

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za biologiju

Preddiplomski sveučilišni studij Biologija

Rahela Nikolašević

## **Antropogeni utjecaji na fitoplankton jezera Jošava**

Završni rad

Osijek, 2018.

**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA****Završni rad****Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku****Odjel za biologiju****Preddiplomski sveučilišni studij Biologija****Znanstveno područje:** Prirodne znanosti**Znanstveno polje:** Biologija**ANTROPOGENI UTJECAJI NA FITOPLANKTON JEZERA JOŠAVA****Rahela Nikolašević****Rad je izrađen na:** Odjel za biologiju, Zavod za ekologiju voda**Mentor:** Dr.sc. Dubravka Špoljarić Maronić, docent**Komentor:** Dr.sc. Anita Galir Balkić**Kratak sažetak završnog rada:**

Praćene su promjene fizikalno-kemijskih svojstava vode i sastav fitoplanktona jezera Jošava prije i nakon proljetnog poribljavanja konzumnim šaranom (*Cyprinus carpio*) u 2018. godini. Porast koncentracije kisika u vodi, pH i sadržaj klorofila nakon poribljavanja upućuju na porast primarne produkcije u jezeru. Najveću zastupljenost u kvalitativnom sastavu fitoplanktona imale su vrste skupina Chlorophyta i Chrysophyta, a relativnom brojnošću su se isticale vrste razreda Chrysophyceae i Bacillariophyceae kojima pogoduju niže temperature vode u proljetnom razdoblju. U usporedbi s prethodnim istraživanjima, povećane koncentracije nutrijenata, posebice ukupnog fosfora te visoki sadržaj klorofila u vodi, ukazuju na povećanu eutrofikaciju, koja je naglašena u plićim dijelovima jezera gdje je izraženiji utjecaj prometa te stočarske i poljoprivredne proizvodnje.

**Jezik izvornika:** hrvatski**Ključne riječi:** alge, poribljavanje, *Cyprinus carpio*, akumulacija, jezero**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**

**Bachelor thesis**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**Department of Biology**

**Undergraduate university study programme in Biology**

**Scientific Area:** Natural sciences

**Scientific Field:** Biology

**ANTHROPOGENIC IMPACTS ON LAKE JOŠAVA PHYTOPLANKTON**

**Rahela Nikolašević**

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

**Supervisor:** Dubravka Špoljarić Maronić, PhD, Asst. Prof.

**Cosupervisor:** Anita Galir Balkić, PhD

**Short abstract:**

The influence of spring stocking with common carp (*Cyprinus carpio*) on physico-chemical water properties and phytoplankton composition in Lake Jošava was conducted in 2018. The increase in oxygen concentration, pH and chlorophyll content after stocking indicate increased primary production in the lake. Members of the Chlorophyta and Chrysophyta predominated in phytoplankton qualitative composition, while Chrysophyceae and Bacillariophyceae adapted to lower spring water temperatures had the highest relative abundance. Compared to previous investigations, higher nutrient concentrations, especially phosphorus, as well as high chlorophyll content indicate the increased lake eutrophication, which is more pronounced within the shallower lake parts due to the stronger influence of traffic, livestock breeding and farming.

**Original in:** Croatian

**Key words:** algae, fish stocking, *Cyprinus carpio*, accumulation, lake

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

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Obilježja plitkih jezera .....	1
1.2. Fitoplankton u sustavu jezera .....	1
1.3. Cilj istraživanja .....	3
2. MATERIJALI I METODE.....	4
2.1. Područje istraživanja.....	4
2.2. Prikupljanje uzoraka .....	7
2.3. Analiza fizikalno-kemijskih svojstava vode .....	7
2.4. Analiza fitoplanktona.....	8
2.5. Statistička obrada podataka .....	9
3. REZULTATI .....	10
3.1. Fizikalno-kemijska svojstva vode.....	10
3.2. Sastav fitoplanktona.....	18
4. RASPRAVA.....	24
5. ZAKLJUČAK.....	27
6. LITERATURA .....	28

# 1. UVOD

## 1.1. Obilježja plitkih jezera

Jezera su prirodne ili umjetno nastale udubine na kopnu ispunjene vodom. Ekologija i funkcija ovih ekosustava uvelike je određena njihovom dubinom pa razlikujemo duboka i plitka jezera. Za razliku od dubokih jezera kod kojih se pojavljuje termalna stratifikacija, u plitkim jezerima se zbog male dubine i brze promjene temperature vode ili pod utjecajem vjetrova vodeni stupac miješa više puta godišnje (polimiktička jezera) (Padisák i Reynolds 2003). Postoje različite definicije plitkih jezera, a najčešće opisuju jezera prosječne dubine manje od 3 m (Scheffer 1998). Definiraju se i kao polimiktička jezera s maksimalnom dubinom  $\leq 10$  m (Web 1). Plitka jezera mogu se nalaziti u različitim ekološkim stanjima s obzirom na dominantnu zajednicu primarnih proizvođača, koje su najčešće u kompeticiji, a dva osnovna su stanja dominacije vodene vegetacije i stanja dominacije fitoplanktona, odnosno „turbidno stanje“. U jednom ekosustavu se takva stanja mogu izmjenjivati ovisno o promjenama ekoloških čimbenika, poput površine i dubine jezera, temperature vode, intenziteta svjetlosti, količine hranjivih tvari, intenziteta vjetrova i pritiska ispaše (Scheffer i sur. 1993).

## 1.2. Fitoplankton u sustavu jezera

Fitoplankton je biljna komponenta planktona, a čine ga jednostanični i kolonijalni predstavnici prokariotskih organizama, u koje se ubrajaju cijanobakterije (Cyanobacteria) i proklorofita, te eukariotski organizmi svrstani u taksonomske skupine Chlorophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Euglenophyta i Pyrrophyta. Prema veličini stanica fitoplankton se uglavnom dijeli u sljedeće skupine: pikofitoplankton (0,2 - 2  $\mu\text{m}$ ), nanofitoplankton (2 - 20  $\mu\text{m}$ ), mikrofitoplankton (20 - 200  $\mu\text{m}$ ), mezofitoplankton (200  $\mu\text{m}$  - 2 mm) i makrofitoplankton (veći od 2 mm) (Sieburth i sur. 1978). To su fotosintetski organizmi koji čine osnovu hranidbenog lanca u morima, rijekama i kopnenim stajaćicama te predstavljaju primarni izvor hrane za zooplankton i druge vrste beskralježnjaka, koji su nadalje hrana većim organizmima. Fitoplankton, kao izvor fitonutrijenata i biološki aktivnih spojeva, ima važnu ulogu u protoku energije te služi također i kao direktan izvor energije ličinkama i mlađi ribe, kao što su bijeli glavaš (*Hypophthalmichthys molitrix*) i

sivi glavaš (*Hypophthalmichthys nobilis*), ili indirektno, putem trofičkog lanca, odraslim stadijima ribe (Napiórkowska-Krzebietke 2017). Povećanje primarne i sekundarne produkcije, odnosno biomase fitoplanktona i zooplanktona, u nekim slučajevima može dovesti do povećane produkcije ribe. Također, neke vrste riba, poput amura, mogu utjecati na brojnost i strukturu fitoplanktona. Razvoj manjih vrsta fitoplanktona, poput cijanobakterija, može smanjiti protok energije u više trofičke stupnjeve jer su manje jestive za zooplankton, koji favorizira krupnije fitoplanktonske vrste (Napiórkowska-Krzebietke 2017).

Općenito, u stajaćim vodama, pa i jezerima, nema značajnijeg protoka vode te može doći do povećanja brojnosti planktonskih organizama. Masovan razvoj fitoplanktonskih vrsta karakterističan je za pojavu eutrofikacije. Taj proces podrazumijeva povećani unos hranjivih tvari u vodene ekosustave, posebice spojeva dušika i fosfora, pri čemu u ljetnom razdoblju često dolazi do cvjetanja alga, što predstavlja opasnost za ribe i druge organizme u vodi. Također, intenzivan razvoj fitoplanktona, posebice cijanobakterija, može biti štetan i za ostale životinje i ljude zbog proizvodnje cijanotoksina (Napiórkowska-Krzebietke 2017). Ukoliko zbog određenih čimbenika dođe do uginuća alga, one sedimentiraju na dno te dolazi do intenzivne razgradnje njihove biomase i potrošnje kisika. Nagli pad koncentracije kisika može uzrokovati pomor riba u jezerima (Popović 2010). Također, u takvim uvjetima zabilježena je i smanjena predacija nekih vrsta riba, poput šarana, nad zooplanktonom, što utječe na cijeli hranidbeni lanac (Fott i sur. 1974). Smanjena koncentracija kisika, nakupljanje organskog mulja na dnu i zamućivanje vode imaju negativan utjecaj na ostale biljne i životinjske vrste u jezerskoj biocenozi. Nakupljanje fecesa, izlučevina i ostataka hrane znatno povećava razinu ugljika, dušika i fosfora u sedimentu (Katavić 2006). Eutrofikacija je u prirodi vrlo spor proces i traje tisućama godina, ali može biti ubrzana antropogenim utjecajem. Čovjek svojim djelovanjem može narušiti prirodnu ravnotežu jezerskog ekosustava, posebice u jezerima namijenjenim ribolovu i rekreaciji. Svaki ribnjak, kao složen i dinamičan ekosustav, specifičan je po svojoj biocenozi i trofičkom stanju, a nasadna struktura i druge gospodarske aktivnosti, kao što su fertilizacija i vapnjenje, uvjetuju slijed sezonskih promjena u sustavu (Tomac i sur. 1992). Čovjek na jezera utječe, u skladu sa svojim potrebama, poribljavanjem i introdukcijom invazivnih vrsta, unosom riblje hrane, zagađenjem industrijskim otpadnim vodama, tretiranjem okolnih zemljišta pesticidima, herbicidima ili umjetnim gnojivima.

### **1.3. Cilj istraživanja**

Cilj ovog rada bio je pratiti promjene fizikalno-kemijskih svojstava vode i sastav fitoplanktona jezera Jošava prije i nakon proljetnog poribljavanja konzumnim šaranom (*Cyprinus carpio*) u 2018. godini.

## 2. MATERIJALI I METODE

### 2.1. Područje istraživanja

Jezero Jošava nalazi se oko 2 km sjeverno-sjeveroistočno od grada Đakova. Proteže se u smjeru istok-zapad, a obalu jezera čini željeznički nasip Đakovo-Osijek na zapadu, umjetno podignuta zemljana brana s temeljnim ispustom nizvodno na istoku te lesna uzvišenja s južne i sjeverne strane jezera. Jošava je umjetno jezero (akumulacija) izgrađeno u razdoblju od 1963. do 1964. godine pregradnjom korita potoka Jošava zemljanom branom i betonskom ustavom. Na taj je način postignuta akumulacija vode ispred brane, potapanje okolnih polja i stvaranje jezera. Zemljana brana jezera popravljena je u razdoblju od 1993. do 1994. godine. U temeljni ispust je ugrađen novi zasun, kojim se regulira razina vode u jezeru, odnosno ispuštanje vode iz jezera. Zemljani nasip kojim prolazi pruga Đakovo-Osijek dijeli Jošavu od manjeg, neodržavanog dijela jezera (Slika 1). Jezero je namijenjeno uzgoju ribe, rekreaciji i športu.



Slika 1: Zemljani nasip kojim prolazi pruga Đakovo-Osijek (Izvor: Zavod za ekologiju voda)

Oblik jezera je ovalan i izdužen, a površina mu iznosi oko 87 ha. Dugačko je oko 4,5 km, a širina mu varira od 100 do 180 metara. Dubina jezera kreće se od 70 cm do 3 m. Na zapadu je pliće, a na istoku dublje. Najdublje je u središtu, gdje se proteže nekadašnje



korito potoka Jošava, u smjeru istok-zapad, u kojemu se s vremenom nakupio mulj. Prema obali jezera se dubina smanjuje.

Jošava se nalazi na lesnom tlu, a oko jezera se nalaze površine zasijane ratarskim kulturama (žitarice, uljana repica) i voćnjaci koji se intenzivno obrađuju te šuma s istočne strane jezera (Slika 2). U blizini jezera se također nalazi nekoliko farmi, poput svinjogojske farme, tovilišta junadi i bioplinskog postrojenja Slaščak te tvornica crijepa Tondach.



Slika 2: Jezero Jošava s okolnim poljoprivrednim površinama (Izvor: Zavod za ekologiju voda)

Jezero je opterećeno otpadnim vodama Đakova koje se bez pročišćavanja ispuštaju u melioracijski kanal Ribnjak koji je pritok Jošave, a ukupna količina otpadnih voda u 2016. godini iznosila je 1.043.000 m<sup>3</sup> (Web 3). Također, kao veći onečišćivač na području županije koji nije u sustavu javne odvodnje, tvrtka Meteor d.d. ispušta otpadne vode u melioracijski kanal Jošava, a u planu je priključivanje na kolektor za odvodnju otpadnih voda u industrijskoj zoni, koji je u izgradnji.

Oko 80% površine jezera je čisto, a oko 20% je, uglavnom na rubovima, obraslo trskom, rogozom i drugim vodenim biljem (Slika 3). U jezeru se razvija i podpovršinska vegetacija, pretežno vrste iz porodice mrijesnjacka, s najzastupljenijom vrstom *Potamogeton crispus* (kovrčavi mrijesnjack).



Slika 3: Rub jezera Jošava obrastao trskom (Izvor: Zavod za ekologiju voda)

Prema podacima Ribolovno-gospodarske osnove (Opačak i sur. 2008), u Jošavi su, tijekom uzorkovanja u svibnju 2008. godine, utvrđene povećane koncentracije dušika i fosfora u odnosu na druge vode Đakovštine. Prema stupnju saprobnosti određenom prema Liebmannu (1962), voda je pripadala beta-mezosaprobnoj kategoriji.

Prema Informaciji o stanju i kvaliteti voda te izvorima onečišćenja voda na području Osječko-baranjske županije (Web 2) u 2009. godini je kakvoća vode Jošave ocijenjena lošije nego prethodnih godina. Prema režimu kisika, pripadala je vodama V. vrste, koje karakterizira trajni manjak kisika zbog intenzivne mikrobiološke aktivnosti (NN 77/98). Prema količini hranjivih tvari također je svrstana u vode V. vrste, odnosno jako zagađene, mutne hipertrofične vode, a prema vrijednostima električne vodljivosti u IV. kategoriju voda. Stanje akumulacije Jošava u 2016. godini na temelju vrijednosti pojedinih pokazatelja kakvoće vode (pH, nitrati, ortofosfati, ukupni fosfor) ocijenjeno je kao vrlo dobro, prema koncentraciji amonijevih iona i ukupnog dušika kao dobro te na temelju režima kisika (BPK<sub>5</sub> i KPK) kao umjereno (Web 3).

Prethodnim istraživanjima utvrđena je velika raznolikost fitoplanktona jezera Jošava (Stević 2001). U proljetnoj zajednici (svibanj 2000. godine) su dominirale klorokokalne zelene alge i cijanobakterije, uz dobru zastupljenost dijatomeje *Aulacoseira granulata* te pojedinih vrsta iz skupina Euglenophyta i Pyrrophyta. U 2008. godini su tijekom travnja dominirale alge skupine Chlorophyta, posebice roda *Pediastrum*, dok je u uzorkovanju u lipnju zabilježena dominacija cijanobakterija (Opačak i sur. 2008). Prema navodima

ribočuvarske službe, redovito tijekom ljetnih mjeseci dolazi do cvjetanja alga i stvaranja makroskopski vidljivih nakupina na površini jezera.

Ihtiopopulacija Jošave i ostalih ribolovnih voda Đakovštine sastoji se od 19 vrsta riba, svrstanih u 6 porodica. Sastav ihtiofaune Jošave tijekom 2008. godine pokazao je najveću brojnost deverika (*Abramis brama*), populacija patuljastog somića (*Ictalurus nebulosus*), babuške (*Carassius gibelio*) i šarana (*Cyprinus carpio*), dok su od ostalih vrsta bili prisutni smuđ (*Sander lucioperca*), bodorka (*Rutilus rutilus*) i štika (*Esox lucius*) (Opačak i sur. 2008). Takva riblja zajednica je karakteristična za nizinski tip otvorenih voda. Najbrojnija alohtona vrsta u jezeru je babuška, koja je najveći konkurent autohtonom divljem šaranu. Ostale alohtone vrste unešene nekontroliranim poribljavanjem i neodgovornošću ribiča su sunčanica (*Lepomis gibbosus*) i patuljasti somić, te biljojedne vrste bijeli amur (*Ctenopharyngodon idella*) i sivi glavaš (*Hypophthalmichthys nobilis*).

Prema podacima ribočuvarske službe, ihtiopopulaciju jezera Jošava u 2018. godini čine u najvećem broju šaran, amur, glavaš, som i smuđ. Najveću prijetnju ihtiofauni jezera trenutno predstavlja patuljasti somić, izuzetno prilagodljiva eurifagna vrsta koja nema prirodnih neprijatelja. Može podnijeti visoke temperature vode te mali udio kisika u vodi, a ženke stvaraju velik broj jajašaca, što pridonosi njegovom brzom širenju (Web 4).

## **2.2. Prikupljanje uzoraka**

Uzorci vode za hidrobiološke analize prikupljeni su u dva termina na najdubljem središnjem dijelu jezera na četiri postaje udaljene međusobno oko 600 m duž jezera (istok-zapad). Uzorkovanje je obavljeno prvi put 15. ožujka 2018. godine, prije poribljavanja. Jezero je poribljeno istog dana s 2000 kg dvogodišnjeg pitomog šarana težine oko 300 g. Drugo uzorkovanje provedeno je 4. travnja 2018. godine.

## **2.3. Analiza fizikalno-kemijskih svojstava vode**

Na svakoj postaji su u površinskom sloju izmjereni sljedeći parametri: temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika u vodi i zasićenost vode kisikom uređajem HQ30d Flexi (Hach), pH vode i konduktivitet uređajem WTW Multi 314i (Wissenschaftlich-Technische Werkstätten). Dubina vode mjerena je baždarenim konopcem s utegom, a prozirnost vode pomoću Secchi ploče promjera 30 cm. Temperatura zraka izmjerena je alkoholnim

termometrom u sjeni, iznad površine vode. Na svakoj postaji također su prikupljeni uzorci za analizu klorofila a (Chl-a), klorofila b (Chl-b) i klorofila c (Chl-c). Za analizu klorofila uzorak vode je profiltriran pomoću Büchnerovog lijevka, odsisne boce i vakuum sisaljke kroz MN GF-3 filtere promjera 55 mm (Macherey-Nagel). Nakon filtracije, filteri su homogenizirani u tarioniku uz dodatak 90%-tnog acetona. Homogenizirani sadržaj prebačen je u plastične kivete na ekstrakciju (24 h; 4°C). Ekstrakti su centrifugirani 10 min na 3000 okr/min. Dobivenom je supernatantu pomoću menzure određen volumen te je apsorbancija ekstrakta mjerena spektrofotometrom (DR 2010, Hach) na valnim duljinama od 630, 645, 663 i 750 nm. Koncentracije klorofila izračunate su prema metodama SCOR-UNESCO (1966) te Strickland i Parsons (1972).

U RJ „Ekolaboratorij“ poduzeća Vodovod Osijek d.o.o analizirane su koncentracije amonijevih iona (HRN ISO 7150-1:1998), nitrata (HRN ISO 7890-3:1998), nitrita (HRN EN 26777:1998), dušika po Kjeldahlu (HRN EN 25663:1993), ukupnog dušika (HRN ISO 5663:20001 + (NO<sub>2</sub>-N+NO<sub>3</sub>-N)) i ukupnog fosfora (HRN EN ISO 6878:2008) u vodi.

#### **2.4. Analiza fitoplanktona**

Uzorci za kvalitativnu analizu fitoplanktona prikupljeni su procjeđivanjem 10 L površinske vode jezera kroz fitoplanktonsku mrežicu promjera pora 25 µm i fiksirani u 4%-tnoj otopini formaldehida. Kvalitativni sastav vrsta određen je pomoću svjetlosnog mikroskopa (Carl Zeiss Jena, Njemačka) te priručnika za determinaciju (Krammer i Lange-Bertalot 1997; Krammer i Lange-Bertalot 1991; Hindak i sur. 1978; Hindak 1975). Prilikom determinacije svakoj vrsti je dodijeljena relativna brojnost od 1 do 5 prema skali: 1 - povremena vrsta, 2 - rijetka vrsta, 3 - umjereno prisutna vrsta, 4 - brojna vrsta, 5 - masovno prisutna vrsta (Web 1). Tijekom mikroskopiranja napravljeni su fotografski snimci pomoću digitalne kamere i programa Motic Images Plus (Motic China Group, Kina). Nomenklatura determiniranih vrsta usklađena je prema bazi podataka AlgaeBase (Web 5). U svrhu preciznije taksonomske analize dijatomeja, upotrebljena je metoda čišćenja ljušturica vodikovim peroksidom i klorovodičnom kiselinom te su napravljeni trajni preparati. Po 5 mL svakog uzorka dodano je u epruvetu s 5 mL destilirane vode. Uzorci su centrifugirani 2 min na 1500 okr/min, a supernatanti su nakon toga dekantirani. Taj postupak je ponovljen pet puta. U epruvete je zatim dodano 10 mL 30%-tnog vodikovog peroksida te su zagrijavane u vodenoj kupelji na 90°C tijekom 3 h. Nakon hlađenja, dodano je nekoliko

kapi 1 M klorovodične kiseline. Postupak centrifugiranja i ispiranja ponovljen je tri puta, a gotovi uzorci su pohranjeni u epruvete s čepom. Po 1 mL uzorka nanesen je na pokrovno stakalce i ostavljen na sušenje tijekom 24 h. Nakon sušenja, na zagrijano predmetno stakalce dodana je kap sredstva za uklapanje Naphrax (Brunel Microscopes Ltd.) te je učvršćeno pokrovno stakalce s uzorkom. Vrste dijatomeja u trajnim preparatima analizirane su uz pomoć svjetlosnog mikroskopa i imerzijskog objektiva pod povećanjem od 1000x.

## **2.5. Statistička obrada podataka**

Utvrđivanje sličnosti između uzoraka fitoplanktona prikupljenih u jezeru Jošava na temelju kvaliativnog sastava vrsta provedeno je pomoću hijerarhijske klaster analize u računalnom programu Primer 6 (Clarke i Warwick 2001). Stupanj sličnosti izračunat je pomoću Bray-Curtisovog indeksa.

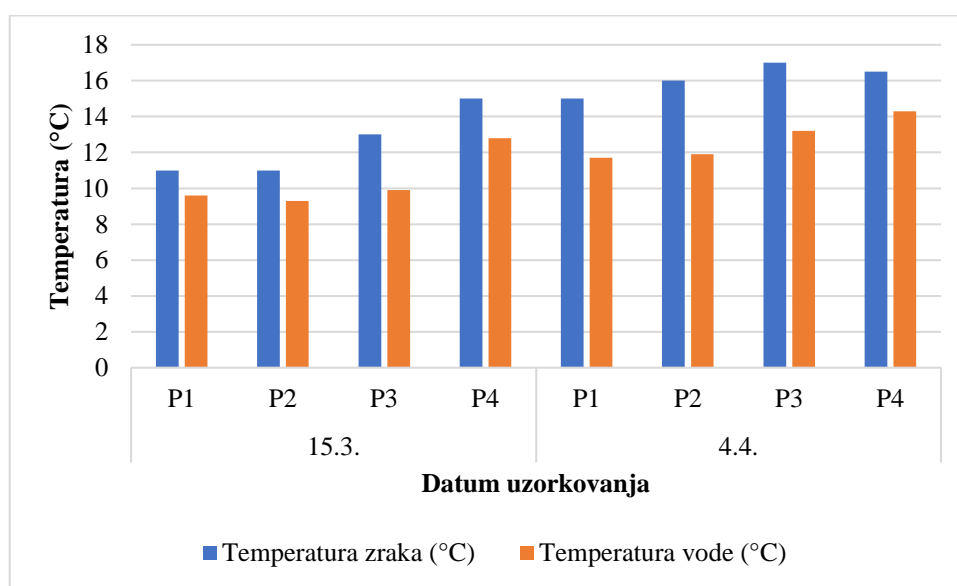
### 3. REZULTATI

#### 3.1. Fizikalno-kemijska svojstva vode

Temperature zraka i vode su na svim postajama tijekom prvog uzorkovanja imale niže vrijednosti u odnosu na temperature izmjerene tijekom drugog uzorkovanja (Slika 4).

Prilikom prvog uzorkovanja, temperatura vode mijenjala se u rasponu od 9,3°C na drugoj postaji do 12,8°C na četvrtoj postaji. Tijekom drugog uzorkovanja na prvoj postaji je zabilježena najniža temperatura od 11,7°C te se povećavala do 14,3°C na četvrtoj postaji.

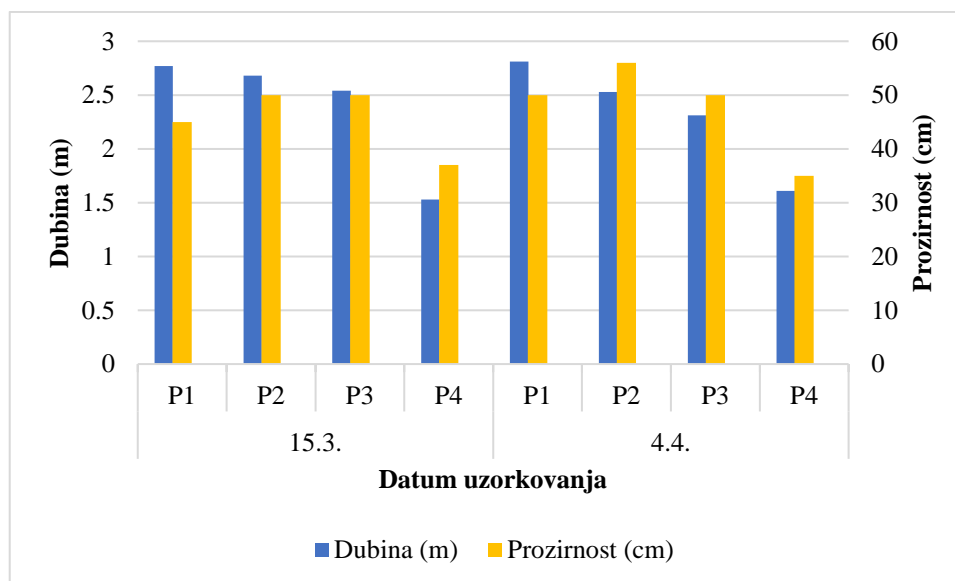
Temperatura zraka pri prvom uzorkovanju varirala je od 11°C na prvoj do 15°C na četvrtoj postaji, dok je kod drugog uzorkovanja najniža temperatura iznosila 15°C na prvoj postaji, a najviša 17°C na trećoj postaji.



Slika 4: Promjene temperature zraka i temperature vode jezera Jošava na postajama istraživanja (P1-P4) 15. ožujka i 4. travnja 2018. godine

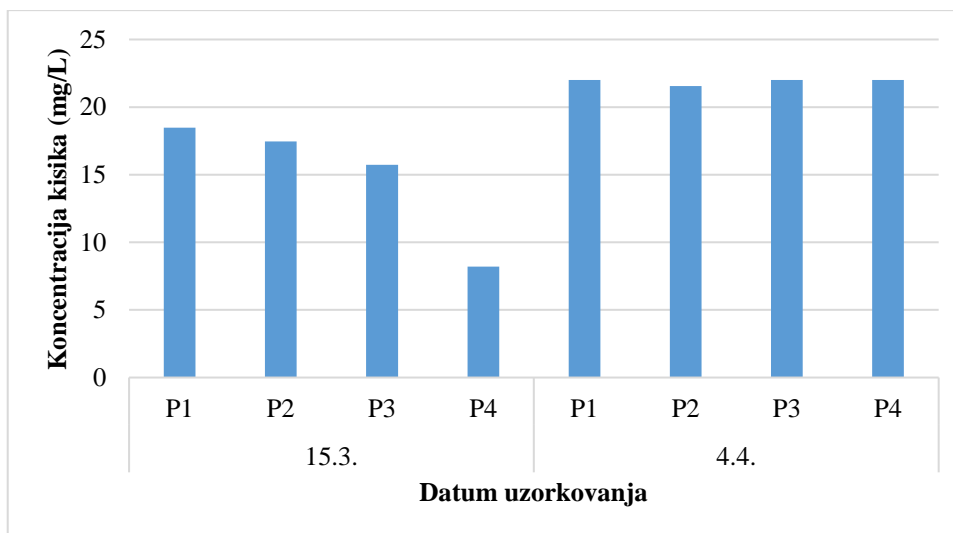
Dubina jezera općenito se smanjuje od prve do četvrte postaje. Uspoređujući oba uzorkovanja, dubina vode nije značajno varirala na pojedinoj postaji (Slika 5). Najveća dubina vode izmjerena je tijekom drugog uzorkovanja na prvoj postaji, na južnom dijelu jezera, a iznosila je 2,81 m. Najmanja dubina iznosila je 1,53 m, a izmjerena je tijekom prvog uzorkovanja na četvrtoj postaji.

Najveća prozirnost izmjerena je na drugoj postaji tijekom drugog uzorkovanja (56 cm), dok je najmanja prozirnost zabilježena istog dana na četvrtoj postaji (35 cm).



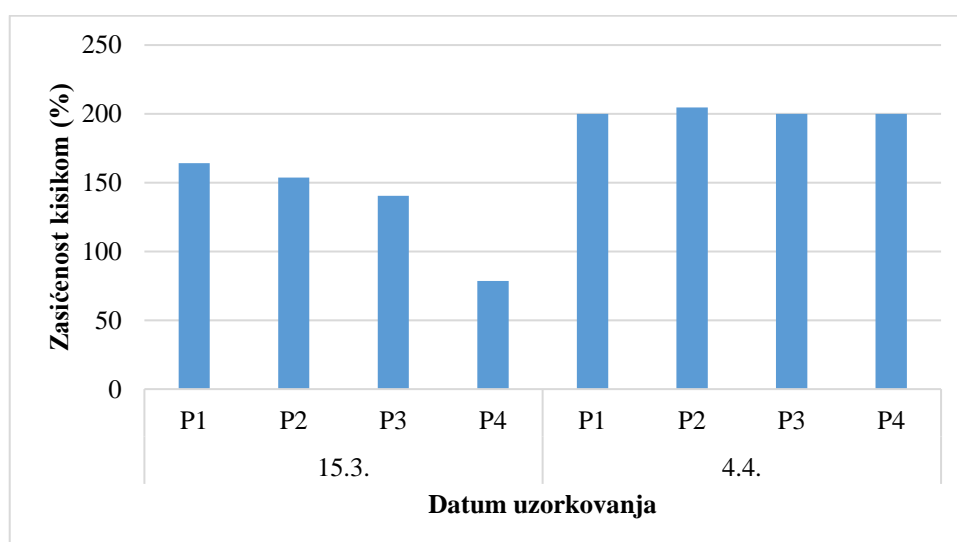
Slika 5: Promjene dubine i prozirnosti vode jezera Jošava na postajama istraživanja (P1-P4) 15. ožujka i 4. travnja 2018. godine

Tijekom drugog uzorkovanja, na sve četiri postaje zabilježene su visoke koncentracije otopljenog kisika u vodi: 21,56 mg/L na drugoj postaji i 22 mg/L na ostalim postajama (Slika 6). Najviša koncentracija tijekom prvog uzorkovanja izmjerena je na prvoj postaji (18,48 mg/L), a vrijednosti su se postupno smanjivale prema četvrtoj, gdje je zabilježena najniža koncentracija otopljenog kisika u vodi od 8,2 mg/L.



Slika 6: Promjene koncentracije kisika u vodi jezera Jošava na postajama istraživanja (P1-P4) 15. ožujka i 4. travnja 2018. godine

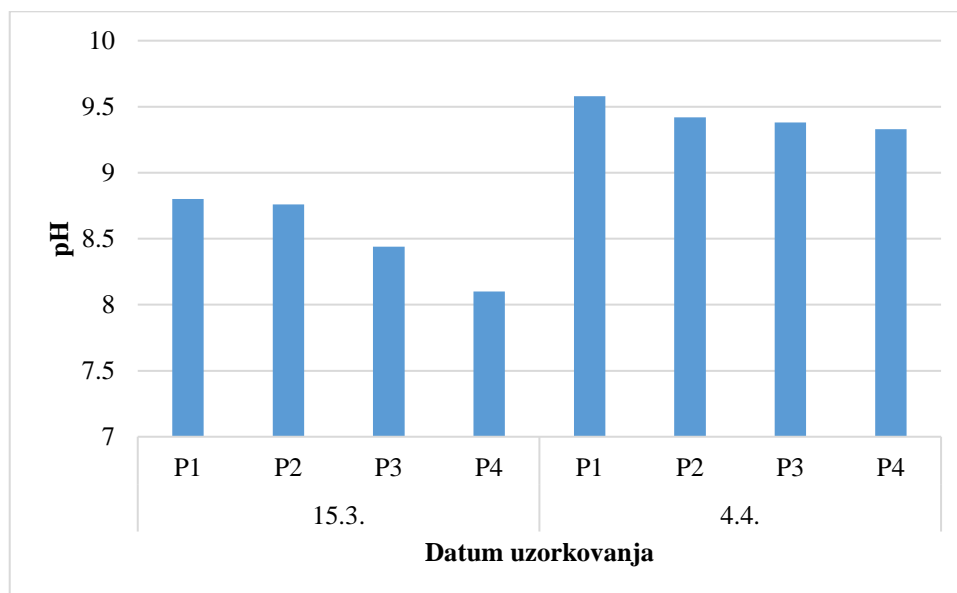
U skladu s koncentracijama otopljenog kisika, po postajama se mijenjala i zasićenost vode kisikom (Slika 7). Prilikom prvog uzorkovanja je zasićenost vode kisikom od prve postaje (164,2%) postepeno opadala prema četvrtoj (78,5%), dok su pri drugom uzorkovanju vrijednosti bile približno jednake na svim postajama (204,6% na drugoj te 200% na ostalim postajama).



Slika 7: Promjene zasićenosti kisikom u vodi jezera Jošava na postajama istraživanja (P1-P4) 15. ožujka i 4. travnja 2018. godine

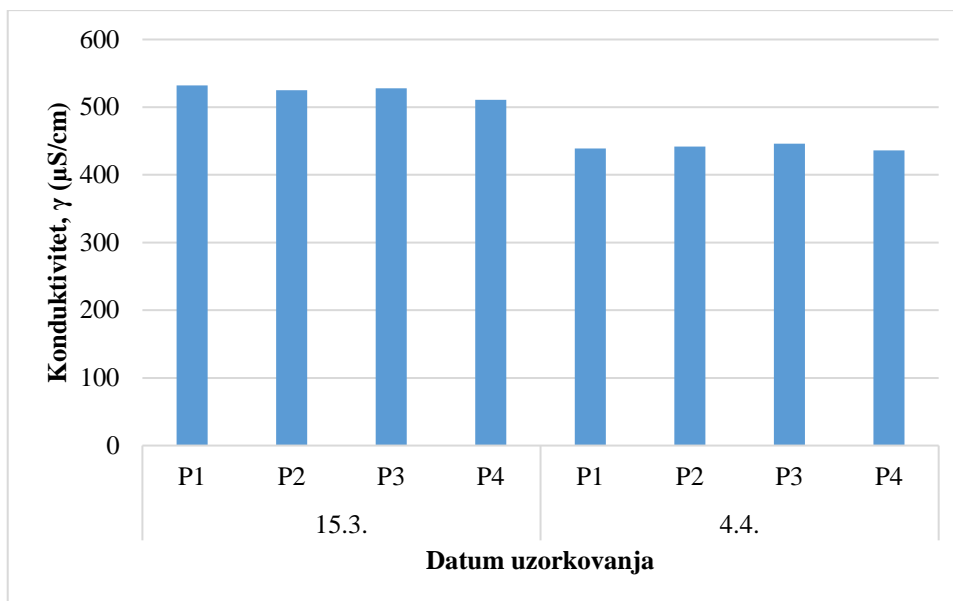


Promjene u koncentraciji kisika i zasićenju vode kisikom pratile su i promjene pH vrijednosti vode (Slika 8). pH vrijednost je opadala od prve do četvrte postaje te se mijenjala od 8,8 do 8,1 prilikom prvog uzorkovanja te s nešto višim vrijednostima od 9,58 do 9,33 kod drugog uzorkovanja,.



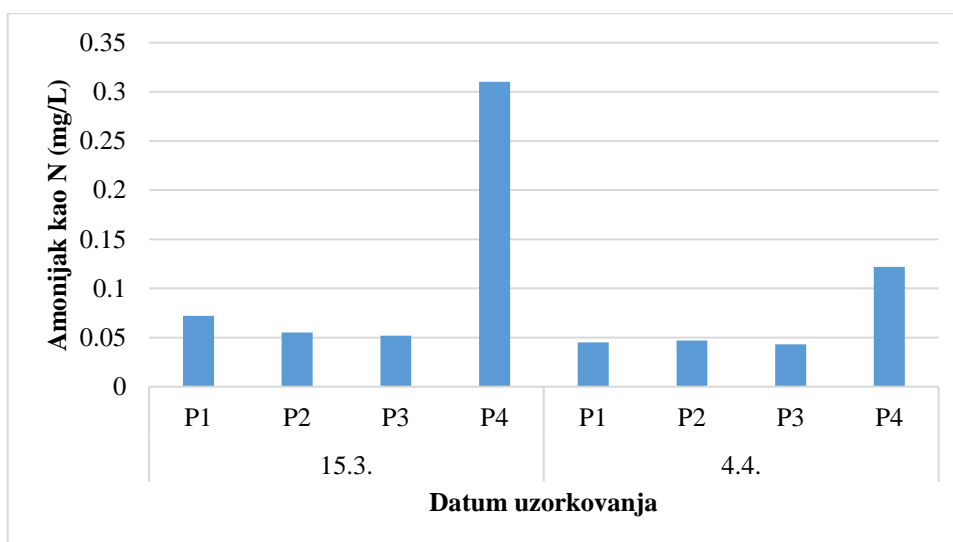
Slika 8: Promjene pH vrijednosti u vodi jezera Jošava na postajama istraživanja (P1-P4) 15. ožujka i 4. travnja 2018. godine

Vrijednosti konduktiviteta su se smanjile na svim postajama prilikom drugog uzorkovanja (Slika 9). Najviša vrijednost (532  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) izmjerena je pri prvom uzorkovanju na prvoj postaji, dok je najniža vrijednost (436  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) izmjerena tijekom drugog uzorkovanja na četvrtoj postaji.



Slika 9: Promjene konduktiviteta u vodi jezera Jošava na postajama istraživanja (P1-P4) 15. ožujka i 4. travnja 2018. godine

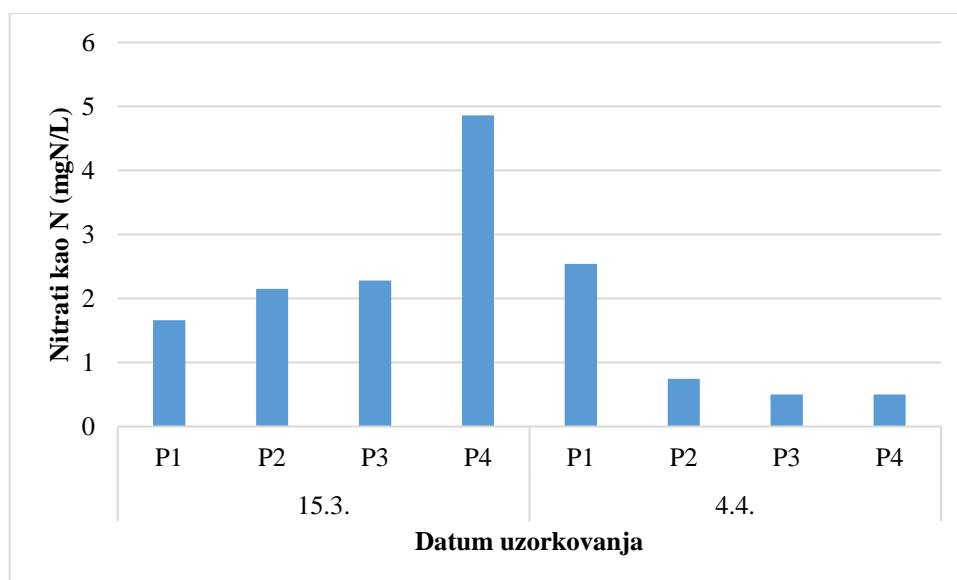
Najviše koncentracije amonijaka utvrđene su tijekom oba uzorkovanja na četvrtoj postaji. Posebno se isticala visoka vrijednost (0,31 mg/L) zabilježena tijekom prvog uzorkovanja, koja se znatno razlikovala od ostalih koncentracija u oba termina uzorkovanja (Slika 10).



Slika 10: Promjene koncentracije amonijaka u vodi jezera Jošava na postajama istraživanja (P1-P4) 15. ožujka i 4. travnja 2018. godine

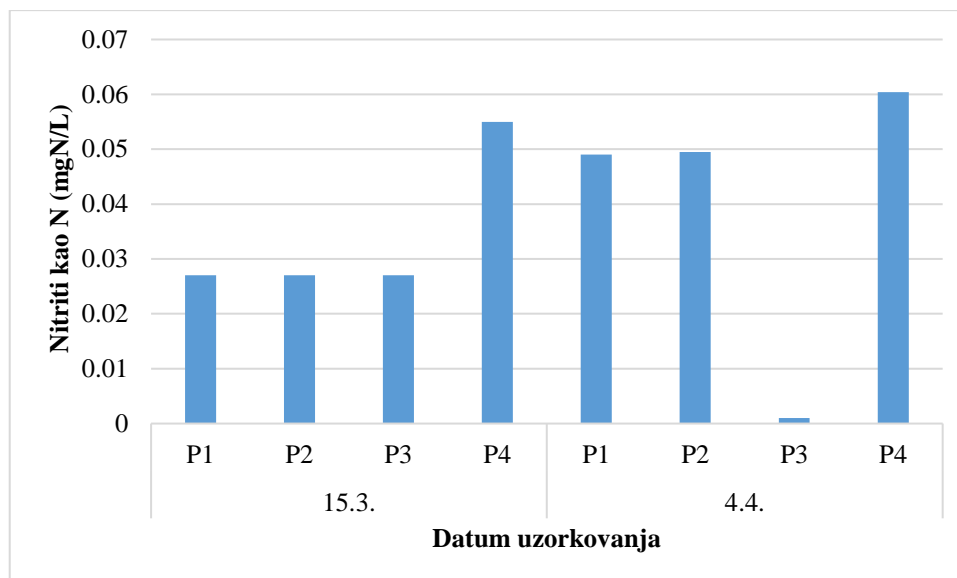
Najviša koncentracija izmjerena tijekom drugog uzorkovanja iznosila je 0,122 mg/L. Najniža koncentracija izmjerena je prilikom drugog uzorkovanja na trećoj postaji (0,052 mg/L), a koncentracije na ostalim postajama imale su slične vrijednosti.

Najviše vrijednosti koncentracije nitrata, kao i amonijaka, zabilježene su na četvrtoj postaji pri prvom uzorkovanju (4,86 mgN/L) (Slika 11). Tada su se vrijednosti postupno povećavale od prve do četvrte postaje, dok je kod drugog uzorkovanja zabilježen drukčiji trend. Vrijednosti su opadale od prve postaje (2,54 mgN/L) do nižih vrijednosti od 0,5 mgN/L na trećoj i četvrtoj postaji.



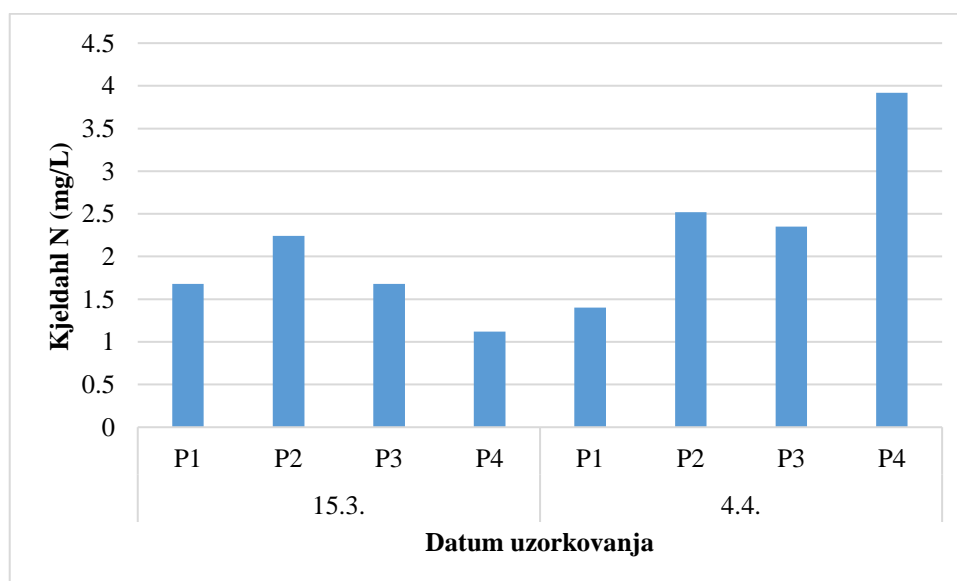
Slika 11: Promjene koncentracije nitrata u vodi jezera Jošava na postajama istraživanja (P1-P4) 15. ožujka i 4. travnja 2018. godine

Najviša koncentracija nitrita utvrđena je na četvrtoj postaji tijekom drugog uzorkovanja (0,0604 mgN/L), dok je na istoj postaji tijekom prvog uzorkovanja izmjerena slična vrijednost od 0,055 mgN/L (Slika 12). Prilikom prvog uzorkovanja su na prve tri postaje zabilježene ujednačene koncentracije nitrita (0,027 mgN/L). Najniža vrijednost koncentracije nitrita (0,001 mgN/L) izmjerena je na trećoj postaji pri drugom uzorkovanju.



Slika 12: Promjene koncentracije nitrita u vodi jezera Jošava na postajama istraživanja (P1-P4) 15. ožujka i 4. travnja 2018. godine

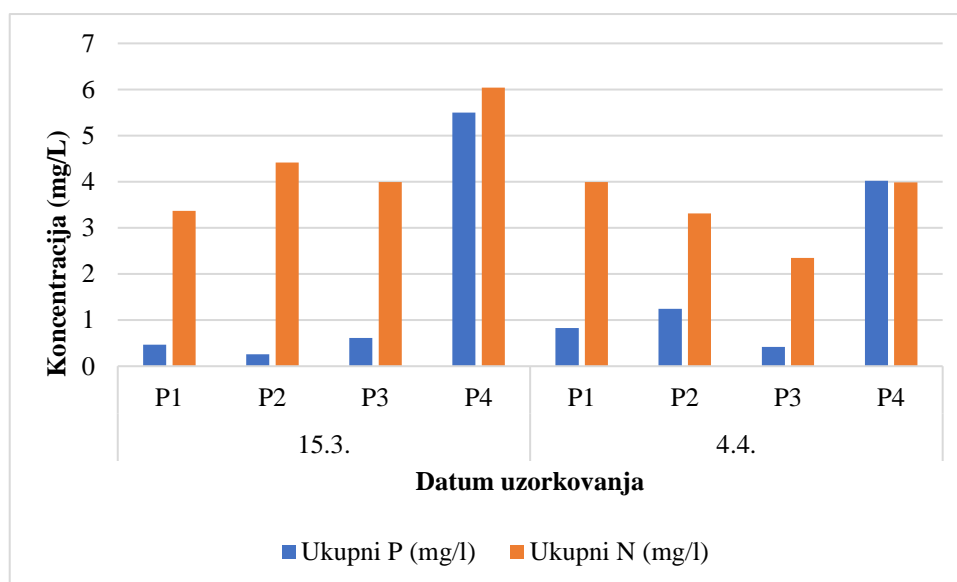
Koncentracije organskog dušika u vodi prilično su se razlikovale između dva termina uzorkovanja. Najviša vrijednost (3,92 mgN/L) zabilježena je na četvrtoj postaji pri drugom uzorkovanju (Slika 13), gdje je utvrđena i najveća razlika u koncentraciji u odnosu na prvo uzorkovanje, kada je ujedno zabilježena najniža koncentracija organskog dušika (1,12 mgN/L) tijekom istraživanja.



Slika 13: Promjene koncentracije dušika po Kjeldahlu u vodi jezera Jošava na postajama istraživanja (P1-P4) 15. ožujka i 4. travnja 2018. godine

Trend rasta koncentracije ukupnog dušika zabilježen je na prvoj i četvrtoj postaji, dok se na drugoj i trećoj postaji koncentracija dušika smanjila u drugom u odnosu na prvo uzorkovanje (Slika 14). Vrijednosti ukupnog dušika na četvrtoj postaji pri prvom (6,04 mg/L) i drugom uzorkovanju (3,984 mg/L) u skladu su s porastom koncentracije amonijaka, nitrata i nitrita. Najniža zabilježena koncentracija ukupnog dušika iznosila je 2,35 mg/L na trećoj postaji pri drugom uzorkovanju.

Najviše koncentracije ukupnog fosfora (5,5 mg/L pri prvom te 4,02 mg/L tijekom drugog uzorkovanja) utvrđene su također na na četvrtoj postaji (Slika 14). Vrijednosti utvrđene na ostalim postajama bile su izrazito niže, a najniža koncentracija ukupnog fosfora u vodi izmjerena je na drugoj postaji prilikom prvog uzorkovanja (0,26 mg/L).

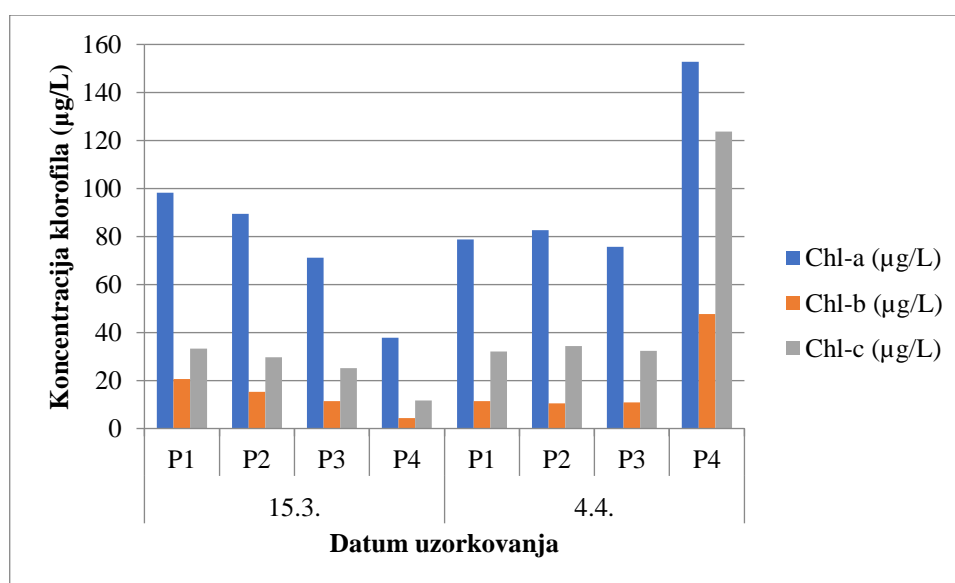


Slika 14: Promjene koncentracija ukupnog dušika i fosfora u vodi jezera Jošava na postajama istraživanja (P1-P4) 15. ožujka i 4. travnja 2018. godine

Koncentracije Chl-a, Chl-b i Chl-c u vodi proporcionalno su se mijenjale (Slika 15). Vrijednosti koncentracije Chl-a postupno su se smanjivale od prve do četvrte postaje prilikom prvog uzorkovanja. Tada je izmjerena i najniža koncentracija Chl-a na četvrtoj postaji (37,89  $\mu\text{g/L}$ ). Prilikom drugog uzorkovanja vrijednosti Chl-a se nisu znatno razlikovale na prve tri postaje, dok se ističe vrlo visoka koncentracija na četvrtoj postaji (152,72  $\mu\text{g/L}$ ).

Koncentracija Chl-b također je tijekom prvog uzorkovanja pokazala trend smanjenja od prve (20,63  $\mu\text{g/L}$ ) do četvrte postaje (4,31  $\mu\text{g/L}$ ). Na prve tri postaje pri drugom uzorkovanju nije zabilježena značajna razlika u koncentracijama (P1: 11,35  $\mu\text{g/L}$ ; P2: 10,50  $\mu\text{g/L}$ ; P3: 10,83  $\mu\text{g/L}$ ), dok je na četvrtoj postaji izmjerena najviša vrijednost Chl-b u cijelom istraživanju (47,74  $\mu\text{g/L}$ ).

Koncentracija Chl-c sukladno se mijenjala te je također zabilježeno smanjenje od prve (33,27  $\mu\text{g/L}$ ) do četvrte postaje (11,62  $\mu\text{g/L}$ ) tijekom prvog uzorkovanja i znatno povećanje na četvrtoj postaji (123,72  $\mu\text{g/L}$ ) pri drugom uzorkovanju.

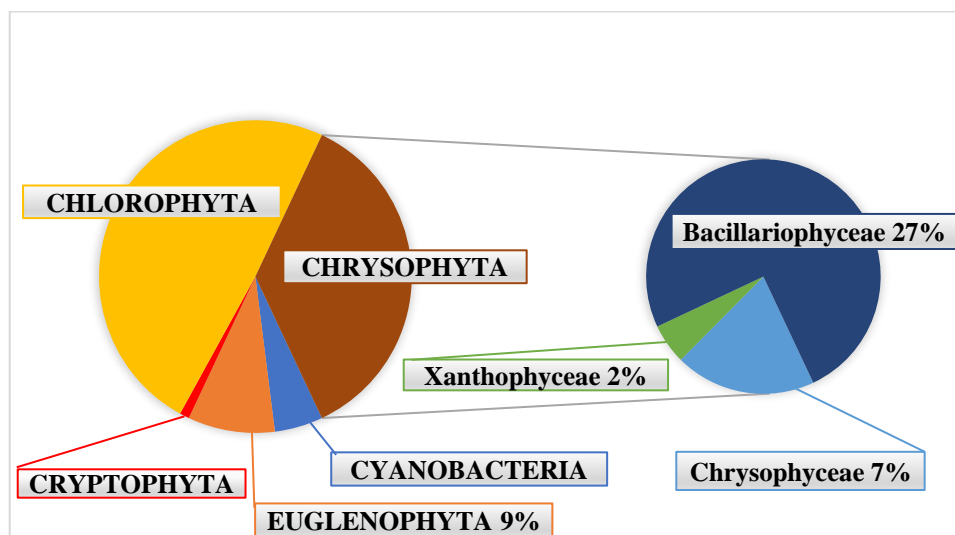


Slika 15: Promjene koncentracija Chl-a, Chl-b i Chl-c u vodi jezera Jošava na postajama istraživanja (P1-P4) 15. ožujka i 4. travnja 2018. godine

### 3.2. Sastav fitoplanktona

Tijekom istraživanja je u kvalitativnom sastavu fitoplanktona jezera Jošava ukupno zabilježeno 88 vrsta, svrstanih u skupine Cyanobacteria, Euglenophyta, Cryptophyta, Chrysophyta i Chlorophyta (Tablica 1). Najveću zastupljenost imale su vrste iz odjeljka Chlorophyta (43 vrste), dok je najmanju zastupljenost imala skupina Cryptophyta (1 vrsta). Iz skupine Chrysophyta, najviše je vrsta pripadalo razredu Bacillariophyceae (24 vrste), 8

razredu Chrysophyceae te 2 vrste razredu Xanthophyceae. Skupini Euglenophyta pripadalo je 8 vrsta, a skupini Cyanobacteria 4 vrste (Slika 16).



Slika 16: Postotna zastupljenost pojedinih sistematskih kategorija u kvalitativnom sastavu fitoplanktona jezera Jošava

Tijekom prvog uzorkovanja je na sve četiri postaje dominantna bila vrsta *Ochromonas* sp., a prilikom drugog uzorkovanja se njezina zastupljenost smanjila. Tijekom drugog uzorkovanja je u fitoplanktonu dominirala dijatomeja *Cyclotella meneghiniana*. Dobru zastupljenost na sve četiri postaje, u oba termina uzorkovanja, imale su također dijatomeje *Fragilaria ulna* i *Nitzschia acicularis* te vrste iz skupine Chlorophyta: *Ankyra ancora*, *Micractinium pusillum*, *Scenedesmus acuminatus* te *Scenedesmus quadricauda*. Osim navedenih vrsta, u svim su uzorcima umjereno prisutne bile: *Aphanocapsa incerta*, *Mallomonas acaroides*, *Cyclotella meneghiniana*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Monoraphidium arcuatum* i *Monoraphidium contortum*. Česta pojavnost vrste *Monas elongata* zabilježena je na sve četiri postaje, ali samo prilikom drugog uzorkovanja. Također, za razliku od drugog uzorkovanja, pri prvom su uzorkovanju često prisutne bile vrste *Aulacoseira granulata* f. *spiralis*, *Koliella longiseta* te *Aulacoseira granulata* f. *curvata* i *Scenedesmus acutus*, uz izuzetak prve postaje. Vrsta *Tetrastrum glabrum* iz skupine Chlorophyta, bila je prisutna u umjerenom broju u svim uzorcima, osim na četvrtoj postaji tijekom prvog i trećoj postaji tijekom drugog uzorkovanja.

Tablica 1: Popis fitoplanktonskih vrsta utvrđenih kvalitativnom analizom fitoplanktona jezera Jošava na postajama istraživanja (P1-P4) i relativna brojnost (1 - povremena vrsta, 2 - rijetka vrsta, 3 - umjereno prisutna vrsta, 4 - brojna vrsta, 5 - masovno prisutna vrsta (Web 1))

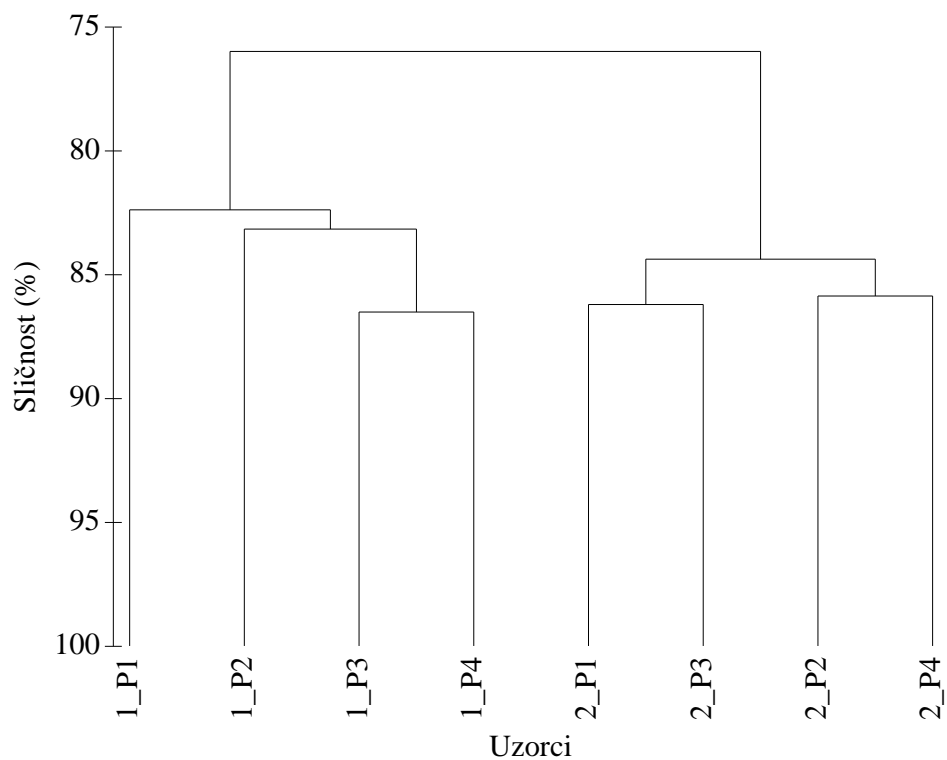
Vrste	15.3.2018.				4.4.2018.			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
<b>CYANOBACTERIA</b>								
<i>Aphanizomenon</i> sp.	1	1	1	1	2	1	1	1
<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemmermann) G.Cronberg & Komárek	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Gomphosphaeria</i> sp.	1	1	1		1	1	1	1
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek	2	3	2	1		1		1
<b>EUGLENOPHYTA</b>								
<i>Euglena pisciformis</i> Klebs				1		1		
<i>Lepocinclis fusiformis</i> (H.J.Carter) Lemmermann				1		1		
<i>Phacus caudatus</i> Hübner		1						
<i>Phacus pleuronectes</i> (O.F.Müller) Nitzsch ex Dujardin	1							
<i>Phacus pyrum</i> (Ehrenberg) W.Archer	2							
<i>Trachelomonas conica</i> Playfair			1					
<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmermann	1	1	1	1		2	1	1
<i>Trachelomonas similis</i> A.C.Stokes	1	1			1		1	
<b>CRYPTOPHYTA</b>								
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	1	1	1					
<b>CHRYSOPHYTA</b>								
<b>Chrysophyceae</b>								
<i>Dinobryon divergens</i> O.E.Imhof	3	3	2	2	1	1	1	3
<i>Kephyrion rubri-claustri</i> Conrad		1						
<i>Mallomonas acaroides</i> Perty	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Monas elongata</i> (Stokes) Lemmermann					3	3	3	3
<i>Ochromonas</i> sp.	5	5	5	5	3	3	1	1
<i>Synura uvella</i> Ehrenberg	3	2	2	3	2			
<b>Xanthophyceae</b>								
<i>Goniochloris mutica</i> (A.Braun) Fott	1		1	1	1	1	1	1
<i>Pseudostaurastrum hastatum</i> (Reinsch) Chodat		1						
<b>Bacillariophyceae</b>								
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonse	3							
<i>Aulacoseira granulata</i> f. <i>curvata</i> (Hustedt) Simonsen		3	3	3				2



<i>Aulacoseira granulata</i> f. <i>spiralis</i> (Hustedt) D.B.Czarnecki & D.C.Reinke	3	3	3	3				2
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	1	1						
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Hustedt) Round	3	4	4	4	5	5	5	5
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W.Smith	1							
<i>Fragilaria acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot				1	1			
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	1	1						
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) J.B.Petersen	2	2	2	3	2	2	2	2
<i>Gomphonema</i> sp.							1	
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow		1		1				
<i>Lemnicola hungarica</i> (Grunow) Round & Basson		1		1				
<i>Navicula capitata</i> (Ehrenberg) R.Ross		1		1				
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing		1	1					
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing		1	1					
<i>Navicula cuspidata</i> (Kützing) Kützing				1				
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	1	1						
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	1	1						
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow		1		2	1	1	1	
<i>Stephanodiscus</i> sp.	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>CHLOROPHYTA</b>								
<i>Ankyra ancora</i> (G.M.Smith) Fott	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Chlamydomonas</i> sp.	1	1			1			
<i>Closterium gracile</i> Brébisson ex Ralfs						1		
<i>Closterium limneticum</i> Lemmermann		1			1			1
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris							1	
<i>Crucigenia fenestrata</i> (Schmidle) Schmidle		1						
<i>Crucigenia quadrata</i> Morren			1			1		
<i>Crucigenia rectangularis</i> (Nägeli) Gay							1	1
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze							1	
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> H.C.Wood	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Elakatothrix acuta</i> Pascher	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg						2		2
<i>Gonium pectorale</i> O.F.Müller		1		2		2		2
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>Koliella longiseta</i> (Vischer) Hindák	3	3	3	3		2	2	
<i>Koliella spirotaenia</i> (G.S.West) Hindák	2			2				
<i>Korshikoviella limnetica</i> (Lemmermann) P.C.Silva	1							1
<i>Lagerheimia genevensis</i> Chodat		1						

<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Oocystis marssonii</i> Lemmermann	1		1	1	1	1	1	1
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini	2	2			1			
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	2	2	2	2		2	2	
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	2	2	2	2	2	2	2	1
<i>Planctonema lauterbornii</i> Schmidle	1					1		
<i>Platymonas cordiformis</i> Korshikov	1	1	1	1			1	
<i>Polytoma tetraolare</i> Pascher						1		1
<i>Pseudodidymocystis inconspicua</i> (Korshikov) Hindák	2	2	2	2	3	2	2	2
<i>Radiococcus nimbatus</i> (De Wildeman) Schmidle			1					
<i>Scenedesmus abundans</i> (O.Kirchner) Chodat			1					
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen		3	3	3		3		
<i>Scenedesmus intermedius</i> Chodat		3						
<i>Scenedesmus opoliensis</i> P.G.Richter		3						
<i>Scenedesmus quadricauda</i> Chodat	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Schroederia spiralis</i> (Printz) Korshikov	2	2	2					
<i>Spirogyra</i> sp.	1		1	1				
<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs ex Ralfs								1
<i>Staurastrum tetracerum</i> Ralfs ex Ralfs					1			
<i>Tetrastrum glabrum</i> (Y.V.Roll) Ahlstrom & Tiffany	3	3	3		3	3		3

Hijerarhijskom klaster analizom utvrđeno je grupiranje podataka u dvije osnovne grupe (Bray-Curtis sličnost >80%) prema datumu uzorkovanja (Slika 17). U prvoj su se grupi izdvojili uzorci fitoplanktona uzeti pri prvom uzorkovanju, dok druga grupa sadrži uzorke fitoplanktona uzete tijekom drugog uzorkovanja. Sastav vrsta se u obje grupe nije značajnije mijenjao s obzirom na postaje uzorkovanja.



Slika 17: Hijerarhijski klaster dendrogram analize kvalitativnog sastava fitoplanktona jezera Jošava na postajama istraživanja (P1-P4); 15. ožujka 2018. (1 – prvo uzorkovanje) i 4. travnja 2018. godine (2 – drugo uzorkovanje)

## 4. RASPRAVA

Osnova za istraživanje utjecaja antropogenih čimbenika na fitoplankton jezera Jošava bilo je plansko poribljavanje konzumnim šaranom. Tijekom istraživanja su praćene promjene fizikalno-kemijskih svojstava vode i sastava fitoplanktona nakon unosa 2000 kg ribe u jezero. Jezero Jošava pripada kategoriji hipertrofnih voda (Stević 2001). To su plitke stajalice vode bez vertikalne i termalne stratifikacije, s ograničenom cirkulacijom vode te ekstremnim fluktuacijama u produktivnosti, koncentraciji nutrijenata i režimu kisika (Barica i Mur 1980). Dobiveni rezultati su pokazali kako između dva termina uzorkovanja nije bilo promjene u dubini, odnosno, volumen jezerske vode nije se značajno mijenjao tijekom istraživanja. Također, temperatura vode ovisila je, zbog male dubine jezera, o temperaturi zraka te je porasla za 2 do 3°C u drugom, u odnosu na prvo uzorkovanje. Povišena temperatura utječe na promjenu ostalih fizikalno-kemijskih parametara vode jer ubrzava disanje, probavu i kretanje organizama u vodi (Tomec 1997). U prethodnom istraživanju (Stević 2001) prozirnost vode izmjerena tijekom proljetnih mjeseci varirala je od 49 do 87 cm, dok su u ovom istraživanju zabilježene i niže vrijednosti koje su varirale od 35 do 56 cm i upućuju na povećanu količinu suspendiranih tvari u vodi te indirektno na povećanu brojnost fitoplanktona. Prema podacima Ribolovno-gospodarske osnove (Opačak i sur. 2008), koncentracija otopljenog kisika u vodi u svibnju 2008. iznosila je 9,48 mg/L. Najveća razlika u koncentraciji kisika tijekom ovog istraživanja utvrđena je na četvrtoj postaji, kada se koncentracija kisika nakon tri tjedna (prije i nakon poribljavanja) povećala od 8,2 mg/L do 22 mg/L. Vrijednosti pH vode su također bile povećane u odnosu na prošla istraživanja, kada su 2000. godine zabilježene vrijednosti u rasponu od 7,7 do 8,4 (Stević 2001) te 8,02 u 2008. godini (Opačak i sur. 2008). Tijekom ovog istraživanja najviše vrijednosti pH izmjerene su nakon poribljavanja šaranom, a kretale su se u granicama od 9,33 do 9,58. Mogući uzrok povišenja pH vrijednosti vode je povećan razvoj fitoplanktona. Verspagen i sur. (2014) u svom radu navode kako pri velikoj biomasi fitoplanktona asimilacija anorganskog ugljika može smanjiti koncentraciju CO<sub>2</sub> otopljenog u vodi, što dovodi do povišenja pH vrijednosti. CO<sub>2</sub> u vodu dospijeva procesom respiracije vodenih organizama, razgradnjom organske tvari te iz atmosfere, a njegov sadržaj ovisi također i o temperaturi vode (Tomec 1997). Visoka koncentracija otopljenog kisika i zasićenje vode kisikom upućuju na visoku primarnu produkciju u razdoblju nakon poribljavanja šaranom. Šaran (*Cyprinus carpio*) se hrani organizmima bentosa i biljnim

materijalom, pri čemu povećava fluks nutrijenata iz bentoske zone u pelagijal i može uzrokovati promjenu dominantnog primarnog producenta (makrofite) u stanje dominacije fitoplanktona (Parkos i sur. 2003). Takvo premještanje nutrijenata događa se uslijed bioturbacije, odnosno, pomicanja sedimenta prilikom hranjenja ribe, ili tijekom izlučivanja ekskreta u pelagijalu (Griffiths 2006). Nutrijenti značajni za razvoj alga, fosfor te dušik u obliku iona amonijaka, nitrata i nitrita, u jezerima se nalaze u organskom i anorganskom obliku, ili vezani za čestice sedimenta, a bioturbacijom prelaze u oblik dostupan fitoplanktonu. Prevelika količina dušika i fosfora, koja najčešće dopijeva u jezera gnojidbom okolnih poljoprivrednih površina te industrijskim otpadnim vodama, također uzrokuje masovan razvoj fitoplanktona, a time i narušavanje ravnoteže jezerskog ekosustava (Web 6). Koncentracija ukupnog dušika tijekom istraživanja se na većini postaja smanjila nakon poribljavanja, kao i koncentracije amonijaka i nitrata, koje su imale slične vrijednosti i u 2008. godini (Opačak i sur. 2008), dok su se koncentracije nitrita i organskog dušika povećale. Vrlo velika razlika u vrijednostima koncentracije dušika po Kjeldahlu (do 3,92 mg/L na četvrtoj postaji pri drugom uzorkovanju), u odnosu na 0,21 mg/L u svibnju 2008. godine (Opačak i sur. 2008), upućuje na povećanu koncentraciju organskih spojeva s dušikom. Također je utvrđeno i povećanje koncentracije nitrita u vodi jezera u odnosu na 2008. godinu (Opačak i sur. 2008). Od prethodnih istraživanja značajno odstupa i koncentracija ukupnog fosfora s vrlo visokim vrijednostima utvrđenim također na četvrtoj postaji (5,5 mg/L pri prvom i 4,02 mg/L tijekom drugog uzorkovanja). Četvrta postaja nalazi se na zapadnoj strani i najbliža je nasipu i neodržavanom dijelu jezera. Na toj postaji je ujedno utvrđena najmanja dubina i prozirnost, a smještena je u blizini prometnica, farmi i postrojenja te uz poljoprivredne površine. Povećane koncentracije nutrijenata, posebno ukupnog fosfora te visoke vrijednosti Chl-a u odnosu na prethodna istraživanja ukazuju na pojačanu eutrofikaciju jezera Jošava. Koncentracija klorofila, posebice klorofila-a, karakterističnog svim fotosintetskim organizmima, u istraživanjima se često koristi za procjenu biomase fitoplanktona (Felip i Catalan 2000). U odnosu na analize provedene 2000. godine (Stević 2001) kada tijekom cijelog razdoblja (svibanj-listopad) nisu utvrđene koncentracije Chl-a više od 86,19 µg/L (rujan), u ovom su istraživanju utvrđene puno više vrijednosti. Prije poribljavanja koncentracije klorofila u vodi postupno su se smanjivale od prve do četvrte postaje te je najviša koncentracija Chl-a iznosila 98,25 µg/L. Nakon poribljavanja, vrijednosti se nisu znatno razlikovale na prve tri postaje, dok se ističu visoke koncentracije pigmenta na četvrtoj postaji (Chl-a: 152,72 µg/L; Chl-b: 47,74 µg/L; Chl-c: 123,72 µg/L). Uz nutrijente koji pospješuju razvoj fitoplanktona, prema

istraživanju Felip i Catalan (2000), razlike u koncentracijama Chl-a mogu se pojaviti zbog različite veličine stanica i sastava fitoplanktonskih vrsta na pojedinim postajama i tijekom godina. Također, razlike u količini klorofila mogu se javiti zbog smanjenog ili povećanog hranidbenog pritiska zooplanktona, osjetljivog na predaciju riba koje se njime hrane (Muylaert i sur. 2005).

Tijekom istraživanja određeno je ukupno 88 fitoplanktonskih vrsta, a najveću zastupljenost u kvalitativnom sastavu imale su vrste skupina Chlorophyta i Chrysophyta (većinom alge razreda Bacillariophyceae; dijatomeje). Kvalitativni sastav se djelomično razlikovao prije i poslije poribljavanja, ali nisu utvrđene značajne razlike s obzirom na pojedine postaje. Prije poribljavanja, dominantna vrsta bila je *Ochromonas* sp. (Chrysophyceae), dok je nakon poribljavanja dominirala dijatomeja *Cyclostephanos dubius*. Predstavnici razreda Chrysophyceae i Bacillariophyceae karakteristični su za fitoplankton plitkih jezera u proljetnom razdoblju pri nižim temperaturama vode, a visoka relativna brojnost planktonske dijatomeje *Cyclostephanos dubius*, koja se s velikom biomasom pojavljuje u eutrofnim jezerima diljem Europe, potvrđuje visok stupanj trofije jezera Jošava (Bradshaw i Anderson 2003). Prethodna istraživanja utvrdila su dominaciju zelenih alga u proljetnom razdoblju, uz dobru zastupljenost cijanobakterija koje su se bogato razvijale u ljetnim mjesecima (Stević 2001; Opačak i sur. 2008). Za ribnjake je karakteristična prisutnost cijanobakterija tijekom cijele godine te sezonsko cvjetanje (Tomec 1997). Unatoč povećanoj količini nutrijenata, cijanobakterije su bile zastupljene u ovom istraživanju samo s četiri predstavnika s malom brojnošću, čemu uzrok mogu biti niže proljetne temperature vode. Također, Beklioglu i Moss (1995) u svom radu navode kako su zelene alge (Chlorophyta), pri povišenim koncentracijama nutrijenata i pH vrijednosti u vodi, u prednosti nad cijanobakterijama, posebice prilikom smanjene predacije zooplanktona uslijed povećanja ribljeg fonda. Unatoč tome, potrebno je nastaviti pratiti sezonske sukcesije i brojnost fitoplanktona u jezeru jer je prethodno utvrđeno da poribljavanje plitkih jezera predstavnicima porodice Cyprinidae ima pozitivan učinak na masovni razvoj cijanobakterija u ljetnim mjesecima (Napiórkowska-Krzebietke 2017).

## 5. ZAKLJUČAK

Proljetno poribljavanje jezera Jošava utjecalo je na promjene fizikalno-kemijskih parametara vode i sastav fitoplanktona. Porast koncentracije kisika u vodi, pH i sadržaj klorofila nakon poribljavanja upućuju na porast primarne produkcije u jezeru. Najveću zastupljenost u kvalitativnom sastavu fitoplanktona imale su vrste skupina Chlorophyta i Chrysophyta, a relativnom brojnošću su se isticale vrste razreda Chrysophyceae i Bacillariophyceae, kojima pogoduju niže temperature vode u proljetnom razdoblju. U usporedbi s prethodnim istraživanjima, povećane koncentracije nutrijenata, posebice ukupnog fosfora, te visoki sadržaj klorofila u vodi, ukazuju na povećanu eutrofikaciju, koja je naglašena u plićim dijelovima jezera gdje je izraženiji utjecaj prometa te stočarske i poljoprivredne proizvodnje.

## 6. LITERATURA

Barica, J., Mur, L.R. (ur.) (1980) Hypertrophic Ecosystems S.I.L. Workshop on Hypertrophic Ecosystems held at Växjö, September 10-14, 1979. Hague-Boston-London, Dr. W. Junk Bv Publishers.

Beklioglu, M., Moss, B. (1995) The impact of pH on interactions among phytoplankton algae, zooplankton and perch (*Perca fluviatilis*) in a shallow, fertile lake. *Freshwater Biology*. 33: 497-509.

Bradshaw, E. G., Anderson, N. J. (2003) Environmental factors that control the abundance of *Cyclostephanos duhii* (Bacillariophyceae) in Danish lakes, from seasonal to century scale. *European Journal of Phycology*. 38: 265-276.

Clarke K.R., Warwick R.M. 2001. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation (2nd ed.). Plymouth, PRIMER-E.

Felip, M., Catalan, J. (2000) The relationship between phytoplankton biovolume and chlorophyll in a deep oligotrophic lake: decoupling in their spatial and temporal maxima. *Journal of Plankton Research*. 22(1):91-106.

Fott, J., Kořínek, V., Pražáková, M., Vondruš, B., Forejt, K. (1974) Seasonal Development of Phytoplankton in Fish Ponds. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*. 59:629-641.

Griffiths, D. (2006) The direct contribution of fish to lake phosphorus cycles. *Ecology of Freshwater Fish*. 15: 86-95.

Hindak F, Cyrus Z, Marvan P, Javornický P, Komarek J, Ettl H, Rosa K, Sladečková A, Popovski J, Punocharova J, Lhotsky O. (1978) *Sladkovodne riasy*. Bratislava, Slovenske pedagogicke nakladatelstvo.

Hindak F, Komarek J, Marvan P, Ružička J. (1975) *Kluč na určovanie vytrusnych rastlin: Riasy*. Bratislava, Slovenske pedagogicke nakladatelstvo.

Katavić, I. (2006) Rizici eutrofikacije kao posljedica nekontrolirane hranidbe riba u kaveznom uzgoju. *Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme*. 48:157-164.



Krammer K, Lange-Bertalot H. (1991) Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae (H. Ettl, G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer, eds.). Vol. 2/1, Stuttgart, Gustav Fischer Verlag.

Krammer K, Lange-Bertalot H. (1997) Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. In Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae (H. Ettl, G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer, eds.). Vol. 2/3, Stuttgart, Gustav Fischer Verlag.

Liebmann, H. (1962) Handbuch der Frischwasser und Abwasser- Biologie I. München, R. Oldenbourg Verlag.

Muyllaert, K., Declerck, S., Van Wichelen, J., De Meester, L., Vyverman, W. (2005) An evaluation of the role of daphnids in controlling phytoplankton biomass in clear water versus turbid shallow lakes. *Limnologica*. 36: 69-78.

Napiórkowska-Krzebietke, A. (2017) Phytoplankton response to fish-induced environmental changes in a temperate shallow pond-type lake. *Archives of Polish Fisheries*. 25: 211-264.

NN (1998) Uredba o klasifikaciji voda. Narodne novine d.d. 77/98.

Opačak, A., Vuković, Ž., Majić, S., Jelkić, D. (2008) Ribolovno-gospodarska osnova Zajednice športskih ribolovnih udruga Đakovo. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

Padisák, J., Reynolds, C. S. (2003) Shallow lakes: the absolute, the relative, the functional and the pragmatic. *Hydrobiologia*. 506-509: 1-11.

Parkos III, J.J., Santucci Jr., V.J., Wahl, D.H. (2003) Effects of adult common carp (*Cyprinus carpio*) on multiple trophic levels in shallow mesocosms. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 60: 182-192.

Popović, J. (2010) Gospodarenje ribolovnim vodama. Zagreb, Hrvatski športsko ribolovni savez.

Scheffer M., Hosper S.H., Meijer M-L., Moss B., Jeppesen E. (1993) Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology & Evolution*. 8:275-279.

Scheffer, M. (1998) Ecology of shallow lakes. Chapman and Hall, London.

SCOR-Unesco Working Group 17 (1966) Determination of photosynthetic pigments, in: Unesco (Ed.) Monographs on Oceanographic Methodology 1. Determination of photosynthetic pigments in sea-water. Unesco, Paris 11-18.

Sieburth, J. McN., Smetacek, V., Lenz, J. (1978) Pelagic ecosystems structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology and Oceanography*. 23:1256-63.

Stević, F. (2001) Fitoplankton akumulacije Jošava kod Đakova. Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Pedagoški fakultet, Osijek.

Strickland, J. D., Parsons, T. R. (1972) A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. 167: 185-192.

Tomac, M., Teskeredžić, Z., Teskeredžić, E., Hacmanjek, M. (1992). Dinamika fitoplanktona ciprinidnih ribnjaka. *Ribar*. 47:79-88.

Tomec, M. (1997) Fizikalno-kemijske i biološke karakteristike šaranskih ribnjaka. *Ribarstvo*. 55 (4): 167-173.

Verspagen, J.M.H., Van de Waal D.B., Finke J.F., Visser P.M., Van Donk E., Huisman J. (2014) Rising CO<sub>2</sub> Levels Will Intensify Phytoplankton Blooms in Eutrophic and Hypertrophic Lakes. *PLOS ONE*. 9(8): 1-19.

#### Mrežne stranice

Web1. Hrvatske vode: Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenara kakvoće [http://www.voda.hr/sites/default/files/metodologija\\_uzorkovanja\\_laboratorijskih\\_analiza\\_i\\_odredivanja\\_omjera\\_ekoloske\\_kakvoce\\_bioloskih\\_elementa\\_i\\_odluka.pdf](http://www.voda.hr/sites/default/files/metodologija_uzorkovanja_laboratorijskih_analiza_i_odredivanja_omjera_ekoloske_kakvoce_bioloskih_elementa_i_odluka.pdf) (6.7.2018.)

Web2. Hrvatske vode, Zavod za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije, Upravni odjel za poljoprivredu i gospodarstvo Osječko-baranjske županije: Informacija o stanju i kvaliteti voda, te izvorima onečišćenja voda na području Osječko baranjske županije. <http://www.obz.hr/hr/pdf/prostor/2010/Informacija%20o%20stanju%20i%20kvaliteti%20voda,%20te%20izvorima%20one%C4%8Di%C5%A1%C4%87enja%20voda>

[%20na%20podru%C4%8Dju%20Osje%C4%8Dko-baranjske%20%C5%BEupanije.pdf](#) (2.7.2018.)

Web3. Hrvatske vode, Zavod za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije, Upravni odjel za prostorno planiranje, zaštitu okoliša i prirode Osječko-baranjske županije županije: Informacija o stanju i kvaliteti voda, te izvorima onečišćenja voda na području Osječko baranjske županije. [http://www.obz.hr/hr/pdf/2017/5\\_sjednica/11\\_informacija\\_o\\_stanju\\_i\\_kvaliteti\\_voda\\_da\\_te\\_izvorima\\_oneciscenja\\_voda\\_u\\_2016\\_na\\_podrucju\\_obz.pdf](http://www.obz.hr/hr/pdf/2017/5_sjednica/11_informacija_o_stanju_i_kvaliteti_voda_da_te_izvorima_oneciscenja_voda_u_2016_na_podrucju_obz.pdf) (2.7.2018)

Web4. FishBase: *Ameiurus nebulosus*.

<https://www.fishbase.de/summary/Ameiurus-nebulosus.html> (6.7.2018.)

Web5. Guiry MD, Guiry GM. 2018. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (20.6.2018.)

Web6. Minnesota Pollution Control Agency: Nutrients: Phosphorus, Nitrogen Sources, Impact on Water Quality- A General Overview. <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-iw3-22.pdf> (11.7.2018.)