Utjecaj okolišnijh varijabli na razvoj zajednica planktonskih rakova Dunava

Katanić, Nataša

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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:181:422407

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 J. J. Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju
Preddiplomski studij biologije

Nataša Katanić

Utjecaj okolišnih varijabli na razvoj zajednica planktonskih rakova Dunava

Završni rad

Mentor: prof. dr. sc. Jasna Vidaković
Neposredni voditelj: dr. sc. Anita Galir Balkić

Osijek, 2017. godina

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju
Završni rad
Preddiplomski sveučilišni studij Biologija

Znanstveno područje: Prirodne znanosti
Znanstveno polje: Biologija

Utjecaj okolišnih varijabli na razvoj zajednica planktonskih rakova Dunava

Nataša Katanić

Rad je izrađen: Zavod za ekologiju voda
Mentor: prof. dr. sc. Jasna Vidaković
Neposredni voditelj: dr. sc. Anita Galir Balkić

Sažetak:
Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj okolišnih parametara na razvoj zooplanktona tijekom različitih godišnjih doba. Uzorci su prikupljeni na rijeci Dunav mjesečnom dinamikom tijekom 2011. godine. Zabilježene su dvije vrste rašljoticalaca i tri vrste veslonožaca. Najveća brojnost planktonskih rakova zabilježena je u ljetnom (1,12 ind/L), a najmanja u jesenskom razdoblju (0,58 ind/L). Iz skupine rašljoticalaca pronađene su *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785) i *Sida crystallina* (O.F. Müller, 1776). Iz skupine veslonožaca pronađene su vrste *Acanthocyclops vernalis* (Fisher, 1853), *Cyclops vicinu*s (Sars, 1863) i *Thermocyclops crassus* (Fisher, 1853) te razvojni stadiji nauplii i kopepoditi. Istraživanjem je utvrđeno da mjereni okolišni čimbenici imaju različit utjecaj na razvoj i strukturu planktonskih rakova ovisno o godišnjem dobu. Najveći utjecaj imali su temperatura, koncentracija dušika i električna provodljivost.

Broj stranica: 28
Broj slika: 17
Broj tablica: 5
Broj literaturnih navoda: 31
Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: rašljoticalci, veslonošci, sezonska varijabilnost, riječni ekosustav

Rad pohranjen u:
knjižnici Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i u Nacionalnoj sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, u elektroničkom obliku te je objavljen na web stranici Odjela za biologiju, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

BASIC DOCUMENTATION CARD
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Department of Biology
Bachelor's thesis
Undergraduate university study programme in Biology

Scientific Area: Natural Sciences
Scientific Field: Biology

Influence of environmental variables on zooplankton development in the Danube River

Nataša Katanić

Thesis performed at: Sub–department of Water Ecology
Supervisor: prof. dr. sc. Jasna Vidaković
Assistant in charge: dr. sc. Anita Galir Balkić

Abstract:
The aim of this study was to investigate the influence of different environmental variables on zooplankton development during different seasons. Samples were collected monthly from the Danube River during 2011. Two cladoceran and three copepod species were recorded. The maximum abundance of crustacean zooplankton was recorded in summer (1,12 ind/L) while minimum abundance was recorded in autumn (0,58 ind/L). Among cladocerans *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785) and *Sida crystallina* (O.F. Müller, 1776) were recorded while among copepods *Acanthocyclops vernalis* (Fisher, 1853), *Cyclops vicinu*s (Sars, 1863) and *Thermocyclops crassus* (Fisher, 1853) with juvenile copepods (nauplii and copepodites) were recorded. The present study defined that measured environmental variables have a different effect on growth and structure of crustacean zooplankton concerning different seasons. Major environmental variables influencing crustacean zooplankton were temperature, nitrogen concentration and conductivity.

Number of pages: 28
Number of figures: 17
Number of tables: 5
Number of references: 31
Original in: Croatian

Key words: Cladocera, Copepoda, sesonal variability, river ecosystem

Thesis deposited in:
The Library of the Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek and in the National and University Library in Zagreb in electronic form. It is also available on the website of the Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek.

Sadržaj:

1. UVOD 1
1.1. Zooplankton 1
1.1.1. Rašljoticalci (Cladocera) 2
1.1.2. Veslonošci (Copepoda) 3
2. MATERIJALI I METODE 5
2.1. Područje istraživanja 5
2.2. Prikupljanje uzoraka i analiza fizikalno – kemijskih svojstava vode 5
2.3. Obrada zooplanktona u laboratoriju 6
2.4. Statistička obrada 6
3. REZULTATI 7
3.1. Fizikalno – kemijska svojstva vode 7
3.1.1. Vodostaj 7
3.1.2. Dubina 8
3.1.3. Prozirnost 8
3.1.4. Temperatura vode 9
3.1.5. Koncentracija otopljenoga kisika 10
3.1.6. pH 10
3.1.7. Električna provodljivost 11
3.1.8. Koncentracija klorofila *a* 12
3.1.9. Koncentracija amonijevih iona 12
3.1.10. Koncentracija nitritnih iona 13
3.1.11. Koncentracija nitratnih iona 14
3.1.12. Koncentracija organskog dušika 14
3.1.13. Koncentracija ukupnog dušika 15
3.1.14. Koncentracija ukupnog fosfora 16
3.2. Struktura zajednice zooplanktona 16
3.3. Korelacije okolišnih čimbenika sa skupinama zooplanktona 19
4. RASPRAVA 22
5. LITERATURA 26

1. UVOD

1.1. Zooplankton

Naziv plankton označava sve organizme koji slobodno lebde u vodi i čije kretanje prvenstveno ovisi o strujanju vode (Vrebčević, 1996). Mogu naseljavati morske i slatke (kopnene) vode (Vrebčević, 1996). Iako su mnogi razvili sposobnost aktivnog gibanja radi održavanja u stupcu vode, nisu u mogućnosti kretati se neovisno o strujanju vode (Lampert i Sommer, 2007).

Zooplankton kopnenih voda, odnosno slatkovodni zooplankton čine mikroskopski heterotrofni organizmi iz skupine praživotinja (Protozoa), kolnjaka (Rotifera), rašljoticalaca (Cladocera), veslonožaca (Copepoda) i ljuskara (Ostracoda) (Ferdous i Muktadir, 2009). U slatkovodnom zooplanktonu mogu se još susresti jaja riba, ličinke riba, školjkaša, kukaca, dugoživci te meduze (npr. *Craspedacusta sowerbi*) (Vrebčević, 1996). U većini vodenih ekosustava zooplankton kao primarni potrošač i predator zauzima ključne trofičke položaje i utječe na druge trofičke nivoe te na protok tvari i energije (Litchman i sur., 2013).

Planktonski rakovi rašljoticalci i veslonošci značajan su dio slatkovodnog zooplanktona. To su sitni životinjski organizmi čija se veličina kreće od 0,3 do 6 mm (Błędzki i Rybak, 2016). Naseljavaju jezera, ribnjake, akumulacije, bare, jarke te donje tokove velikih rijeka. Cijeli svoj životni vijek provode u slobodnoj vodi te se zbog toga ubrajaju u pravi plankton odnosno holoplankton. Jedno od važnih obilježja ovih skupina je pojava dnevnih vertikalnih migracija. Tijekom 24 sata ove skupine pokazuju pravilne migracije po dubini. U površinske slojeve odlaze tijekom noći, dok se preko dana spuštaju u dublje slojeve vode (Vrebčević, 1996).Vertikalne migracije imaju važnu ulogu u kruženju hranjivih tvari, posebice dušika, fosfora i ugljika (Błędzki i Rybak, 2016). Ipak, kod pojedinih vrsta ovih skupina nije utvrđena pojava dnevnih migracija, dok neke pak vrste pokazuju suprotan obrazac ponašanja te odlaze preko dana u gornje slojeve vode (Vrebčević, 1996).

Rašljoticalci i veslonošci razvili su veliku sposobnost preživljavanja nepovoljnih uvjeta. Rašljoticalci nepovoljne uvjete preživljavaju stvaranjem efipija, dok ih veslonošci preživljavaju ulaženjem u stanje dijapauze ili dormancije te stvaranjem trajnih (rezistentnih) jaja koja mogu dugo ostati u mirujućem stanju u sedimentu, odnosno sve dok uvjeti ne postanu ponovno povoljni za razvoj (Błędzki i Rybak, 2016). Za skupinu rašljoticalaca uobičajeno je fenotipsko mijenjanje tijela tijekom godine. Ovisno o sezoni, njihovo tijelo poprima različite oblike, odnosno dolazi do pojave sezonskog dimorfizma (Vrebčević, 1996). Obje skupine planktonskih račića dobri su modelni organizmi i koriste se u različitim znanstvenim istraživanjima kao što

su istraživanja genoma i filogenetska istraživanja te toksikološka i ekološka istraživanja (Błędzki i Rybak, 2016).

1.1.1. Rašljoticalci (Cladocera)

Rašljoticalci (Slika 1.) su mali, primarno slatkovodni rakovi koji čine važan dio faune slatkih voda i imaju važnu ulogu u hranidbenim mrežama stajaćica. To je monofiletička skupina paleozojskog podrijetla koja sadrži 620 vrsta prema postojećim opisima, iako je taj broj vrsta vjerojatno 2 – 4 puta veći (Forró i sur., 2008). Premda su primarno slatkovodni, neke vrste ove skupine naseljavaju mora i brakične (bočate) vode (Forró i sur., 2008). Gotovo svi predstavnici skupine rašljoticalaca hrane se procjeđivanjem (filtriranjem) koje im omogućuju fini tjelesni privjesci (Vrebčević, 1996). Skupina rašljoticalaca obuhvaća i prave (obligatne) predatore kao što su *Leptodora*, *Bythotrephes*, *Polyphemus*, *Anchistropus* i *Pseudochydorus* (Błędzki i Rybak, 2016). Oni se hrane drugim, sitnijim rašljoticalcima, malim kopepoditima i naupliiima te kolnjacima (Vrebčević, 1996). Neke pak vrste mogu živjeti na sedimentu, na površini makrofita ili na kamenju. Rašljoticalci su razvili dvije strategije razmnožavanja (Błędzki i Rybak, 2016). Veći dio godine partenogenetske ženke stvaraju jaja iz kojih se razvijaju nove partenogenetske ženke (Vrebčević, 1996), odnosno razmnožavaju se aseksulano dajući klonove (Błędzki i Rybak, 2016). Tijekom jeseni ili promjenom postojećih okolišnih čimbenika započinje spolno razmnožavanje (Błędzki i Rybak, 2016). Tome prethodi pojava mužjaka iz jaja koja je proizvela partenogenetska ženka. Spolnim razmnožavanjem nastaju trajna (rezistentna jaja) koja se još nazivaju zimska jaja ili efipij. Ona su zahvaljujući hitinskom omotaču vrlo otporna i mogu preživjeti u nepovoljnim uvjetima. Za razliku od veslonožaca, rašljoticalci nemaju razvojne stadije. Iznimka je vrsta *Leptodora kindti* (Focke, 1844) koja ima razvojne stadije, tj. naupliije (Vrebčević, 1996).



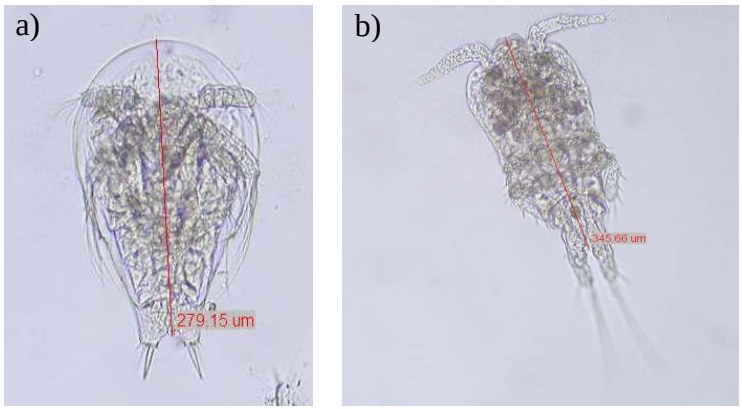
Slika 1. Predstavnik rašljoticalaca: *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785)

(fotografirala: Nataša Katanić)

1.1.2. Veslonošci (Copepoda)

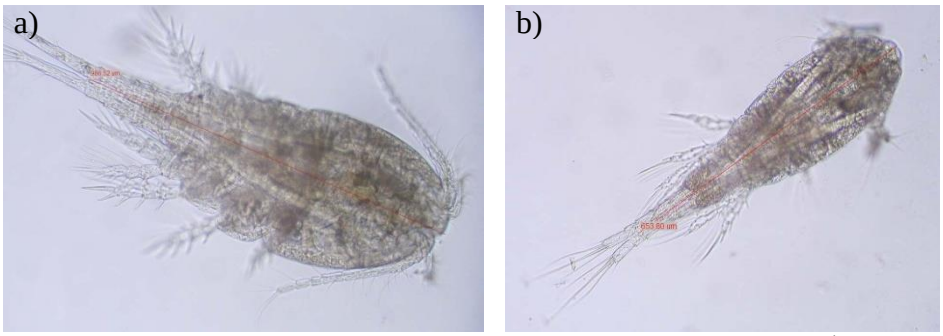
Veslonošci su planktonski rakovi koji naseljavaju površinske i podzemne kopnene vode te mora. Veslonošci kopnenih voda naseljavaju jezera, ribnjake, bare, lokve i akumulacije. U rijeke dospijevaju unosom najčešće iz jezera, bara i kanala, dok su uobičajeni u sporim donjim tokovima velikih rijeka. Podijeljeni su u tri skupine: Calanoida, Cyclopoida i Harpacticoida. Glavne razlike između ovih skupina vidljive su u građi tijela te načinu života. Calanoida (kalanoidi) i Cyclopoida (ciklopoidi) vrlo su pokretljivi i brzi. Calanoida (kalanoidi) se pokreću naglim pokretima nalik na skokove, dok Cyclopoida (ciklopoidi) plivaju. Za razliku od njih Harpacticoida (harpaktikoidi) puzu po dnu izvijajući svoje tijelo, a građom tijela se najviše razlikuju u odnosu na druge dvije skupine. Osim slobodnoživućih predstavnika koji mogu biti filtratori, predatori ili detritofagi, među ove tri skupine mogu se pronaći i paraziti, poluparaziti i komenzali. Tijekom ontogenetskog razvoja jedinke mijenjaju način ishrane (Vrebčević, 1996). Jedinke iz skupine veslonožaca razdvojenog su spola i razmnožavaju se spolno (Błędzki i Rybak, 2016), s iznimkom nekih harpaktikoida (Vrebčević, 1996). Iz oplođenih jaja razvijaju se ličinke veslonožaca, naupliii (Slika 2.), koji se izgledom razlikuju od odraslih jedinki. Prolaze kroz šest stadija razvoja (N1 – N6). U posljednjem stadiju (N6) jedinke osim morfološke prolaze i fiziološku preobrazbu kada je i mortalitet najveći (Vrebčević, 1996). Idući razvojni stadij je stadij kopepodita (Slika 2.) koji se također dalje razvija kroz šest stadija (C1 – C6), a u zadnjem stadiju (C6) nastaje odrasla jedinka (Slika 3.) (Vrebčević, 1996). Duljina razvoja veslonožaca ovisna je o okolišnim čimbenicima kao što su promjena temperature i

količina dostupne hrane. Također, svaka pojedina vrsta ima specifičan životni ciklus koji je uvjetovan i abiotičkim i biotičkim čimbenicima (Dussart i Defaye, 1995).



Slika 2. Razvojni stadiji veslonožaca: a) nauplii b) kopepodit

(fotografirala: Nataša Katanić)



Slika 3. Odrasle jedinke iz skupine Cyclopoida: a) ♀ b) ♂

(fotografirala: Nataša Katanić)

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Područje istraživanja

Uzorkovanje zooplanktona izvršeno je na rijeci Dunav, na ulazu u Park prirode Kopački rit. Područje Parka prirode Kopački rit smješteno je na sjeveroistočnom dijelu Republike Hrvatske te predstavlja značajno poplavno područje. Nastalo je djelovanjem dviju velikih rijeka, Dunava i Drave (Benčina i sur., 2011) koje na mjestu njihova susreta stvaraju jedinstvenu unutrašnju deltu (Peršić i Horvatić, 2011). Kopački rit je uvršten na Popis Ramsarskih područja te na listu programa IBA (Important Bird Area) (Peršić i Horvatić, 2011).

Rijeka Dunav je druga najduža rijeka u Europi, duljine 2 778 km (Tadić i sur., 2003). Izvire u Njemačkoj, prolazi kroz 10 država i ulijeva se u Crno more. Poplavno područje rijeke Dunav u sjeveroistočnom dijelu Republike Hrvatske pokriva približno 53 000 ha, od čega 23 000 ha uključuje zaštićeno područje Parka prirode Kopački rit (Schwartz, 2006). Vodostaj Dunava pod utjecajem je topljenja leda u Alpama, stoga doseže maksimalne vrijednosti u proljeće i rano ljeto (Peršić i Horvatić, 2011).

2.2. Prikupljanje uzoraka i analiza fizikalno – kemijskih svojstava vode

Uzorci vode za hidrobiološku analizu prikupljeni su na rijeci Dunav tijekom 2011. godine. Uzorkovano je mjesečnom dinamikom tijekom tri godišnja doba: proljeće (travanj – lipanj), ljeto (srpanj – rujan) te jesen (listopad – prosinac). Prilikom svakog uzorkovanja uzeti su uzorci iz površinskog sloja vode.

Za analizu planktonskih rakova prilikom svakog uzorkovanja filtrirano je 26 litara vode kroz planktonsku mrežicu promjera pora 65 μm, te su uzorci fiksirani u 4% otopini formalina.

Podaci o vodostaju Dunava prikupljeni su s vodomjerne stanice Apatin gdje su očitavani dnevnom dinamikom.

In situ su mjereni dubina (WD), prozirnost (SD), temperatura vode (WT), otopljeni kisik u vodi (DO), pH te električna provodljivost (Cond). Prozirnost je mjerena Secchi pločom, dubina baždarenim konopom s utegom dok su ostali navedeni parametri mjereni pomoću elektroda prijenosnog minilaboratorija WTW Multi 340i.

Za određivanje koncentracija klorofila *a* (Chl a) 1 litra vode je filtrirana kroz GF/C filter od staklenih vlakana. Nakon filtracije filter je samljeven uz dodatak 15 ml 90% - tnog acetona.

Spektrofotometrom je nakon 24 h mjerena apsorbancija uzorka pri valnim duljinama od 630, 645, 663 i 750 nm (Strickland i Parsons, 1968).

Koncentracija amonij-iona ($N - NH_4$), nitrita ($N - NO_2$), nitrata ($N - NO_3$), organskog dušika (org N) te ukupnog dušika (TN) i ukupnog fosfora (TP) mjereni su standardnim metodama (APHA, 1992) u Eko – laboratoriju Vodovoda d.o.o. u Osijeku.

2.3. Obrada zooplanktona u laboratoriju

Svi uzorci fiksirani u 4% otopini formalina pregledani su upotrebom lupe Leiza EZ4 (povećanje 32x). Brojnost jedinki iz skupina rašljoticalaca i veslonožaca u svakom uzorku određena je prebrojavanjem svih jedinki iz uzorka u Petrijevoj zdjelici. Pronađene jedinke iz uzorka prebačene su na predmetnicu u kap glicerola kako bi se spriječilo isušivanje te su pregledane pod mikroskopom Olympus BX5 (povećanje 400x), fotografirane i izmjerene. Jedinke su potom secirane pomoću entomoloških iglica 000 i determinirane do razine vrste korištenjem ključeva Einsle (1993), Amoros (1984) i Margaritora (1983) nakon čega su napravljeni polutrajni preparati. Brojnost je izražena kao broj jedinki po litri (ind/L).

2.4. Statistička obrada

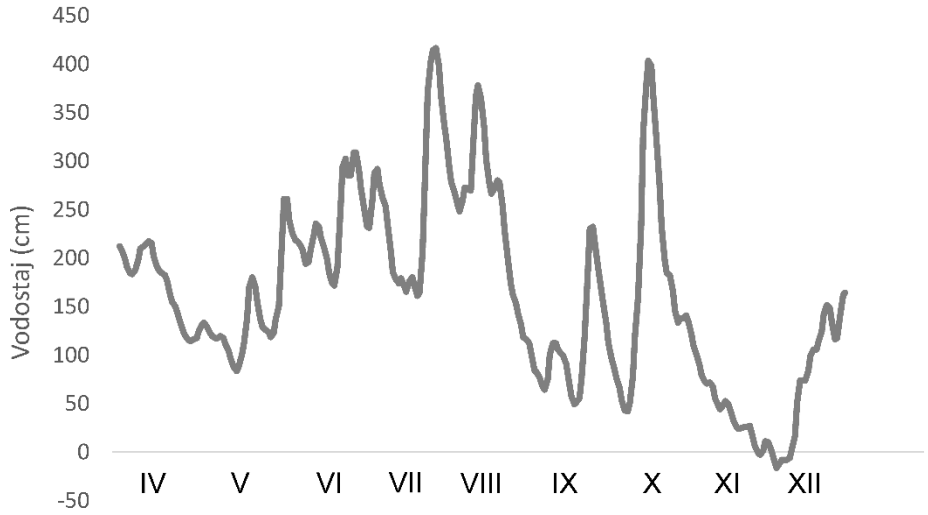
Pearson – ovim koeficijentom korelacije određene su statistički značajne varijable za razvoj pojedinih skupina zooplanktona tijekom različitih godišnjih doba koristeći software Statistica 12.0 (StatSoft, Inc.).

3. REZULTATI

3.1. Fizikalno – kemijska svojstva vode

3.1.1. Vodostaj

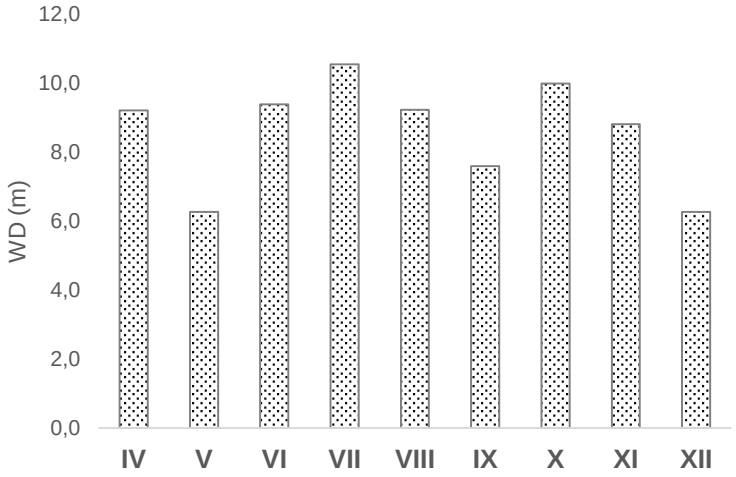
Na osnovu podataka o vodostaju rijeke Dunav prikupljenih s vodomjerne stanice Apatin izrađena je slika vodostaja za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011. (Slika 4.). U proljetnom razdoblju (travanj – lipanj) vodostaj Dunava je oscilirao u rasponu od ± 75 do 300 cm. Početkom i sredinom ljetnog razdoblja vodostaj Dunava raste i doseže najveću vrijednost, nakon čega dolazi do opadanja razine vode sve do početka rujna. Jesensko razdoblje obilježeno je velikim oscilacijama vodostaja Dunava kada je zabilježena gotovo jednaka vrijednost kao i u ljetnom razdoblju, ali i velikim padom vodostaja sredinom studenoga što je bila i najniža izmjerena vrijednost u promatranom razdoblju.



Slika 4. Vodostaj rijeke Dunav za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011.

3.1.2. Dubina

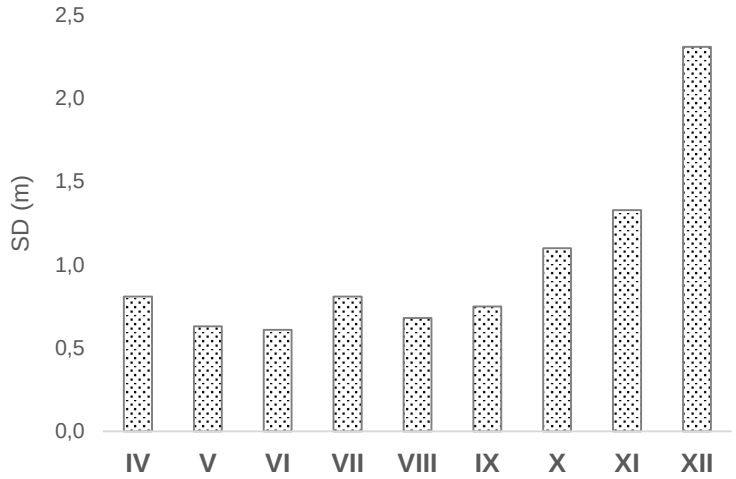
Tijekom istraživanja najveća dubina (WD) zabilježena je u srpnju i iznosila je 10,56 m, a najmanja dubina je zabilježena je u svibnju i prosincu kada je iznosila 6,27 m (Slika 5.). Srednja vrijednost dubine tijekom proljetnog razdoblja iznosila je 8,30 ± 1,76 m. U ljeto je srednja vrijednost dubine bila najveća i iznosila je 9,13 ± 1,48 m, a u jesen je iznosila 8,36 ± 1,91 m.



Slika 5. Mjesečne vrijednosti dubine rijeke Dunav za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011.

3.1.3. Prozirnost

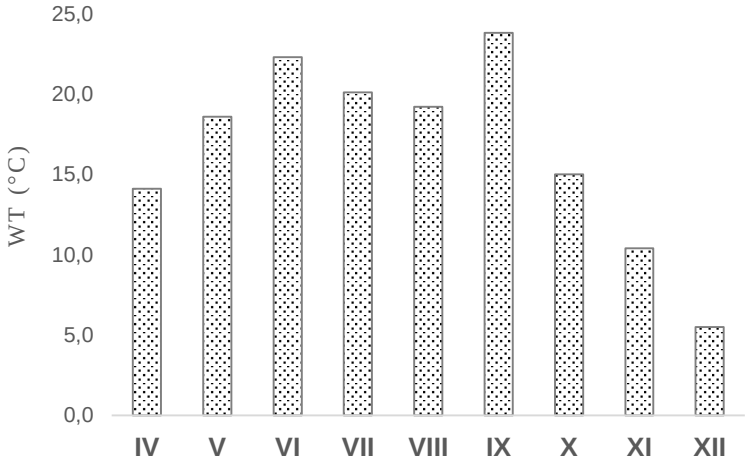
Prozirnost (SD) rijeke Dunav po mjesecima prikazana je na Slici 6. Najveća prozirnost zabilježena je u prosincu kada je iznosila 2,31 m, dok je najmanja prozirnost zabilježena u lipnju i iznosila je 0,61 m. Srednja vrijednost prozirnosti bila je najmanja u proljeće i iznosila je 0,68 ± 0,11 m. U ljeto je iznosila 0,75 ± 0,07 m, dok je u jesen bila najveća i iznosila je 1,58 ± 0,64 m.



Slika 6. Mjesečne vrijednosti prozirnosti rijeke Dunav za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011.

3.1.4. Temperatura vode

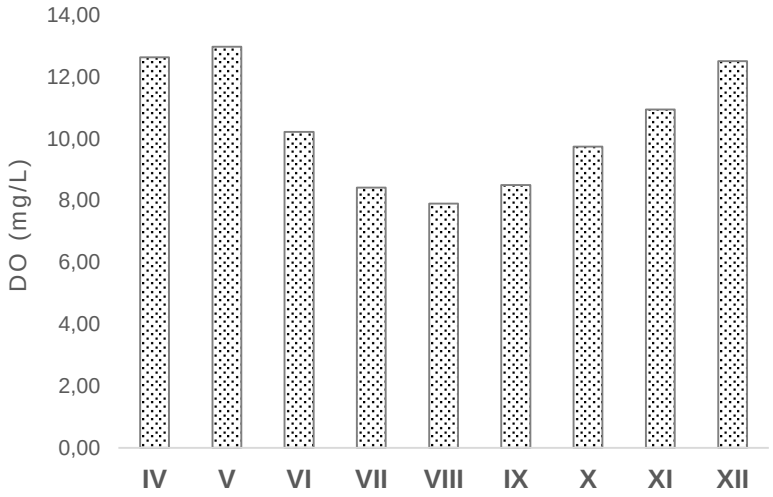
Tijekom istraživanja najviša temperatura vode (WT) zabilježena je u rujnu i iznosila je 23,80 °C, a najniža temperatura zabilježena je u prosincu i iznosila je 5,50 °C (Slika 7.). U proljeće je srednja vrijednost temperature iznosila 18,33 ± 4,11 °C, dok je dolaskom ljeta srednja vrijednost temperature porasla i iznosila je 21,03 ± 2,44 °C. Znatan pad srednje vrijednosti temperature zabilježen je u jesen s vrijednosti od 10,30 ± 4,75 °C.



Slika 7. Mjesečne vrijednosti temperature vode rijeke Dunav za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011.

3.1.5. Koncentracija otopljenoga kisika

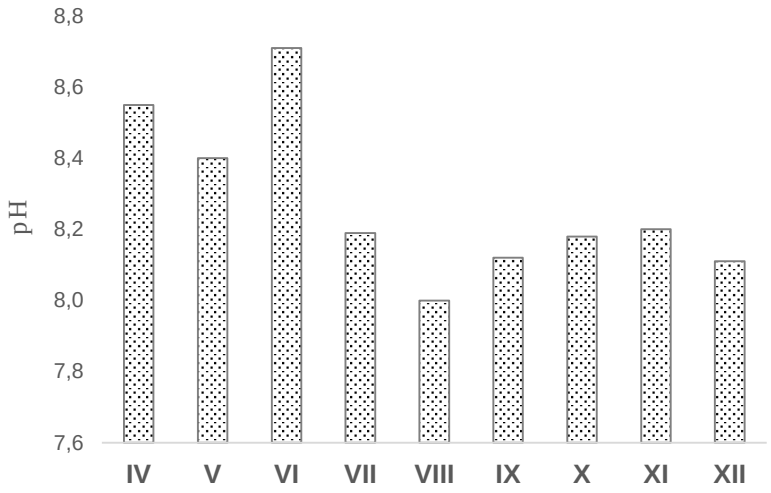
Najniža srednja vrijednost koncentracije otopljenoga kisika (DO) zabilježena je u ljetnom razdoblju te je iznosila 8,28 ± 0,33 mg/L, dok su srednje vrijednosti u proljeće i jesen bile prilično slične i više te su iznosile 11,95 ± 1,50 mg/L i 11,07 ± 1,38 mg/L. Najveća koncentracija otopljenoga kisika zabilježena je u svibnju, te je iznosila 12,98 mg/L, dok je najmanja koncentracija otopljenoga kisika zabilježena u kolovozu i iznosila je 7,90 mg/L (Slika 8.).



Slika 8. Mjesečne vrijednosti koncentracije otopljenog kisika u rijeci Dunav za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011.

3.1.6. pH

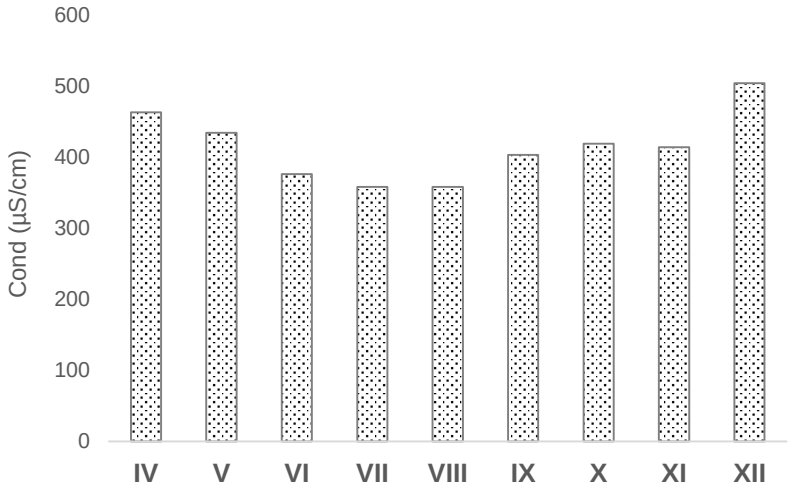
Srednja vrijednost pH u proljeće bila je nešto viša uspoređujući ju s ljetnim i jesenskim razdobljem te je iznosila 8,55 ± 0,16. Upravo krajem proljetnoga razdoblja zabilježena je i najveća mjesečna pH vrijednost koja je iznosila 8,71 (Slika 9.). Tijekom ljeta srednja vrijednost pH iznosila je 8,10 ± 0,10, a tijekom tog ljetnog razdoblja zabilježena je i najniža mjesečna pH vrijednost koja je iznosila 8,00 (Slika 9.). S vrijednosti od 8,16 ± 0,05 srednja vrijednost pH malo se promijenila u jesenskom razdoblju.



Slika 9. Mjesečne vrijednosti pH rijeke Dunav za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011.

3.1.7. Električna provodljivost

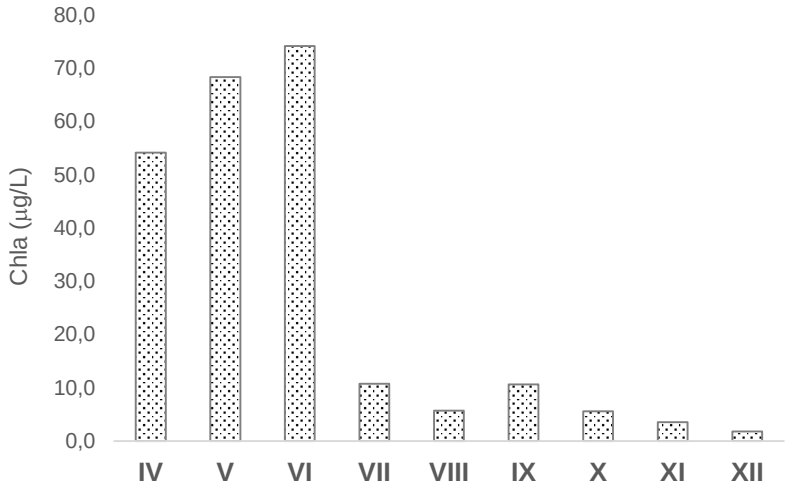
Srednje vrijednosti električne provodljivosti (Cond) oscilirale su tijekom godišnjih doba. Tako je u proljeće srednja vrijednost električne provodljivosti iznosila 424,33 ± 44,30 μS/cm, dok je srednja vrijednost u ljeto iznosila 373,00 ± 25,98 μS/cm. Porast je ponovno zabilježen u jesenskom razdoblju sa srednjom vrijednosti od 445,67 ± 50,85 μS/cm. Tijekom srpnja i kolovoza zabilježena je najmanja električna provodljivost i iznosila je 358 μS/cm, dok je u prosincu zabilježena najveća električna provodljivost koja je iznosila 504 μS/cm (Slika 10.).



Slika 10. Mjesečne vrijednosti električne provodljivosti otopljenog kisika u rijeci Dunav za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011.

3.1.8. Koncentracija klorofila *a*

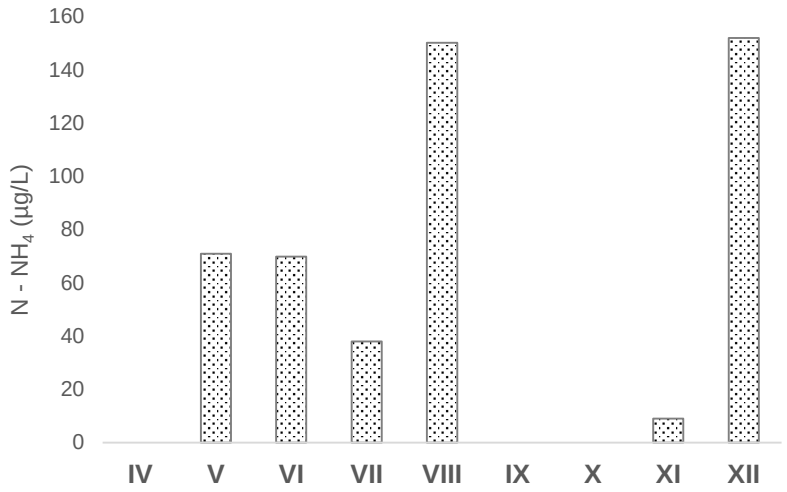
Tijekom istraživanja najveća koncentracija klorofila *a* (Chl a) zabilježena je u lipnju te je iznosila 74,14 μg/L, dok je najniža koncentracija klorofila *a* zabilježena u prosincu i iznosila je 1,82 μg/L (Slika 11.). Najviša srednja vrijednost koncentracije klorofila *a* zabilježena je u proljeće te je iznosila 65,53 ± 10,29 μg/L. Znatno smanjenje srednje vrijednosti koncentracije klorofila *a* zabilježeno je u ljetnom razdoblju (9,04 ± 2,87 μg/L) te poglavito u jesen (3,66 ± 1,90 μg/L).



Slika 11. Mjesečne vrijednosti koncentracije klorofila *a* u rijeci Dunav za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011.

3.1.9. Koncentracija amonijevih iona

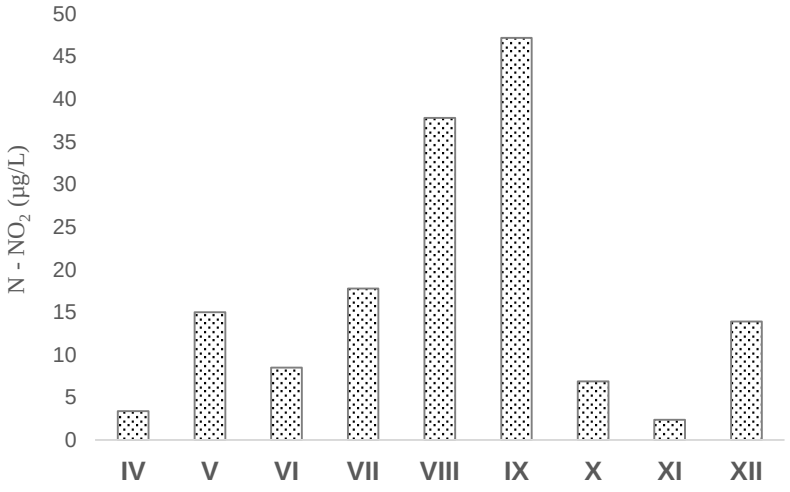
U travnju, rujnu i listopadu izmjerene vrijednosti koncentracija amonijevih iona ($N\text{-}NH_4$) izmjerene su do razine < 5 μg/L, te zbog ranije navedenog nisu izračunate srednje vrijednosti za pojedina godišnja doba (Slika 12.).



Slika 12. Mjesečne vrijednosti koncentracije amonijevih iona u rijeci Dunav za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011.

3.1.10. Koncentracija nitritnih iona

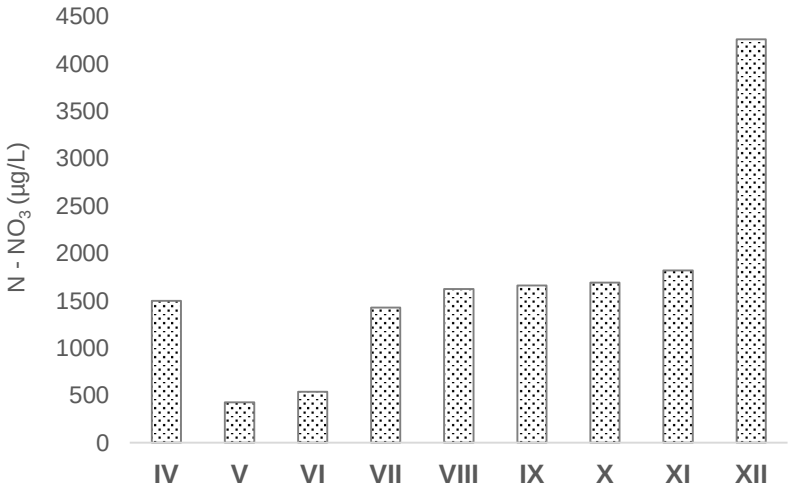
U proljeće srednja vrijednost koncentracija nitritnih iona ($N - NO_2$) iznosila je 8,97 ± 5,81 µg/L. U ljeto je iznosila 34,27 ± 15,02 µg/L, a u jesen 7,73 ± 5,80 µg/L. Najveća koncentracija nitritnih iona iznosila je 47,2 µg/L, a zabilježena je u rujnu. U studenom je zabilježena najniža koncentracija nitritnih iona i iznosila je 2,4 µg/L (Slika 13.).



Slika 13. Mjesečne vrijednosti koncentracije nitritnih iona u rijeci Dunav za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011.

3.1.11. Koncentracija nitratnih iona

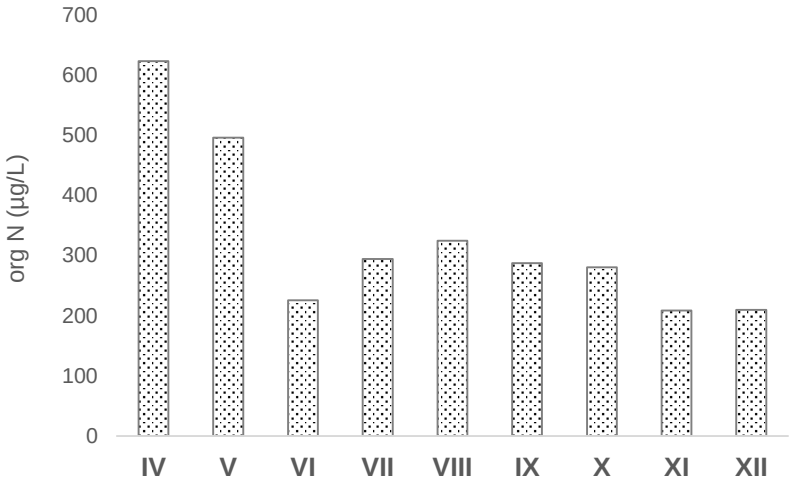
Najniža srednja vrijednost koncentracija nitratnih iona (N – NO_3) zabilježena je u proljeće te je iznosila 821,20 ± 588,95 μg/L. Linearan porast srednje vrijednosti koncentracije zabilježen je tijekom godine te je u ljeto iznosila 1570,97 ± 124,16 μg/L, a u jesen 2590,40 ± 1447,33 μg/L. Najmanja koncentracija nitratnih iona zabilježena je u svibnju te je iznosila 426 μg/L, dok je u prosincu zabilježena najveća koncentracija nitratnih iona te i iznosila je 4260 μg/L (Slika 14.).



Slika 14. Mjesečne vrijednosti koncentracije nitratnih iona u rijeci Dunav za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011.

3.1.12. Koncentracija organskog dušika

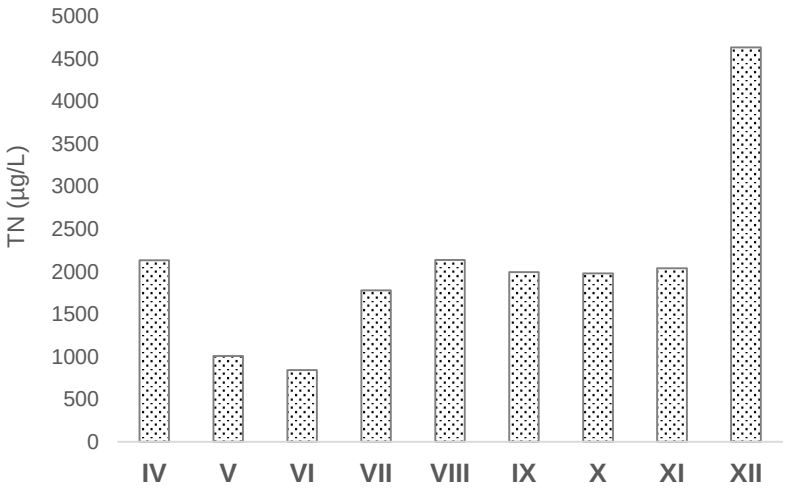
Početkom proljetnoga razdoblja, odnosno u travnju zabilježena je najveća koncentracija organskoga dušika (org N), a iznosila je 623,4 μg/L, dok je studenom zabilježena najmanja koncentracija organskoga dušika (Slika 15.). U proljeće je srednja vrijednost koncentracija organskog dušika bila najveća i iznosila je 448,33 ± 203,14 μg/L. Srednja vrijednost koncentracija se smanjivala u ljetnom i jesenskom razdoblju gdje je iznosila 302,27 ± 19,66 μg/L i 233,00 ± 41,14 μg/L.



Slika 15. Mjesečne vrijednosti koncentracije organskog dušika u rijeci Dunav za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011.

3.1.13. Koncentracija ukupnog dušika

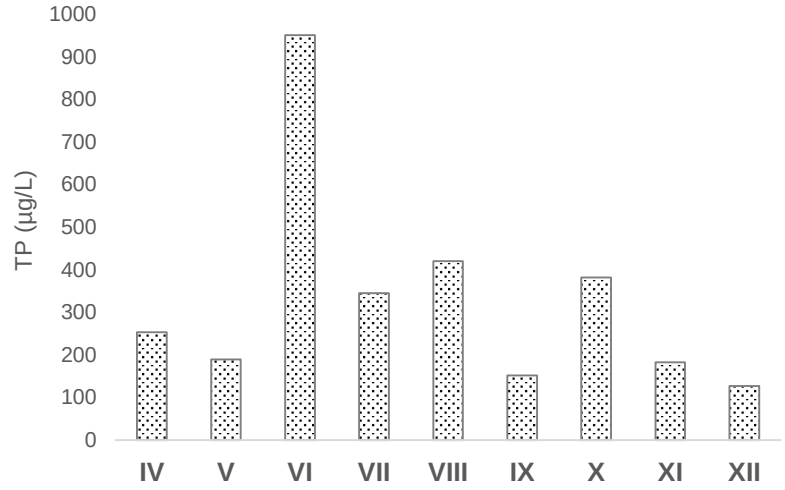
Srednje vrijednosti koncentracija ukupnog dušika (TN) rasle su od proljeća prema jeseni. Dok je u proljeće koncentracija ukupnog dušika iznosila 1328,47 ± 702,36 µg/L, u ljeto je bila 1970,37 ± 179,98 µg/L, dok se u jesen udvostručila uspoređujući ju s početkom godine te je iznosila 2885,00 ± 1516,72 µg/L. Krajem proljetnoga razdoblja zabilježena je najniža koncentracija (843,5 µg/L), a krajem jesenskoga razdoblja najviša koncentracija (4636 µg/L) ukupnog dušika (Slika 16.).



Slika 16. Mjesečne vrijednosti koncentracije ukupnog dušika u rijeci Dunav za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011.

3.1.14. Koncentracija ukupnog fosfora

Srednja vrijednost koncentracije ukupnog fosfora (TP) opadala je od proljeća prema jeseni. Dok je u proljeće srednja vrijednost koncentracije ukupnog fosfora iznosila 464,40 ± 422,00 μg/L, u ljeto je bila 305,67 ± 138,46 μg/L, da bi u jesen srednja vrijednost bila dvostruko manja uspoređujući ju s proljetnim razdobljem te je iznosila 230,87 ± 134,03 μg/L. Krajem proljetnoga razdoblja zabilježena je najviša koncentracija ukupnog fosfora (950,3 μg/L), a krajem jesenskoga razdoblja najniža koncentracija ukupnoga fosfora (127,5 μg/L) (Slika 17.).



Slika 17. Mjesečne vrijednosti koncentracije ukupnog fosfora u rijeci Dunav za vrijeme uzorkovanja u razdoblju od travnja do prosinca 2011.

3.2. Struktura zajednice zooplanktona

Tijekom istraživanja ukupno su zabilježene dvije vrste rašljoticalaca i tri vrste veslonožaca. Najveća brojnost planktonskih rakova zabilježena je tijekom ljeta (1,12 ind/L), a najmanja tijekom jeseni (0,58 ind/L). Iz skupine rašljoticalaca pronađene vrste su: *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785) i *Sida crystallina* (O.F. Müller, 1776). Dok su jedinke vrste *B. longirostris* zastupljene tijekom gotovo cijelog razdoblja istraživanja, jedinke *S. crystallina* zabilježene su u toplijim mjesecima (Tablica 1.). Brojnost rašljoticalaca je oscilirala među godišnjim dobima. U ljeto je bila najveća i iznosila je 0,15 ind/L. U proljetnom razdoblju je bila manja u usporedbi s ljetnim i iznosila je 0,08 dok je u jesenskom razdoblju bila najmanja te je iznosila 0,04 ind/L.

Iz skupine veslonožaca pronađene su vrste: *Acanthocyclops vernalis* (Fisher, 1853), *Cyclops vicinu*s (Sars, 1863) i *Thermocyclops crassus* (Fisher, 1853) te razvojni stadiji nauplii

i kopepoditi. Najzastupljenija vrsta bila je *T. crassus*, dok su se odrasle jedinke druge dvije vrste pojavile sporadično. Nauplii su bili zastupljeni tijekom svih istraživanih godišnjih doba s izuzetkom hladnijih mjeseci (studeni, prosinac). Najmanja brojnost naupliia zabilježena je tijekom jesenskoga razdoblja, a najveća tijekom ljetnog razdoblja. Kopepoditi su pronađeni u svim uzorcima, osim u uzorku iz studenog. Najveću brojnost postižu u rujnu (Tablica 1.).

Tablica 1. Brojnost jedinki (ind/L) planktonskih rakova tijekom različitih godišnjih doba

		Proljeće			Ljeto			Jesen		
	Mjesec	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
Copepoda	Nauplii	0,27	0,12	0,12	0,23	0,04	0,31	0,42	0,00	0,00
	Kopepoditi	0,15	0,12	0,04	0,08	0,04	0,19	0,04	0,00	0,08
	Acanthocyclops vernalis	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cyclops vicinus	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Thermocyclops crassus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00
Cladocera	*Bosmina longirostris*	0,00	0,04	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04
	Sida crystallina	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00

3.3. Korelacije okolišnih čimbenika sa skupinama zooplanktona

Koeficijenti korelacije između mjerenih okolišnih čimbenika i različitih skupina zooplanktona tijekom proljeća, ljeta i jeseni prikazani su u Tablicama 2. - 5. Statističkom analizom utvrđena je značajna pozitivna korelacija između organskoga dušika i razvojnih stadija veslonožaca (naupliija) u jesenskom razdoblju, no tijekom proljetnog i ljetnog razdoblja isti nisu značajno korelirali s mjerenim okolišnim čimbenicima. Za razliku od naupiija, kopepoditi nisu značajno korelirali s mjerenim okolišnim čimbenicima u jesenskom razdoblju, dok su se u proljetnom i ljetnom razdoblju pojavile statistički značajne korelacije. Značajna pozitivna korelacija u proljetnom razdoblju utvrđena je između kopepodita i električne provodljivosti te organskoga dušika, dok su tijekom ljetnog razdoblja kopepoditi pozitivno korelirali s temperaturom te negativno s ukupnim fosforom. Značajne pozitivne korelacije utvrđene su između električne provodljivosti, nitratnih iona, te koncentracije ukupnoga dušika sa skupinom rašljoticalaca u jesenskom razdoblju, a jednaka korelacija je utvrđena i sa skupinom veslonožaca. Za razliku od skupine veslonožaca koja nije značajno korelirala s mjerenim okolišnim čimbenicima u preostalim razdobljima, skupina rašljoticalaca je pozitivno korelirala s temperaturom vode u proljetnome razdoblju. Tijekom ljetnog razdoblja nisu utvrđene statistički značajne korelacije između mjerenih okolišnih čimbenika i skupine rašljoticalaca.

Tablica 2. Koeficijenti korelacije između mjerenih okolišnih čimbenika i naupliija tijekom različitih godišnjih doba. Statistički značajne korelacije ($p < 0.05$) prikazane su crveno.

Nauplii	Proljeće	Ljeto	Jesen
WD (m)	0,45	-0,35	0,74
SD (m)	1,00	0,72	-0,65
WT (°C)	-0,89	0,84	0,86
DO (mg/L)	0,40	0,99	-0,83
pH	-0,02	0,79	0,31
Cond (µS/cm)	0,76	0,73	-0,46
Chl*a* (µg/L)	-0,96	0,95	0,89
NO_2 (µg/L)	-0,83	0,08	-0,12
NO_3(µg/L)	1,00	-0,09	-0,54
org N (µg/L)	0,75	-0,99	1,00
TN (µg/L)	0,99	-0,60	-0,52
TP (µg/L)	-0,43	-0,89	0,98

Tablica 3. Koeficijenti korelacije između mjerenih okolišnih čimbenika i kopepodita tijekom različitih godišnjih doba. Statistički značajne korelacije ($p < 0.05$) prikazane su crveno.

Kopepoditi	Proljeće	Ljeto	Jesen
WD (m)	-0,21	-0,76	-0,67
SD (m)	0,83	0,28	0,76
WT (°C)	-0,98	1,00	-0,52
DO (mg/L)	0,89	0,79	0,56
pH	-0,65	0,38	-0,95
Cond (µS/cm)	1,00	0,97	0,89
Chl*a* (µg/L)	-0,92	0,67	-0,45
NO_2 (µg/L)	-0,29	0,56	0,99
NO_3(µg/L)	0,71	0,41	0,84
org N (µg/L)	1,00	-0,81	0,01
TN (µg/L)	0,84	-0,13	0,86
TP (µg/L)	-0,91	-1,00	-0,21

Tablica 4. Koeficijenti korelacije između mjerenih okolišnih čimbenika i veslonožaca tijekom različitih godišnjih doba. Statistički značajne korelacije ($p < 0.05$) prikazane su crveno.

Copepoda	Proljeće	Ljeto	Jesen
WD (m)	-0,45	-0,83	-0,95
SD (m)	-1,00	-0,84	0,98
WT (°C)	0,89	0,33	-0,87
DO (mg/L)	-0,40	-0,38	0,90
pH	0,02	-0,78	-0,98
Cond (µS/cm)	-0,76	0,50	1,00
Chl*a* (µg/L)	0,96	-0,52	-0,84
NO_2 (µg/L)	0,83	0,95	0,92
NO_3(µg/L)	-1,00	0,99	1,00
org N (µg/L)	-0,75	0,34	-0,49
TN (µg/L)	-0,99	0,92	1,00
TP (µg/L)	0,43	-0,25	-0,67

Tablica 5. Koeficijenti korelacije između mjerenih okolišnih čimbenika i rašljoticalaca tijekom različitih godišnjih doba. Statistički značajne korelacije ($p < 0.05$) prikazane su crveno.

Cladocera	Proljeće	Ljeto	Jesen
WD (m)	0,05	0,83	-0,95
SD (m)	-0,91	0,84	0,98
WT (°C)	1,00	-0,33	-0,87
DO (mg/L)	-0,80	0,38	0,90
pH	0,52	0,78	-0,98
Cond (µS/cm)	-0,98	-0,50	1,00
Chl*a* (µg/L)	0,97	0,52	-0,84
NO_2 (µg/L)	0,44	-0,95	0,92
NO_3(µg/L)	-0,81	-0,99	1,00
org N (µg/L)	-0,98	-0,34	-0,49
TN (µg/L)	-0,92	-0,92	1,00
TP (µg/L)	0,83	0,25	-0,67

4. RASPRAVA

Zooplankton zauzima ključan položaj u lancima ishrane vodenih ekosustava te igra važnu ulogu u prijenosu nutrijenata i energije kroz trofičke nivoe (Simões i sur., 2011, Kobayashi i sur., 1998). Promjena okolišnih čimbenika utječe na razvoj i strukturu zooplanktona zbog njihove osjetljivosti na promjene abiotičkih parametara u relativno kratkom vremenu (Simões i sur., 2011; Gazonato Neto i sur., 2014).

Mala brojnost planktonskih rakova karakteristika je riječnih ekosustava u usporedbi s vodama stajaćicama. Zajednice koje dominiraju su male forme rašljoticalaca (Cladocera) te razvojni stadiji veslonožaca (Copepoda) (Kobayashi i sur., 1998) što pokazuju i rezultati dobiveni ovim istraživanjem. U rijekama veliki utjecaj na strukturu zajednice zooplanktona imaju količina suspendiranih čestica, brzina strujanja vode i vrijeme zadržavanja vode (José de Paggi i sur., 2014) te se posebno ističe utjecaj režima protoka na brojnost zooplanktona (Kobayashi i sur., 1998). Razvoj većih vrsta zooplanktona u riječnim ekosustavima onemogućen je kratkim vremenom zadržavanja vode (José de Paggi i sur., 2014). Veće vrste zooplanktona, kao što su kalanoidni veslonošci, imaju dulje vrijeme razvoja za što su im potrebni stabilniji okolišni uvjeti (Simões i sur., 2011) od onih koji prevladavaju u rijekama. U riječnim ekosustavima najbrojnije su manje vrste koje imaju brže vrijeme razvoja i razmnožavanja (Pourriot i sur., 1997). Odnos zastupljenosti kolnjaka, veslonožaca i rašljoticalaca ukazuje na trofičko stanje vodenoga ekosustava, obzirom da se zajednica zooplanktona mijenja promjenom trofije (Gazonato Neto i sur., 2014). Velika brojnost i biomasa kalanoidnih veslonožaca karakteristična je za oligotrofne, dok je povećana brojnost i biomasa ciklopoidnih veslonožaca karakteristika mezotrofnih do eutrofnih vodenih ekosustava (Gazonato Neto i sur., 2014). Povećanoj brojnosti zooplanktona tijekom ljetnog razdoblja doprinosi povišena temperatura obzirom da povišenje temperature okoliša unutar optimalnih vrijednosti uzrokuje brži rast zooplanktona i veću stopu razmnožavanja (Gerten i Adrian, 2002).

Porast koncentracije hranjivih tvari u vodenim ekosustavima rezultira povećanjem primarne, a time i sekundarne produkcije (Gazonato Neto i sur., 2014). Posebno je važna ovisnost koncentracije klorofila *a* i ukupnoga fosfora s biomasom zooplanktona (Vrebčević, 1996). Porast trofije popraćen je porastom koncentracije klorofila *a*, porastom koncentracije fosfora te smanjenjem prozirnosti (Gazonato Neto i sur., 2014). U provedenom istraživanju najveće koncentracije fosfora i klorofila *a* izmjerene su tijekom proljetnog razdoblja, kada je prozirnost bila najmanja stoga se može zaključiti da je proljetno razdoblje označio povišen

stupanj trofije. Niske koncentracije ukupnoga fosfora i klorofila *a* te najveća prozirnost tijekom jeseni indiciraju smanjeni stupanj trofije.

Tijekom istraživanja utvrđeno je da vrijednosti koncentracija ukupnoga fosfora opadaju od proljeća prema jeseni, dok koncentracije ukupnog dušika rastu. Fosfor u rijekama je vrlo kemijski i biološki aktivan. Prolazi kroz niz transformacija, prelazi između čestične i otopljene faze, između sedimenta i vodenog stupca te među organizmima (Mainstone i Parr, 2002). Različito usvajanje fosfora od strane organizama u kombinaciji s promjenama protoka vode i drugih okolišnih čimbenika (primjerice temperature) rezultira sezonskim promjenama u količini fosfora (Mainstone i Parr, 2002). Za razumijevanje vodenih ekosustava važno je poznavanje i ciklusa dušika, odnosno njegovo usvajanje, zadržavanje i transformiranje biološkim procesima. Dominantne vrste fitoplanktona i zooplanktona u zajednici mogu utjecati na stupanj usvajanja dušika (Rojo i sur., 2008). Općenito, koncentracija dušika u jezerskom ekosustavu ima maksimalne vrijednosti u zimskome razdoblju uslijed povećanog vanjskog unosa dušika velikim količinama padalina te zbog smanjene aktivnosti mikroorganizama koja je rezultat snižene temperature (Heathwaite, 1993). Povećanje temperature povećava i zahtjeve organizama za dušikom, pa koncentracija dušika od zimskog razdoblja naglo opada (Heathwaite, 1993).

Važan sezonski varijabilan čimbenik u rijekama je i temperatura. Utjecaj temperature u reguliranju brojnosti zooplanktona utvrđena je u mnogim riječnim sustavima (Kobayashi i sur., 1998). U rijeci Dunav na području Kopačkoga rita, temperatura je tijekom istraživanja varirala u skladu s godišnjim dobima, a dobivene korelacije indiciraju značajan utjecaj na razvoj zajednica planktonskih rakova.

Tijekom ovog istraživanja najviše je okolišnih čimbenika statistički značajno koreliralo sa skupinama zooplanktona tijekom jesenskog razdoblja. Iako je istaknuta povezanost povećane biomase i brojnosti zooplanktona s povećanim stupnjem trofije na koju ukazuje povećana koncentracija klorofila *a* i fosfora (Vrebčević, 1996; Gazonato Neto i sur., 2014) ovim istraživanjem nije dobivena statistički značajna korelacija između koncentracije klorofila a i skupina zooplanktona, dok je koncentracija fosfora statistički značajno korelirala samo s kopepoditima i to negativno. Najčešći mjereni čimbenik koji je značajno korelirao sa skupinama zooplanktona bio je dušik u svom organskom obliku, u obliku nitratnih iona te njegova ukupna koncentracija. U slatkovodnim ekosustavima fosfor je istaknut kao najvjerojatniji limitirajući nutrijent, no često je istovremeno s fosforom limitirajući nutrijent i dušik (Peršić i sur., 2009). Peršić i sur. (2009) su istraživanjem utvrdili korelaciju između

vodostaja Dunava i odnosa ukupnoga fosfora i dušika te zaključili da u poplavnim područjima Dunava, na dinamiku nutrijenata najviše utječe vodostaj. Također su zaključili da je u poplavnom području Kopačkoga Rita dušik glavni limitirajući nutrijent, posebice u vrijeme povišenog vodostaja.

Statistički značajna pozitivna korelacija dobivena je između organskog dušika i naupliija u jesen. U vodenim ekosustavima heterotrofni mikroorganizmi asimiliraju organski dušik iz otopljenog anorganskog dušika što rezultira povećanjem koncentracije dušika u sustavima sa dostatnim vremenom zadržavanja vode. To se događa u razdoblju kada zajednicom dominiraju brzorastući organizmi koji se presvlače, kao što su nauplii i kopepoditi, čiji ostaci predstavljaju pogodan supstrat za bakterijsku proizvodnju (Grey i sur., 2001). Zooplankton se, poglavito u jesen, može hraniti različitim mikroorganizma umjesto asimiliranja otopljenog anorganskog dušika (Grey i sur., 2001).

Organski dušik je statistički značajno korelirao i s kopepoditima, ali u proljetnom razdoblju. Koncentracija organskoga dušika tada je bila najveća što je pozitivno djelovalo na razvoj relativno brojnih kopepodita s obzirom da jedinke iz skupine veslonožaca zahtijevaju veće količine dušika za svoj razvoj (Johnson i Leuecke, 2012). Koncentracija ukupnog fosfora statistički je značajno korelirala samo s kopepoditima tijekom ljetnog razdoblja i to negativno. Osim koncentracije ukupnog fosfora, u ljeto je s njima statistički značajno korelirala i temperatura. Temperatura ima veliki utjecaj na život veslonožaca, posebice u područjima s umjerenom klimom gdje se temperaturne promjene događaju tijekom cijele godine. Iako veslonošci imaju izraženu sposobnost prilagodbe različitim temperaturama ona ima direktan utjecaj na njihov razvoj. Osim utjecaja na sezonsku sukcesiju zajednice, temperatura djeluje na hormone koji određuju brzinu rasta, razvoja te na presvlačenje (Dussart i Defaye, 1995).

Odrasle jedinke obje skupine planktonskih rakova tijekom jesenskog razdoblja su značajno korelirale s električnom provodljivosti. Tijekom istog razdoblja zabilježena je najveća srednja vrijednost el. provodljivosti što ukazuje na povećanu količinu suspendiranih čestica koji uvjetuju razvoj pojedinih vrsta zooplanktona (Dejen i sur., 2004). Odrasle jedinke su značajno korelirale i s koncentracijom nitratnih iona te ukupnim dušikom. Tijekom hladnijih mjeseci jedinke zooplanktona mogu koristiti kao alternativu ishrani organsku tvar iz detritusa, ali se pretpostavlja da je takva asimilacija povezana i ovisna o nizu mikrobijalnih organizama (Hessen i sur., 1990). Unatoč visokoj koncentraciji dušika, niske koncentracije klorofila *a* u jesenskom razdoblju ukazuju na nedostatak hrane što ograničava rast populacije za sve skupine zooplanktona (Gazonato Neto i sur., 2014). Nepovoljni okolišni uvjeti često mogu zaustaviti

razvoj veslonožaca, odnosno rezultiraju ulaskom u stanje dormancije ili dijapauze. Promjena temperature i nedostatak hrane istaknuti su kao glavni čimbenik za ulazak veslonožaca u stanje mirovanja (Dussart i Defaye, 1995). Povišenje temperature tijekom ovog istraživanja pogodovalo je razvoju termofilne vrste (Błędzki i Rybak, 2016) *Thermocyclops crassus* (Fisher, 1853) obzirom da je u uzorcima iz ljetnoga razdoblja utvrđena povećana brojnost jedinki ove vrste u usporedbi s drugim godišnjim dobima.

Rašljoticalci su pozitivno korelirali s temperaturom u ljetnom razdoblju. Temperatura određuje njihovu strukturu i brojnost zajednice te djeluje na stupanj reprodukcije i smrtnosti, veličinu populacije, ciklomorfozu i dostupnost plijena (Metzke i Pederson, 2012). Populacije rašljoticalaca u područjima s umjerenom klimom dostižu proljetni ili ljetni maksimum (Metzke i Pederson, 2012). Statistički značajna korelacija između izmjerene temperature i rašljoticalaca dobivena je u proljeće kada je temperatura bila nešto niža u usporedbi s ljetnom. Ipak, sezonske sukcesije utvrđenih vrsta razlog su ovakvom rezultatu.

Provedeno istraživanje pokazalo je da pojedini sezonski varijabilni okolišni čimbenici utječu pozitivno ili negativno na razvoj i strukturu planktonskih rakova rijeke Dunav što je doprinijelo razumijevanju dinamike zooplanktona toga područja. Buduća istraživanja trebala bi uključivati i druge skupine zooplanktona, posebice kolnjaka za koje je utvrđeno da postižu veliku brojnost u riječnim ekosustavima (Kobayashi i sur., 1998). Osim toga, trebao bi se ispitati i utjecaj biotičkih čimbenika obzirom da kompeticija i predatorstvo također utječu na odnos i omjer skupina zooplanktona. Dodatna istraživanja upotpunila bi sliku o trofičkim odnosima i dala objašnjenje koji čimbenici značajnije utječu na razvoj i sastav zajednice zooplanktona.

5. LITERATURA

Amoros C. 1984. Crustaces Cladoceres. Introduction Pratique a la Systematique des Organismes des Eaux Continentales Francaises. Université Claude Bernard, Lyon, 72-105 pp.

APHA (American Public Health Association) 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, DC: American Public Health Association.

Benčina L, Rožac V, Bolšec B. 2011. Plan upravljanja Parkom prirode Kopački rit.

Bledzki LA, Rybak JI. 2016. Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe: Cladocera & Copepoda (Calanoida, Cyclopoida) Key to species identification, with notes on ecology, distribution, methods and introduction to data analysis, Springer, 923 pp.

Dejen E, Vijverberg J, Nagelkerke LAJ, Sibbing FA. 2004. Temporal and spatial distribution of microcrustacean zooplankton in relation to turbidity and other environmental factors in a large tropical lake (L. Tana, Ethiopia). *Hydrobiologia* 513(1–3):39–49.

Dussart BH, Defaye D. 1995. Copepoda. Introduction to the Copepoda. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Vol. 7. SPB Academic Publishing, 277 pp.

Einsle U. 1993. Crustacea, Copepoda, Calanoida und Cyclopoida. Gustav Fischer Verlag, Berlin. 208 pp.

Ferdous Z, Muktadir AKM. 2009. A review: potentiality of zooplankton as bioindicator. *Am J Appl Sci* 6(10):1815–1819.

Forro L, Korovchinsky NM, Kotow AA, Petrusek A. 2008. Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595(1):177–184.

Gazonato Neto AJ, Silva LC, Saggio AA, Rocha O. 2014. Zooplankton communities as eutrophication bioindicators in tropical reservoirs. *Biota Neotrop* 14(4).

Gerten D, Adrian R. 2002. Species – specific changes in the phenology and peak abundance of freshwater copepods in response to warm summers. *Freshw Biol* 47(11):2163–2173.

Grey J, Jones RI, Sleep D. 2001. Seasonal changes in the importance of the source of organic matter to the diet of zooplankton in Loch Ness, as indicated by stable isotope analysis. *Limnol Oceanogr* 46(3):505–513.

Heathwaite AL. 1993. Nitrogen Cycling in Surface Waters and Lakes, U: Burt TP, Heathwaite AL, Trudgill ST. (ur.) Nitrate: Processes, Patterns and Management, pp 99 – 140. John Wiley & Sons Ltd.

Hessen DO, Andersen T, Lyche A. 1990. Carbon metabolism in a humic lake: Pool sizes and cycling though zooplankton. *Limnol Oceanogr* 35:84–99.

Johnson CR, Luecke C. 2012. Copepod dominance contributes to phytoplankton nitrogen deficiency in lakes during periods of low precipitation. *J plankton Res* 34(5):345–355.

José de Paggi SB, Devercelli M, Molina FR. 2014. Zooplankton and their driving factors in a large subtropical river during low water periods. *Fund Appl Limnol/Archiv für Hydrobiologie* 184(2):125–139.

Kobayashi T, Shiel RJ, Gibbs P, Dixon PI. 1998. Freshwater zooplankton in the Hawkesbury–Nepean River: comparison of community structure with other rivers. *Hydrobiologia* 377(1–3): 133–145.

Lampert W, Sommer U. 2007. Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams. Oxford university press, 324 pp.

Litchman E, Ohma, MD, Kiørboe T. 2013. Trait–based approaches to zooplankton communities. *J Plankton Res* 35(3):473–484.

Mainstone CP, Parr W. 2002. Phosphorus in rivers – ecology and management. *Sci Total Environ* 282:25– 47.

Margaritora F. 1983. Cladoceri (Crustacea: Cladocera). Guide per il Reconoscimiento delle Specie Animali delle Acque Interne Italiane. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 168 pp.

Metzke BA, Pederson CL. 2012. Cladoceran Community Dynamics Reflect Temperature Gradients in Cooling Water Reservoir. *Am Midl Nat* 167(2):344–355.

Peršić V, Horvatić J. 2011. Spatial Distribution of Nutrient Limitation in the Danube River Floodplain in Relation to Hydrological Connectivity. *Wetlands* 31(5):933.

Peršić V, Horvatić J, Has–Schön E, Bogut I. (2009). Changes in N and P limitation induced by water level fluctuations in Nature Park Kopački Rit (Croatia): nutrient enrichment bioassay. *Aquat Ecol* 43 (1):27–36.

Pourriot R, Rougier C, Miquelis A. 1997. Origin and development of river zooplankton: example of the Marne. *Hydrobiologia* 345(2–3):143–148.

Rojo C, Rodrigo MA, Salazar G. 2008. Nitrate uptake rates in freshwater plankton: the effect of food web structure. *Mar Freshwater Res* 59(8):717–725.

Schwarz U. 2006. Genesis and typology of riparian and fluvial landforms of the Kopački Rit within the Danube floodplain corridor in Croatia and Serbia. In: Proceedings 36th International Conference of IAD. Austrian Committee Danube Research/IAD, Vienna. ISBN 13:978-3-9500723-2-7, 318–321.

Simões NR, Ribeiro SMMS, Sonoda SL. 2011. Diversity and structure of microcrustacean assemblages (Cladocera and Copepoda) and limnological variability in perennial and intermittent pools in a semi–arid region, Bahia, Brazil. *Iheringia, Sér Zool* 101(4):317–324.

Strickland JD, Parsons TR. 1968. A practical handbook of seawater analysis. *J Fish Res Board Can*, 168:311, 310 pp.

Tadić Z, Bonacci O, Radeljak I, Tadić L. 2003. Water regime of Kopački Rit Nature Park. In: Proceedings of 3 rd Croatian conference on water, Osijek, 941–950 pp.

Vrebčević B. 1996. Priručnik za upoznavanje slatkovodnih račića veslonožaca (Copepoda, Cyclopidae) i rašljoticalaca (Cladocera) Hrvatske. Hrvatsko ekološko društvo, 157 pp.