Fragilaria construens (EHRENB.) GRUN.	FRACON	*	*			*	*
Fragilaria ulna (NITZSCH) LANGE-BERT.	FRAULN		*		*	*	
Fragilaria ulna var acus (KÜTZ.) LANGE-BERT.	FRAULA	*	*	*	*	*	*
Gomphonema acuminatum EHRENB.	GOMACU	*					*
Gomphonema aponina KÜTZ.	GOMAPO						*
Gomphonema olivaceum (LYNGB.) DESM.	GOMOLI	*	*	*	*	*	
Gomphonema parvulum (KÜTZ.) KÜTZ.	GOMPAR	*	*	*	*	*	*
Gomphonema truncatum EHRENB.	GOMTRU	*	*				*
Gyrosigma acuminatum (KÜTZ.) RABENH.	GYRACU				*	*	*
Melosira varians AG.	MELVAR	*		*		*	
Navicula avenacea GRUN.	NAVAVE			*		*	*
Navicula capitata EHRENB.	NAVCAP			*	*	*	*
Navicula cryptocephala KÜTZ.	NAVCRY	*	*	*	*	*	*
Navicula elginensis (GREG.) RALFS	NAVELG				*	*	
Navicula placentula (EHRENB.) KÜTZ.	NAVPLA					*	
Navicula gastrum (EHRENB.) KÜTZ	NAVGAS						*
Navicula lanceolata (AG.) KÜTZ.	NAVLAN						*
Navicula mutica KÜTZ.	NAVMUT						*
Navicula pupula KÜTZ.	NAVPUP						*
Navicula viridula (KÜTZ.) KÜTZ.	NAVVIR				*	*	*
Nitzschia acicularis W.SMITH	NITACI						*
Nitzschia amphibia GRUN.	NITAMP	*	*	*	*	*	*

Nitzschia fonticola GRUN.	NITFON	*	*				*
Nitzschia frustulum (KÜTZ.) GRUN.	NITFRU					*	*
Nitzschia obtusa W.SMITH	NITOBT					*	
Nitzschia palea (KÜTZ.) W.SMITH	NITPAL				*		
Nitzschia recta HANT. ex RABENH.	NITREC				*	*	
Nitzschia sigma (KÜTZ.) W.SMITH	NITSIG				*	*	*
Rhopalodia gibba (EHRENB.) O.MÜLL	RHOGIB	*	*	*			*
Stephanodiscus hantzschii GRUN.	STEHAN	*	*	*	*	*	*
Surirela ovata KÜTZ.	SUROVA						*
CHLOROPHYTA							
Ankistrodesmus falcatus (CORDA) RALFS	ANKFAL	*		*	*	*	*
Ankistrodesmus gracilis (REINSCH) KORŠ.	ANKGRA	*			*	*	*
Asterococcus superbus SCHERFF.	ASTSUP					*	*
Closteriopsis acicularis (G.M.SMITH) BELCH.	CLOACI	*				*	
Closterium gracile BRÉB. ex RALFS	CLOGRA	*		*		*	*
Coelastrum astroideum DE-NOT.	COEAST		*				*
Coelastrum microporum NÄG.	COEMIC		*	*		*	
Coelastrum pseudomicroporum KORŠ.	COEPSE		*				*
Cosmarim sp .	COSSP			*			*
Cosmarium phaseolus BREB.	COSPHA			*			
Cosmarium laeve RABENH.	COSLAE	*	*				
Crucigeniella apiculata (LEMM.) KOM.	CRUAPI						*
Crucigenia tetrapedia G.S.WEST	CRUTET	*	*		*	*	*
Dictyospaerium ehrenbergianum NÄG.	DICEHR	*	*	*	*	*	*
Dyctiospaerium pulchellum WOOD	DICPUL						*
Oedogonium sp.	OEDSP		*	*			
Gloeocystis sp.	GLOSP	*				*	
Kirchneriella contorta (SCHMIDLE) BOHL.	KIRCON			*	*		
Koliella longiseta (VISCH.) HIND.	KOLLON		*		*	*	*
Lagerheimia genevensis CHOD.	LAGGEN						*
Micractinium pusillum FRES.	MICPUS						*
Monoraphidium arcuatum (KORŠ.) HIND.	MONARC					*	
Monoraphidium contortum (THUR.) KOM.-LEGN.	MONCON	*	*	*	*	*	*
Monoraphidium griffithi (BERK.) KOM-LEGN.	MONGRI				*	*	
Monoraphidium irregulare (G.M.SMITH) KOM-LEGN.	MONIRR	*	*	*			*
Monoraphidium minutum (NÄG.) KOM.-LEGN.	MONMIN	*			*	*	*
Mougeotica sp.	MOUSP	*	*	*	*	*	*
Nephroclamys lunatum W.WEST	NEPLUN	*		*			*
Nephroclamys subsolitaria WITTR.	NEPSUB	*					
Oocystis lacustris CHOD.	OOCLAC						*
Oocystis marsonii LEMM.	OOCMAR				*	*	
Pediastrum boryanum (TURP.) MENEGH	PEDBOR	*	*		*	*	
Pediastrum duplex MEYEN	PEDDUP					*	*
Pediastrum simplex MEYEN	PEDSIM			*	*	*	*
Phacotus lenticularis EHRENB.	PHALEN	*	*			*	

Pediastrum tetras (EHRENB.) RALFS	PEDTET		*	*			
Planctonema lauterbornii SCHMIDLE	PLALAU	*					
Scenedesmus acutus (MEYEN) CHOD.	SCEACU			*	*		*
Scenedesmus acuminatus (LAGERH.) CHOD.	SCEACUM	*	*	*	*	*	*
Scenedesmus abundans (KIRCHN.) CHOD.	SCEABU	*	*			*	
Scenedesmus alternans REINSCH	SCEALT					*	*
Scenedesmus bicaudatus (HANSG.) CHOD.	SCEBIC					*	*
Scenedesmus denticulatus LAGERH.	SCEDEN				*		
Scenedesmus disciformis (CHOD) FOTT KOM.	SCEDIS				*	*	
Scenedesmus ecornis (RALFS) CHOD.	SCEECO		*	*	*	*	*
Scenedesmus intermedius CHOD.	SCEINT			*			
Scenedesmus linearis KOM.	SCELIN	*	*	*			
Scenedesmus longispina CHOD.	SCELON				*	*	*
Scenedesmus dimorphus (TURP) KÜTZ.	SCEDIM	*					
Scenedesmus maximus (WEST et G.M.WEST) CHOD.	SCEMAX					*	*
Scenedesmus opoliensis P.RICHT.	SCEOPO					*	*
Scenedesmus pannonicus HORTOB.	SCEPAN					*	
Scenedesmus gudaricauda (TURB.) BRÉB.	SCEQUA	*	*	*	*	*	*
Scenedesmus spinosus CHOD.	SCESPI	*	*	*	*	*	*
Schroederia setigera (SCHRÖD.) LEMM.	SCHSET	*					
Staurastrum gracile RALFS	STAGRA	*	*			*	
Staurastrum sp.	STASP						*
Teträedon caudatum (CORDA) HANSG.	TETCAU	*				*	*
Teträedon minimum (A.BR.) HANSG.	TETMIN	*	*	*		*	*
Teträedon trigonum (NÄG.) HANSG.	TETTRI	*					
Teträedon trilobatum (REINSCH) HANSG.	TETTRIL	*					
Tetrastrum elegans PLAYF.	TETELE						*
Tetrastrum glabrum (ROLL) AHLSTR. et TIFF.	TETGLA	*			*	*	*
Tetrastrum staurogeniaeformne (SCHRÖD.) LEMM.	TETSTA	*					
Tetrastrum triangulare (CHOD.) KOM.	TETTRIAN						*

4. RASPRAVA

4. RASPRAVA

Istraživanja alga u obraštajnim zajednicama na grančicama vrbe u poplavnom području Kopačkog rita, provedena su na tri postaje u Sakadaškom jezeru u kasno ljetnom i kasno jesenskom razdoblju. Promjene fizikalno-kemijskih svojstava vode Sakadaškog jezera značajno su ovisile o promjenama vodostaja Dunava i dinamici plavljenja (Mihaljević i sur., 2009; 2010). Tijekom istraživanja zabilježena su kratkotrajna plavljenja u srpnju i kolovozu te jedno kratkotrajno plavljenje u listopadu. Dunavske poplavne vode su obogaćene suspendiranim tvarima (Hein i sur., 2004) te se njihovim ulaskom povećava koncentracija hranjivih tvari u jezeru (Mihaljević i sur., 2009; Peršić i sur., 2009). Osim toga, ispiranje okolnog područja obraslog vegetacijom i akumulacija organske tvari pridonose zadržavanju većih koncentracija hranjivih tvari u jezeru u razdobljima nakon plavljenja (Mihaljević i sur., 2009). Općenito su poplavna područja poznata kao zone skladištenja i akumulacije organske tvari (Keckeis i sur., 2003; Pithart i sur., 2007). Fizikalno-kemijska svojstva vode na sve tri postaje bila su slična, na što ukazuju rezultati NMDS analize (Sl. 20.), ali su utvđene razlike između fizikalno-kemijskih svojstava vode u ljeto i jesen. Više temperature vode i veći sadržaj ukupnog fosfora utvrđeni su u ljeto, dok su u jesen temperature vode bile niže, a koncentracije amonijevih iona, nitrata i nitrita i sadržaj ukupnog dušika, viši. Koncentracije hranjivih tvari u vodi Sakadaškog jezera su se mijenjale, ali su u obje eksperimentalne serije bile dovoljno visoke da bi omogućile razvoj alga u obraštajnim zajednicama. Tank i Dodds (2003) su pokazali da hranjive tvari (dušik i fosfor) značajno utječu na razvoj autotrofne komponente epiksilona.

Istraživanja epiksilona na tri postaje u Sakadaškom jezeru pokazala su da se tijekom pet tjedana na grančicama vrbe mogu razviti vrlo složene zajednice alga. Zajednice alga razvijene na različitim postajama tijekom ljeta bile su slične s obzirom na taksonomski sastav i ukupan broj jedinki alga, ali su se s obzirom na dominantne vrste međusobno razlikovale. Najviše se izdvaja postaja 3 u kojoj je utvrđen najmanji broj dominantnih vrsta i najveća zastupljenost dijatomeje *Gomphonema parvulum*. Kako se postaja 3 nalazi u blizini Ustave Kopačevo, podizanje ustave te vezano uz to i jača strujanja vode, unos i zadržavanje biljnog materijala oko postaje za istraživanje, mogla su utjecati na nešto drugačiji sastav dominantnih vrsta u odnosu na postaje 1 i 2. Također su ovakvi uvjeti mogli potaknuti bolji razvoj *G. parvulum* koja ima veliku otpornost na otkidanje i različite disturbancije te je klasificirana kao R-strateg (Biggs i sur., 1998).

Na sve tri postaje u ljeto dominantne su bile vrste iz skupina Cyanobacteria i Chlorophyta te vrste iz razreda Bacillariophyceae. Cijanobakterije ne razvijaju specifične strukture za pričvršćivanje već izlučuju polisaharidni matriks pomoću kojeg se priljubljuju uz podloge. U epiksilonu razvijenom tijekom ljeta dominantne su bile vrste *Lyngbya kuetzingii*, *Merismopedia glauca, Phormidium molle* i *P. fragille.* Poznato je da više temperature vode pogoduju razvoju vrsta iz rodova *Merismopedia* (Akton i Akykulu, 2003), *Lyngbya* i *Phormidium* (Watkinson i sur., 2005; Bin Wei i sur., 2001). Također, vrstama roda *Phormidium* pogoduju i više pH vrijednosti vode (Bin Wei i sur., 2001). Istraživanja obraštaja na umjetnim podlogama pokazala su da se u eutrofnom sustavu kakvo je Sakadaško jezero uslijed brzog nakupljanja bakterija, obraštaj vrlo brzo formira. Ovo ujedno omogućuje i brzo priljubljivanje i zadržavanje različitih vrsta cijanobakterija na podlogama (Mihaljević i Žuna Pfeiffer, 2012).

Kako više temperature vode potiču razvoj zelenih alga (Graham i sur., 1996), u epiksilonu su tijekom ljeta uz cijanobakterije dominirale i zelene alge, *Mougeotia* sp i *Monoraphidum contortum. Mougeotia sp.* je nitasta zelena alga koja ne razvija specijalizirane strukture za prihvaćanje za podlogu (Biggs i sur., 1998). Dobro je prilagođena alkalnim uvjetima (Graham i sur., 1996) te joj je pogodovao visok pH vode jezera. Drvene podloge su važan izvor ugljika koji doprinosi razvoju alga u epiksilonu (Vadeboncoeuer i Longe, 2000). *Mougeotia sp.* može koristiti anorganski ugljik kojeg preuzima iz drvenih podloga što je pridonijelo njenoj dominaciji u epiksilonu razvijenom u obje eksperimentalne serije (Graham i sur., 1996).
Vrstama roda *Monoraphidium* pogoduju visoke koncentracije hranjivih tvari u vodi, a posebno fosfora (Felisberto i sur., 2011). Tako je visok sadržaj ukupnog fosfora u vodi jezera pogodovao razvoju vrste *M. contortum* koja ne razvija posebne strukture za prihvaćanje, ali se može zadržavati u razvijenim obraštajnim zajednicama. *Mougeotia* sp. i vrste roda *Phormidium* klasificirane su kao C-S-stratezi i općenito karakteriziraju obraštaj u kasnijoj fazi razvoja (Biggs i sur., 1998).

Dijatomeje su općenito dobro razvijene u obraštaju u različitim vodenim ekosustavima i na različitim tipovima podloga jer razvijaju stukture kojima se pričvršćuju za podlogu (Ács i Kiss, 1993; Ács i Buczkó, 1994; Szabó i sur., 2008; Kralj i sur., 2006). Tako je na svim postajama u ljeto dominirala *Fragilaria ulna* var. *acus,* dok je *F. capucina* dominirala na postajama 1 i 3, a *G. parvulum* samo na postaji 3. Sve ove vrste mogu dominirati u kasnijoj fazi razvoja obraštaja, a njihove morfološke karakteristike značajno pridonose razvoju

trodimenzionalne strukture obraštaja (Hoagland i sur., 1982). *F. capucina* i *F. ulna* var. *acus* se pričvršćuju za podlogu apikalnim vrhom pomoću želatinoznih jastučića na krajevima stanica (Bahulikar, 2006), a *G. parvulum* pomoću kraćih odnosno dužih želatinoznih stapki (Ács i sur., 2000; Plenković-Moraj i sur., 2008). Vertikalni rast omogućuje dijatomejama zauzimanje odgovarajućeg položaja u zajednici i dostupnost većim koncentracijama hranjivih tvari te svjetlosti. Sve vrste dominantne u epiksilonu razvijenom tijekom ljeta, utvrđene su, iako s manjom brojnošću, i u obraštaju na umjetnim podlogama tijekom istraživanja naseljavanja alga i razvoja obraštaja u Sakadaškom jezeru (Mihaljević, Žuna Pfeiffer, neobjavljeni podaci).

Istraživanja epiksilona pokazala su da sastav dominantnih vrsta može ovisiti i o sezonskim uvjetima. Utjecaj sezonskih uvjeta vidljiv je iz klaster analize (Sl. 27.) koja je jasno pokazala odvajanje zajednica alga razvijenih u ljeto od zajednica alga razvijenih tijekom jeseni. U jesen su na svim postajama za istraživanje koncentracije hranjivih tvari (amonijevi ioni, nitrati, nitriti) bile više nego u ljeto, a zabilježeno je samo jedno kratkotrajno plavljenje jezera. Ovakvi su uvjeti bili stimulirajući za razvoj alga na što ukazuje i veća utvrđena brojnost jedinki u epiksilonu na svim postajama istraživanja u jesen u odnosu na ljeto. Dominantne vrste u epiksilonu bile su zelene alge i dijatomeje, a sastav dominantnih vrsta bio je isti na postajama 1 i 2, dok se postaja 3 kao i u ljeto, izdvojila s najmanjim brojem dominantnih vrsta. Kao i u zajednicama razvijenim tijekom ljeta, iz skupine Chlorophyta u dominirale su *Mougeotia* sp. i *M. contortum*, ali je utvrđena i veća brojnost vrste *Scenedesmus quadricauda.* Ova se vrsta zadržava u obraštaju razvijenom i na umjetnim podlogama u Sakadaškom jezeru (Mihaljević i Žuna Pfeiffer, neobjavljeni podaci), a utvrđena je i u obraštaju i u drugim vodenim ekosustavima (Sekar i sur., 2004). Dijatomeje su u jesen bile najbrojnije u epiksilonu na svim postajama. Kao i u ljeto, dominantna je bila *F. ulna* var. *acus*, ali su zajednice na svim postajama upotpunjavale vrste *Stephanodiscus hantzschii* te *Aulacoseira granulata*. *S. hantzschii* prilježe uz podloge, dok *A. granulata* izlučuje polisaharidne tvari (Vieira i sur., 2008) koje pridonose njenom lakšem i čvršćem prilijeganju uz podlogu. Obje se vrste razvijaju i na umjetnim staklenim podlogama, a *S. hantzschii* zbog načina prihvaćanja može započeti proces naseljavanja podloga.

Općenito se razvoj obraštaja odvija u smjeru postizanja tzv. „klimaksa" obraštajnih zajednica u kojima su najzastupljenije vrste klasificirane kao C- i C-S-stratezi (Biggs i sur., 1998). Međutim, iako su se tijekom pet tjedana razvoja u ljeto i jesen u epiksilonu razvile bogate i raznolike zajednice alga, „klimaks" obraštajnih zajednica nije postignut.

5. GLAVNI REZULTATI I ZAKLJUČAK

5. ZAKLJUČCI

Fizikalno-kemijska svojstva vode praćena na tri postaje u Sakadaškom jezeru bila su vrlo slična, ali su utvrđene razlike između fizikalno-kemijskih čimbenika u ljeto i jesen. Promjene sezonskih uvjeta utjecale su na smanjenje temperature vode jezera u jesen, a dinamika plavljenja je pridonijela promjenama koncentracija hranjivih tvari u vodi jezera.

Obraštajne zajednice na grančicama vrbe karakterizirane su velikom raznolikošću vrsta alga (ukupno 137 vrsta).

Zajednice razvijene u ljeto i u jesen, međusobno su se razlikovale s obzirom na ukupan broj vrsta, ukupan broj jedinki i dominantne vrste alga. Veća raznolikost vrsta i veća brojnost jedinki alga bila je u zajednicama razvijenim tijekom jeseni. U ljeto su u zajednicama dominirale cijanobakterije, zelene alge i dijatomeje, a u jesen zelene alge i dijatomeje.

Zajednice na različitim postajama razvijene tijekom ljeta bile su slične s obzirom na kvalitativan i kvantitativan sastav alga, ali su se razlikovale s obzirom na dominantne vrste. *Mougeotia* sp. nije bila dominantna na postaji 2, a *Monoraphidium contortum* na postaji 3. *Gomphonema parvulum* je dominirala u epiksilonu samo na postaji 3. Kratkotrajna plavljenja i blizina Ustave pridonijeli su razvoju ove vrste koja je otporna na disturbancije.

Zajednice na različitim postajama razvijene tijekom jeseni bile su slične s obzirom na dominantne vrste, a posebno je velika sličnost utvrđena između postaja 1 i 2. Dominirale su dijatomeje (*Stephanodiscus hantzschii, Fragilaria ulna* var. *acus, Aulacoseira granulata)* i zelene alge (*Mougeotia* sp., *Monoraphidium contortum* i *Scenedesmus quadricauda*).

Istraživanja alga u epiksilonu na grančicama vrbe pokazala su da su zajednice vrlo raznolike te da na njihovo formiranje utječu okolišni i sezonski uvjeti.

6. LITERATURA

6. LITERATURA

° Ács É, Buczkó K. 1994. Daily changes of reed periphyton composition in a shallow Hungarian Lake (Lake Velencei), 13th international diatom symposium; Botanical Department Hungarian Natural – History Museum; H – 1476 Budapest, Pf 222, Hungary.

° Ács É, Kiss KT, Szabó K, Makk J. 2000. Short – term colonization sequences of periphyton on glass slides in a large river (River Danube, near Budapest). Algological Stud 100: 135 – 156.

° Ács É, Kiss KT. 1993. Colonization processes of diatoms on artificial substrates in the River Danube near Budapest (Hungary). Hydrobiologia 269/270:307 – 315.

° Aktan A, Aykulu G. 2003. A study on the occurence of *Merismopedia* Meyen (Cyanobacteria) population on the littoral sediments of Ízmit Bay (Turkey). Turk J Bot 27: 277 – 284.

° Albay M, Akcaalan R. 2003. Comparative study of periphyton colonization on common reed (*Phragmites australis*) and artificial substrate in a shallow lake, Manyas, Turkey. Hydrobiologia 506 – 509: 531 – 540.

° Anagnostidis K, Komárek J. 1985. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 1. Introduction. Arch Hydrobiol Suppl 71 ½: 291-302.

° APHA. 1985. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters. Washington.

° APHA. 2000. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters. Washington.

° Azim ME, Beverdige MCM., van Dam AA, Verdegem MCJ. Periphyton: Ecology, Exploitation and Management. CABI, Oxfordshire i Cambridge, 352 pp.

° Bahulicar R. 2006. Diatoms from littoral zone of Lake Constance: Diversity, phylogeny, extracellular polysaccaharides and bacterial associations. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades des Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.) an der Universität Konstanz, Fachbereich Biologie., 177 pp.

° Biggs BJF, Stevenson RJ, Lowe RL. 1998. A habitat matrix conceptual models for stream periphyton. Arch Hydrobiol 143: 21 – 56.

° Bognar A. 1990. Geomorfologija Baranje. Štamparski zavod Ogljen Prica, Zagreb, 312 pp.

° Carrias JF, Serre JP, Ngando TS, Amblard C. 2002. Distribution, size and bacterial colonization of pico- and nano-detrital organic particles (DOP) in two lakes of different trophic status. Limnol Oceanogr 47: 1202 – 1209.

° Danilov RA, Ekelund NGA. 2001. Comparison of usefulness of three types of artificial substrata (glass, wood and plastic) when studying settlement patterns of periphyton in lakes of different trophic status. J Microbiol Methods 45: 167 – 170

° Dodds WK, Smith VH, Lohman K. 2002. Nitrogen and phosphorus relationships to benethic algal biomass in temperature streams. Can J Fish Aquatic Sci 59: 865 – 874.

° Felisberto SA, Leandrini JA, Rodrigues L. 2011. Effects of nutrients enrichment on algal communities: an experimental in mesocosms approach. Acta Lymnol Bras 23(2): 128 – 137.

° Gottlieb AD, Richards JH,Gaiser EE. 2006. Comparative study of periphyton community structure in long and short – hydroperiod Everglades marshes. Hydrobiologia 569: 195 – 207.

° Graham JM, Avila PR, Graham LE. 1996. Physiological ecology of a species of the filamentous green alga *Mougeotia* under acidic conditions: light and temperature effects on photosynthesis and respiration. Limnol Oceanogr 41(2): 253 – 262.

° Gucunski D. 1984. Fitoplankton Sakadaškog jezera nakon katastrofalnog djelovanja otpadnih voda u ožujku 1984. godine. Drugi kongres biologa Hrvatske, Zadar, Zbornik sažetaka priopćenja, 81-82.

° Gucunski D.1994. Važnost zaštite hidrološkog sustava Specijalnog zoološkog rezervata Kopački rit. Zbornik ekoloških radova " Problemi u zaštiti okoliša". Osijek 1: 15 – 23.

° Hein T, Baranyi C, Reckendorfer W, Schiemer F. 2004. The impact of surface water exchange on the nutrient and particle dynamics in side – arms along the River Danube, Austria. Sci Total Environ 328: 207 – 218.

° Hindak F, Cyrus Z, Marvan P, Javornicky P, Komarek J, Ettl H, Rosa K, Sladečkova A, Popovsky J, Punčocharova M, Lhotsky O. 1978. Slatkovodne riasy. Slovenske pedagogicke nakladelstvo, Bratislava.

° Hindak F. 1977 – 1990. Studies on the chlorococcales algae (Chlorophyceae). I-IV. VEDA. Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava.

° Hoagland KD, Roemer SC, Rosowski JR. 1982. Colonization and community structure of two periphyton assemblages with emphasis on the diatoms (Bacillariphycea). Amer J Bot 69 (2): 188 – 213.

° Huber – Pestalozzi G. 1961-1990. Das phytoplankton des Susswassers. Teil 1 – 7. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. Germany.

° Junk WJ, Bayley PB, Sparks RE. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. Can Spec Publ Fish Aquatic Sci 106: 110 – 127.

° Keckeis S, Baranyi C, Hein T, Holarek C, Riedler P, Schiemer F. 2003. The significance of zooplankton grazing in a floodplain system of the River Danube. J Plankton Res 25(3): 243 – 353.

° Komárek J, Anagnostidis K. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4. Nostocales. Algological Stud 56: 247-345.

° Komárek J. 1973. The communities of algae of Opatovicky Fishpond (South Bohemia). In: Heiny, S. (ed.), Ecosystem on Wetland Bime in Czechoslovakia. Czechosl. IBT/PT – PP Report No 3, Trebon, 179 - 184.

° Komárková J. 1989. Primárni produkce ř as ve slatkovodních ekosystemech. In Dykyová, D.(ed), Metody studia ecosystému. Academia Praha, Praha, 330-347.

° Komulaynen S. 2007. Short – and long – term changes in phytoperiphyton structure and production in small streams of eastern Fennoscandia. J Oceanogr Hydrobiol 36(1): 190 – 198.

° Šarčević Kopić I. 2008. Utjecaj dinamike plavljenja na sastav epiksilona u poplavnom području Dunava. Magistarski rad.

° Kralj K, Plenković – Moraj A,Gligora M, Primc – Hambdija B, Šipoš L. 2006. Structure of periphytic community on artificial substrata: influence of depth, slide orientation and colonization time in karstic Lake Visovačko, Croatia. Hydrobiologia 560: 249 – 258.

° Lamberti GA, Ashkenas LR, Gregory SV, Steinman AD. 1987. Effects of three herbivores on periphyton communities in laboratory streams. J N Am Benthol Soc 6(2): 91 – 104.

° Leadrini JA, Rodrigues L. 2008. Temporal variation of periphyton biomass in semilotic environments of the upper Paraná river floodplain. 23. Acta Limnol Bras 20(1): 21 – 28.

° Leadrini JA, Fonseca IA, Rodrigues L. 2008. Characterization of habitats based on algal periphyton biomass in the upper Paraná River floodplain, Brazil. Brazil J Biol 68(3): 503 – 509.

° Levkov Z, Krstic S. 2002. Use of algae for monitoring of heavy metals in the River Vardar, Macedonia. Medit Mar Sci 3/1: 99 – 112.

° Liboriussen L. 2003. Production, regulation and ecophysiology of periphyton in shallow freshwater lakes. PhD thesis. National Environmental Research Institute, Denmark. 48pp.

° Mihaljević M, Žuna Pfeiffer. 2012. Colonization of periphyton algae in a temperate floodplain lake under a fluctuating spring hydrological regime. Fundam Appl Limnol 180: 13 – 25.

° Mihaljević M, Getz D, Tadić Z, Živanović B, Gucunski D, Topić J, Kalinović I, Mikuska J. 1999. Kopački rit – Pregled istraživanja i bibliografija. HAZU, Zavod za znanstveni rad Osijek, Zagreb – Osijek, 187 pp.

° Mihaljević M, Stević F, Horvatić J., Hackenberger – Kutuzović. 2009. Dual impact of the flood pulses on the phytoplankton assemblages in a Danubian floodplain lake (Kopački rit Nature Park, Croatia). Hydrobiologia 618: 77 – 88.

° Mihaljević M, Stević F. 2011. Cyanobacterial blooms in a temperate river – floodplain ecosystem: the importance of hydrological extremes. Aquat Ecol 45:335-349.

° 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.

° Nofdianto O. 2011. Growth response of algal periphyton to light and temperature. Oseanol Limnol Indonesia 37(1): 155 – 169.

° Pascher A. 1976. Die Süsswasser – flora Mitteleuropas. Heft 10. Bacillariophyta (Diatomeae). JENA.

° Palijan G. 2010. Different impact of flood dynamics on the development of culturable planktonic and biofilm bacteria in floodplain lake. Pol J Ecol 58 (3): 439 – 448.

° Peršić V, Horvatić J, Has-Schön E, Bogut I. 2009. Changes in N and P limitation induces by water level fluctuations in Nature park Kopački Rit (Croatian): nutrient enrichment bioassay. Aguat Ecol 43: 27 – 36.

° Pithart David, Pichlová R, Bílý M, Hrbáček J, Novotná K, Pechar L. 2007. Spatial and temporal diversity of small shallow waters in river Lužnice floodplain. Hydrobiologia 584: 265 – 275.

° Plenković – Moraj A, Kralj K, Gligora M. 2008. Effect of current velocity on diatom colonization on glass slides in unpollated headwater creek. Period Biol 110(3): 291 – 295.

° Sekar R, Venugopalan VP, Nandakumar K, Nair KVK, Rao VNR. 2004. Early stages of biofilm succession in a lenthic freshwater environment. Hydrobiologia 512: 97 – 108.

° Shibi K, Cherifi O, El gharmail A, Oudra B, Aziz F. 2012. Accumulation and toxicological effects of cadmium, copper and zinc on the growth and photosynthesis of the freshwater diatom *Planothidium lanceolatum* (Brébisson) Large-Beratalot: A laboratory study. J Mater Environ Sci 3(3): 497 – 506.

° Sörensen T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant society based on similarity of species content. K. Danske. Vidensk. Selsk. 5: 1-3.

° Steinman AD. 1996. Effect of grazing on freshwater benethic algae. In: Algal Ecology, Freshwater Benethic Ecosystems (Edser J. Stevenson M.L., Bothwell i Lowe R.L.), Academic Press, Inc. 341-373.

° Stelzer RS, Lamberti GA. 2001. Effects of N:P ration and Total Concentracion on Stream Periphyton Community Structure, Biomass, and Elemental Composition. Limnol Oceanogr 46(2): 356 – 367.

° Stilinović B, Plenković – Moraj A. 1995: Bacterial and phytoplanktonic research of Ponikve artificial lake on the island of Krk. Period Biol 97: 351 – 358.

° Szabó KE, Makk J, Kiss KT, Eiler A, Ásc É, Tóth B, Kiss ÁK, Bertilsson S. 2008. Sequential colonization of river periphyton analysed by microscopy and molecular fingerprinting. Freshwater Biol 1-13.

° Tank JL, Dodds WK. 2003. Nutrient limitation of epilithic and epixylic biofilms in ten North American streams. Freshwater Biol 48: 1031 – 1049.

° Tang EPY, Vincent WF. 1999. Strategies of termal adaptation by high – latitude cyanobacteria. New Phytol 142: 315 – 323.

° Vadeboncoeur V, Londge DM. 2000. Periphyton production on wood and sediment: substratum – specific response to laboratory and whole – lake nutrient manipulations. J N Am Benthol Soc 19(1): 68 – 81.

° Vieira AAH, Ortolano PIC, Giroldo D, Oliveira MJD, Bittar TB, Lambardi AT, Sartori AL. 2008. Role of hydrophobic extracellular polysaccharide of *Aulacoseira granulata* (Bacillariophycea) an aggregate formation in a turbulent and hypereutrophic reservoir. Limnol Oceanogr 53: 1887 – 1899.

° Watkinson AJ, O'Neil JM, Dennison WC. 2004. Ecophysiology of marine cyanobacterium, *Lyngbya majuscula* (Oscillatoriaceae) in Moreton Bay, Australia. Harmful Algae 4: 697 – 715.

° Wei B, Suguira N, Maekawa T. 2001. Use of artificial neural network in the prediction of algal blooms. Wat Res 35(8): 2022 – 2028.

° Wu JT. 1999. A genetic index diatom assemblages as bioindicator of pollution in the Keelung River of Taiwan. Hydrobiologia 397: 79 – 87.

° Korištene web-stranice:
(http://www.geografija.hr/clanci/1513/kopacki-rit-turizam-u-parku-prirode)