

Horizontalna raspodjela zooplanktona u poribljenom rukavcu rijeke Krapine

Meseljević, Matija

Master's thesis / Diplomski rad

2010

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:233031>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-20**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno matematički fakultet
Biološki odsjek

Matija Meseljević

**HORIZONTALNA RASPODJELA ZOOPLANKTONA U
PORIBLJENOM RUKAVCU RIJEKE KRAPINE**

Diplomski rad

Zagreb, 2009. godina

Ovaj diplomski rad izrađen je u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno matematičkog fakulteta, pod vodstvom Doc.dr.sc. Marie Špoljar i predan je na ocjenu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja dipl.ing. biologije - smjer ekologija.

Veliko hvala mentorici Doc. Dr. sc. Mariji Špoljar na pomoći pri odabiru teme, na svom vremenu koji je posvetila kako bi ovaj rad upotpunila uvijek korisnim savjetima i sugestijama.

Hvala joj na velikom strpljenju, stalnom poticaju te što je svoje iskustvo nesebično djelila kako bi ovaj rad bio što bolji.

Hvala mojoj djevojci, mojim prijateljima i roditeljima na velikoj i stalnoj potpori.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

HORIZONTALNA RASPODJELA ZOOPLANKTONA U PORIBLJENOM RUKAVCU RIJEKE KRAPINE

MATIJA MESELJEVIĆ

Zoologijski zavod, Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Rooseveltov trg 6, 10000
Zagreb, Hrvatska

SAŽETAK

Istraživanja zooplanktona u rukavcu rijeke Krapine provedena su u razdoblju od siječnja do lipnja 2008. godine na dvije postaje. U zoni slobodne vode u središnjem dijelu rukavca bila je postaja PL, dok je u litoralnoj zoni s emerznim makrofitima bila postaja PLL. Sezonske i prostorne promjene strukture zooplanktona razmatrane su na organizmima iz skupina kolnjaci (Rotifera), rašljoticalci (Cladocera) i veslonošci (Copepoda). Istraživanje je provedeno u zimskom razdoblju bez emerzne vegetacije te u proljetnom razdoblju s razvijenom emerznom vegetacijom. Osnovna hipoteza u ovom radu bila je da prozirnost vode i pojas emerzne vegetacije utječu na kvalitativni i kvantitativni sastav zooplanktona u zoni slobodne vode i u litoralnoj zoni. Ciljevi istraživanja bili su sljedeći: 1. utvrditi sezonske promjene kvalitativnog i kvantitativnog sastava zooplanktona između dviju postaja; 2. analizirati prostorne i sezonske promjene trofičkih skupina zooplanktona između dviju postaja; 3. analizirati sezonske promjene i utjecaj fizičko-kemijskih parametara, nutrijenata te izvora hrane na strukturu zooplanktona.

U sastavu zooplanktona, na postaji PL, nađeno je 19 svojiti Rotifera i po 4 svojite Cladocera i Copepoda, dok je na postaji PLL nađeno 23 svojite Rotifera, 3 svojite Cladocera i 4 svojite Copepoda. Rotifera su na obje istraživane postaje razvijali najbrojnije populacije (97 do 1638 jed/L na postaji PL, 23 do 5666 jed/L na postaji PLL) čemu su najviše pridonijele vrste rodova *Keratella* i *Polyarthra*. Između istraživanih postaja fizičko-kemijsko-čimbenici nisu se statistički značajno razlikovali ($p > 0,05$), dok su statistički značajne razlike ($p < 0,05$) između postaja zabilježile sljedeće trofičke skupine: Rotifera mikro- i makrofiltratori te Crustacea mikrofiltratori. Veća brojnost organizama u zoni slobodne vode rezultat je: prvo, slabe prozirnosti vode, koja je negativno utjecala na predatorski pritisak od strane vizualnih predatora (riba); drugo, uskog pojasa emerznih makrofita s jednostavnim stabljikama koje nisu pružale veliku raznolikost mikrostaništa za zaklon ili hranu. Rezultati ovog rada ukazuju da je prozirnost vode u najvećoj mjeri utjecala na promjene abiotičkih i bioičkih čimbenika u rukavcu rijeke Krapine te da zona emerzne vegetacije nije neizostavno područje veće brojnosti i raznolikosti vrsta. Pored navedenih čimbenika, temperatura i ponuda hrane također su utjecali na strukturu zooplanktona.

(48 stranica, 15 slika, 8 tablica, 53 literaturni navod, izvornik na hrvatskom jeziku)

Ključne riječi: emerzna vegetacija/ prozirnost vode/zooplankton/ predacija riba.

Voditelj: Dr. sc. Maria Špoljar, docent
Ocjenitelji: Dr. sc. Branka Pevalek-Kozlina, redoviti profesor
Dr. sc. Dubravka Hranilović, docent
Zamjena: Dr. sc. Ivančica Ternjej, docent
Rad prihvaćen: 11.11.2009.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

HORIZONTAL DISTRIBUTION OF ZOOPLANKTON COMMUNITY IN THE OXBOW LAKE OF THE KRAPINA RIVER

MATIJA MESELJEVIĆ

Department of Zoology, Division of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb,
Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

SUMMARY

Research in the oxbow lake of Krapina River was conducted from January until June 2008 on two stations. One station was situated in the open-water zone (station PL) and the other in littoral zone (station PLL) with narrow belt of emergent macrophyte. Seasonal and spatial variations in the zooplankton community were examined on Rotifera, Cladocera and Copepoda. Research was conducted during winter period without emergent vegetation and spring period with emergent vegetation (simple habitus architecture) and predator pressure (fish). Main hypothesis in this study was that the water transparency and emergent macrophytes effect on zooplankton community composition in the open-water zone and littoral zone. Aims of this study were: 1. to establish abundance and diversity of zooplankton on both stations (PL and PLL); 2. to analyze spatial and seasonal variations in the zooplankton trophic structure on both station; 3. to analyze the effect of physico-chemical factors, nutrients and different food resources on zooplankton community composition.

A total of 19 Rotifera taxa, 4 Cladocera and 4 Copepoda taxa were identified in the open-water zone, whereas total of 23 Rotifera taxa, 3 Cladocera and 4 Copepoda taxa were found in the littoral zone. On the both stations rotifers were the most abundant group (97 to 1638 ind/L on station PL, 23 to 5666 ind/L on station PLL) with the most dominant genera: *Keratella* and *Polyarthra*. Differences in physico-chemical factors between two stations were not significant ($p > 0,05$), while this trophic groups had significant differences ($p < 0,05$): Rotifera micro- and macrofilter-feeders and Crustacea microfilter-feeders. Greater number of zooplankton species in open-water zone is result of (i) less water transparency, which affected visual predators (fish); (ii) steep shore with narrow belt of emergent macrophytes which represent less diverse microhabitats. The results of this study suggest that water transparency had the most influence on abiotic and biotic factors in oxbow lake near Krapina River and that the macrophyte belt isn't always place with greater number of zooplankton species. Beside those factors, temperature and food source had also effect on zooplankton community

(48 pages, 15 figures, 8 tables, 53 references, original in: Croatian)

Key words: emerged vegetation/ water transparency/ zooplankton/ fish predation

Supervisor: Dr. sc. Maria Špoljar, Assistant Professor
Reviewers: Dr. sc. Branka Pevalek-Kozlina, Full Professor
Dr. sc. Dubravka Hranilović, Assistant Professor
Substitute: Dr. sc. Ivančica Ternjej, Assistant Professor

Thesis accepted: 11th November, 2009

SADRŽAJ

1.0 UVOD	7
1.1 Obilježja voda na kopnu	7
1.2 Biocenološke komponente zooplanktona u vodama na kopnu	9
1.3 Utjecaj abiotičkih i biotičkih čimbenika na kopnene vode	9
1.3.1 Utjecaj abiotičkih čimbenika na razvoj zooplanktona u vodama na kopnu	10
1.3.2 Utjecaj biotičkih čimbenika na razvoj zooplanktona	11
1.4 Hipoteza i ciljevi rada	13
2.0 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	14
3.0 MATERIJALI I METODE	16
3.1 Uzimanje i analiza uzoraka zooplanktona	16
3.2 Određivanje fizičko-kemijskih čimbenika vode	20
3.3 Određivanje izvora hrane	21
3.4 Statistička analiza podataka	22
4.0 REZULTATI	23
4.1 Analiza fizičko-kemijskih čimbenika vode u rukavcu rijeke Krapine	23
4.2 Hranjive tvari i izvori hrane zooplanktona u rukavcu rijeke Krapine	29
4.3 Kvalitativna i kvantitativna struktura zooplanktona u poribljenom rukavcu rijeke Krapine	30
4.3.2 Litoralna zona rukavca (PLL)	36
5.0 RASPRAVA	41
6.0 ZAKLJUČAK	46
7.0 LITERATURA	48

1.0 UVOD

1.1 Obilježja voda na kopnu

Od ukupno 1,4 milijarde km³ vode na Zemlji, na kopnene vode otpada 0,007 milijardi km³, što čini svega 0,5% od ukupnog volumena vode (KEROVEC, 1988). Međutim, unatoč maloj zastupljenosti značenje kopnenih voda je veliko, jer isključivo njih čovječanstvo koristi za potrebe poljoprivrede (oko 70% vodenih resursa), industrije (oko 22% vodenih resursa) i u domaćinstvu (oko 8%). Kopnene vode ujedno obiluju velikim brojem različitih staništa za brojne nektonske, planktonske i bentoske organizme što pridonosi raznolikosti živog svijeta.

U kopnenim vodama stajaćicama razlikujemo dvije velike zone: zona slobodne vode i zona dna jezera. Zona dna jezera dijeli se na 3 podzone: litoral, sublitoral i profundal (KEROVEC, 1988). Ovakva zonacija vrijedi za veće stajaćice, kao što su jezera, a za manje (lokve, močvare, bare) vrijedi podjela na dvije zone: litoralna zona i zona slobodne vode. Litoralna zona obuhvaća područje kontinentalne podine, a prostire se do dubine od oko 40 m (KEROVEC, 1988). Ovu zonu često obilježavaju zajednice makrofita ili vodene vegetacije koju čine biljke prilagođene životu u vodi. Zbog velike raznolikosti mikrostaništa litoralna zona predstavlja heterogeno područje u odnosu na zonu slobodne vode u kojoj nalazimo raznolike životne zajednice planktona, bentosa, perifitona i nektona (DUGGAN, 2001; KUCZYŃSKA-KIPPEN, 2001).

Zbog antropogenog utjecaja današnja su jezera izložena procesima ubrzane eutrofikacije i acidifikacije te unosu invazivnih biljnih i životinjskih vrsta. Eutrofikacija je prirodan proces u vodenim ekosustavima, a vezan je uz porast koncentracije hranjivih tvari (orto-fosfata, nitrata), čime se povećava primarna produkcija (primarni producenti - fitoplankton, vodeni makrofiti) što utječe i na povećanje sekundarne produkcije (primarni konzumenti – zooplankton, sekundarni konzumenti – ribe) (HORPPILA i NURMINEN, 2001; ARORA i MEHRA, 2003). Čovjek poljoprivrednim djelatnostima, ispuštanjem

otpadnih voda te crpljenjem vode za navodnjavanje povećava koncentraciju hranjivih tvari te time značajno ubrzava eutrofikaciju.

Acidifikacija je proces zakiseljavanja vode uzrokovan kiselim kišama koje nastaju emisijom dušikovih oksida (NO_x), sumporova dioksida (SO₂) i amonijaka (NH₃). U kiselim uvjetima smanjuje se brojnost i raznolikost zooplanktona, čime se smanjuje i broj riba koje se njime hrane (WETZEL, 1983)..

Invazivne vrste su alohtone životinjske ili biljne vrste koje se ne nalaze na području svoje prirodne rasprostranjenosti, a unesene su slučajno ili namjerno. Neke od posljedice unosa su smanjenje osjetljivih autohtonih vrsta zbog kompeticije za prostor i hranu s invazivnim vrstama, unos novih bolesti, nametnika i sl. (www.ribe-hrvatske.com). Unošenje invazivnih vrsta, uz uništavanje prirodnih staništa, jedan su od glavnih razloga izumiranja autohtonih vrsta u vodama na kopnu.

U današnje vrijeme raste broj umjetnih vodenih ekosustava: ribnjaka (ekosustavi za uzgoj ribe kao hrane-akvakultura) i akumulacija (za pitku vodu, za dobivanje energije u hidroelektranama). Porobljeni ekosustavi, u kakvima su provedena i ova istraživanja, specifična su vodena tijela antropogenog porijekla, većinom plitka, bez izražene termičke stratifikacije (RIGLER i PETERS, 1995). Budući da su pod većim antropogenim utjecajem, priljev alohtone organske tvari je mnogo veći nego kod prirodnih jezera. Gospodarstvenim zahvatima u ribnjak se unose gnojiva, dodatna hrana za ribe, vapno (za dezinfekciju) i slično čime se mijenjaju prirodni tokovi trofičkih odnosa (MIŠETIĆ, 1985). Cilj gospodarskih zahvata je stimulacija razvoja prirodne riblje hrane. U ribnjacima je osnovna prirodna hrana zooplankton kojeg najvećim dijelom čine skupine kolnjaka (Rotifera), rašljoticalaca (Cladocera) i veslonožaca (Copepoda).

1.2 Biocenoške komponente zooplanktona u vodama na kopnu

Plankton je funkcionalna zajednica organizama koji su fiziološki i morfološki prilagođeni životu u slobodnoj vodi mora, jezera, bara, močvara, ujezerenih dijelova rijeka i estuarija. Alge u planktonu čine fitoplankton, a životinjski organizmi zooplankton.

Glavne biocenoške komponente zooplanktona u stajaćicama na kopnu su: kolnjaci (Rotifera) te rakovi rašljoticalci (Cladocera) i veslonošci (Copepoda). S obzirom na podjelu zooplanktona prema veličini tijela kolnjaci pripadaju veličinskoj kategoriji mikrozooplanktona (50 - 500 μm), a rašljoticalci i veslonošci makrozooplanktona (0,5 - 5 mm) (BREITIG i TÜMPLING, 1982). Osim navedenih skupina u planktonu je brojna i raznolika skupina praživotinja (Protozoa) zastupljena s trepetljikašima (Ciliophora), bičašima (Mastigophora) i sluzavcima (Sarcodina) iz razreda okučeni (Testacea) i sunašca (Heliozoa).

S obzirom na način života, plankton se dijeli u nekoliko kategorija (BREITIG i TÜMPLING, 1982):

- Euplankton – organizmi koji su cijeli svoj život u planktonu
- Semiplankton ili meroplankton – organizmi čiji su razvojni stadiji planktonski (jaja, ličinke), a odrasli stadiji ne žive u planktonu
- Tihoplankton – organizmi koji su slučajno dospjeli u plankton

1.3 Utjecaj abiotičkih i biotičkih čimbenika na kopnene vode

Za bolje razumijevanje ekologije sustava, treba promatrati akcijske (utjecaj ekoloških faktora na biološke procese na razini vrste, populacije i zajednice), reakcijske (djelovanje bioloških procesa žive tvari na ekološke faktore) i koakcijske (procesi djelovanja između pojedinih komponenti životnih zajednica) odnose žive i nežive komponente koji će biti razmatrani u daljnjem tekstu.

1.3.1 Utjecaj abiotičkih čimbenika na razvoj zooplanktona u vodama na kopnu

Abiotički čimbenici koji značajno utječu na brojnost i raznolikost zooplanktona su: temperatura, koncentracija kisika i hranjive tvari (orto-fosfati, nitrati) (AZEVEDO i BONECKER, 2003; ŠPOLJAR i sur., 2005). Pored njih od abiotičkih čimbenika na zooplanktonsku zajednicu utječu pH vrijednost, prodor svjetlosti (prozirnost/mutnoća), koncentracija CO₂.

S obzirom na ciljeve istraživanja i istraživano područje prozirnost vode bila je značajan abiotički čimbenik koji utječe na pokrivenost dna vodenim makrofitima. Ako je prozirnost vode mala, to ima negativan utjecaj na dubinsku (vertikalnu) raspodjelu makrofita. U tom slučaju svjetlost, koja je neophodna za razvoj i rast makrofita, ne dopire do dna čime se smanjuje postotak pokrovnosti dna submerznim makrofitima ili njihov izostanak (MARTIN SØNDERGAARD i sur., 2007; FELDMANN i NÖGES, 2007; HATERD i HEERDT, 2007).

Ranija istraživanja pokazala su povezanost prozirnosti vode i raspodjele zooplanktona u jezerima (BURKS i sur., 2001; ESTLANDER i sur., 2009). Ako je prozirnost vode velika, zooplankton postaje vidljiv vizualnim predatorima te je prisiljen migrirati u litoralnu zonu gdje nalazi sklonište među makrofitima (KUCZYŃSKA-KIPPEN, 2001; DUGGAN, 2001). Ako je prozirnost vode mala, zooplankton se zadržava u zoni slobodne vode, jer su vizualni predatori ometeni u hvatanju plijena, stoga je razlika brojnosti zooplanktona u zoni slobodne vode i litoralnoj zoni mala ili se veća brojnost jedinki javlja u zoni slobodne vode (EL-SHABRAWY i DUMONT, 2003, NURMINEN i sur., 2001, 2007). Iz ovog se može zaključiti da horizontalna raspodjela zooplanktona ovisi o stupnju prozirnosti vode (ESTLANDER i sur., 2009).

Primjenom umjetnih (mineralnih) i organskih (prirodnih) gnojiva povećava se unos hranjivih tvari (fosfata, nitrata), ako se radi o direktnoj gnojidbi ribnjaka ili gnojiva dospijevaju u vodene ekosustave indirektno, ispiranjem poljoprivrednih površina. Upotreba mineralno-fosfornih gnojiva stimulira razvoj faune veslonožaca (Copepoda), a

organskog gnojiva, razvoj faune rašljoticalaca (Cladocera) (KLIMCZYK, 1964, cit. iz MIŠETIĆ, 1985). U ribnjacima gdje su korištena mineralna gnojiva (kombinacija dušičnih i fosfornih gnojiva), fauna kolnjaka je povećala brojnost i do 10 puta u odnosu na ribnjake bez upotrebe gnojiva. LEWKOWICZ (1976) (cit. iz MIŠETIĆ, 1985) navodi da su vrste rodova: *Keratella*, *Brachionus*, *Filinia*, *Polyarthra* i *Trichocerca* indikatori visokoproduktivnih ribnjaka.

1.3.2 Utjecaj biotičkih čimbenika na razvoj zooplanktona

Od biotičkih čimbenika kompeticija i predacija najviše utječu na kvalitativni i kvantitativni sastav zooplanktona (COTTENIE i sur., 2001).

Planktonske skupine kolnjaka i rašljoticalaca zauzimaju istu ekološku nišu stoga su im populacije u kompeticiji za životni prostor i hranu (alge, bakterije, suspendirane i otopljene organske tvari) (FERNÁNDEZ-ROSADO i LUCENA, 2001). Skupina kolnjaka je kompetitivno inferiorna u odnosu na rašljoticalce iz dva razloga. Prvo, rašljoticalci konzumiraju hranu puno šireg veličinskog spektra zbog čega imaju veću ponudu hrane. Drugo, stopa filtriranja hrane iz vode viša je kod mnogih mikrofiltratorskih rakova nego kod skupine kolnjaka (GILBERT, 1988). Kompeticija za zajedničke izvore hrane između kolnjaka i rašljoticalaca, tzv. eksploatacijska kompeticija, rezultira supresijom kolnjaka u zoni slobodne vode (WICKHAM i GILBERT, 1980). Kao odgovor na eksploatacijsku kompeticiju, kolnjaci migriraju u litoralnu zonu, gdje nalaze druge izvore hrane, čime se kompeticija smanjuje. Drugi oblik kompeticije je interferencijska kompeticija (BURNS I GILBERT, 1986; GILBERT I STEMBERGER, 1985). U tom obliku kompeticije kolnjaci trpe mehanička oštećenja (npr. ranjavanje, ubijanje, uništavanje njihovih jaja) kada dođu u područje branhijalnog prostora velikih rašljoticalaca npr. vrsta roda *Daphnia*.

Predatorstvo je drugi važan čimbenik koji utječe na kvalitativnu i kvantitativnu strukturu planktonske zajednice. Predatori zooplanktona dijele se na vizualne (ribe i njihove ličinke) i taktilne (ličinke nekih kukaca, brojni rakovi iz skupine Copepoda)

(STEMBERGER i GILBERT, 1984). Kolnjaci su razvili nekoliko mehanizama obrane od predatora kao npr. morfološki izgled (prozirno tijelo, bodlje), kretanje brzim "skakanjem" (*Hexarthra*, *Polyarthra*, *Filinia*), brzi rast populacije, vertikalne migracije, stvaranje kolonija i sl. (STEMBERGER i GILBERT, 1987). Zbog prozirnosti tijela, kolnjaci su manje uočljivi za ribe. Neki od njih imaju loriku na kojoj se nalaze bodlje ili dugi nastavci, što im također pruža zaštitu od taktilnih predatora (STEMBERGER i GILBERT, 1984). Predatorski pritisak ("top down" effect) od strane riba očituje se u smanjenju brojnosti kolnjaka s porastom brojnosti riba (MIŠETIĆ, 1985). U ribnjacima s velikom brojnošću riba, smanjuje se raznolikost te svega nekoliko zooplanktonskih vrsta postiže veliku brojnost jedinki.

Makrofiti su jedan od biotičkih čimbenika koji također utječu na sastav zooplanktona u kopnenim vodama te na dinamiku cijelog ekosustava (KARABIN i sur., 1997). Prema WETZEL-u (1983) makrofiti se s obzirom na svoju funkcionalnu povezanost sa supstratom dijele na:

- vodene makrofite ukorijenjene za supstrat
- emerzne makrofite – zakorijenjene u supstratu, s vršnim dijelom izvan vode; npr. *Phragmites* spp., *Scirpus* spp., *Typha* spp., *Carex* spp., *Iris pseudacorus*
- flotantne makrofite – zakorijenjene za dno, listovi plutaju po površini vode; česte su *Nymphaea* spp., *Nuphar* spp.
- submerzne makrofite – u potpunosti žive ispod površine vode; vrste rodova *Potamogeton*, *Ceratophyllum*, *Elodea*.
- slobodnoplivajuće makrofite koje plutaju na ili odmah ispod površine vode, s korijenjem u vodi, a ne u sedimentu; npr. *Lemna* spp., *Salvinia* spp.

Makrofiti imaju višestruki utjecaj na ekologiju vodenog ekosustava. Sudjeluju u očuvanju fizičke stabilnosti litoralne zone, reducirajući proces erozije, smanjuju suspenziju sedimenta i koncentraciju anorganskih soli u vodi (HORPPILA i NURMINEN, 2005; SCHUTTEN i sur., 2005). Zajednice vodenih makrofita predstavljaju i mikrostaništa u kojima zooplanktonske vrste nalaze utočište od predatora (ličinki riba, malih riba i ličinki kukaca) (COTTENIE i sur., 2001; ESTLANDER i sur., 2009). Mikrostaništa se nalaze u

području rizosfere, stabljike i listova te između različitih vrsta makrofita koje prekrivaju vodenu površinu ili dno, a vrsta, oblik i starost makrofita utječu na raznolikost zooplanktonskih vrsta (DUGGAN, 2001). Naime, neki makrofiti svojim oblikom pogodniji su za naseljavanje epifitona koji je važan izvor hrane za planktonske organizme litoralnog područja (BOGDAN i GILBERT, 1987; MONAHAN i sur., 1996). S druge strane, starije biljke su razgranatije zbog čega pružaju veću površinu za naseljavanje epifitona (KUCZYŃSKA-KIPPEN i NAGENGAST, 2003). Što je više epifitona, više je i zooplanktona koji se njime hrani. Na taj način makrofiti imaju indirektan utjecaj na ponudu hrane te na kvalitativnu i kvantitativnu strukturu zooplanktonskih organizama litoralnog područja (DUGGAN, 2001).

1.4 Hipoteza i ciljevi rada

Dosadašnja istraživanja uglavnom su bila usmjerena na proučavanje utjecaja submerzne vegetacije na sastav zooplanktona (COTTENIE i sur., 2001; JEPPESEN i sur., 2002).

U ovom radu analizirana je zooplanktonska zajednica rukavca rijeke Krapine s ciljem utvrđivanja razlika između kvalitativnog i kvantitativnog sastava zooplanktona litoralnog područja, s emerznom vegetacijom i slobodne vode. Istraživanje je provedeno u zimskom razdoblju bez emerzne vegetacije te u proljetnom razdoblju s razvijenom emerznom vegetacijom. Tijekom istraživanja, mijenjala se prozirnost vode koja utječe na učinkovitost riba kao vizualnih predatora na zooplankton (ESTLANDER i sur., 2009).

Osnovna hipoteza u ovom radu bila je da prozirnost vode i pojas emerzne vegetacije utječu na kvalitativni i kvantitativni sastav zooplanktona u rukavcu rijeke Krapine.

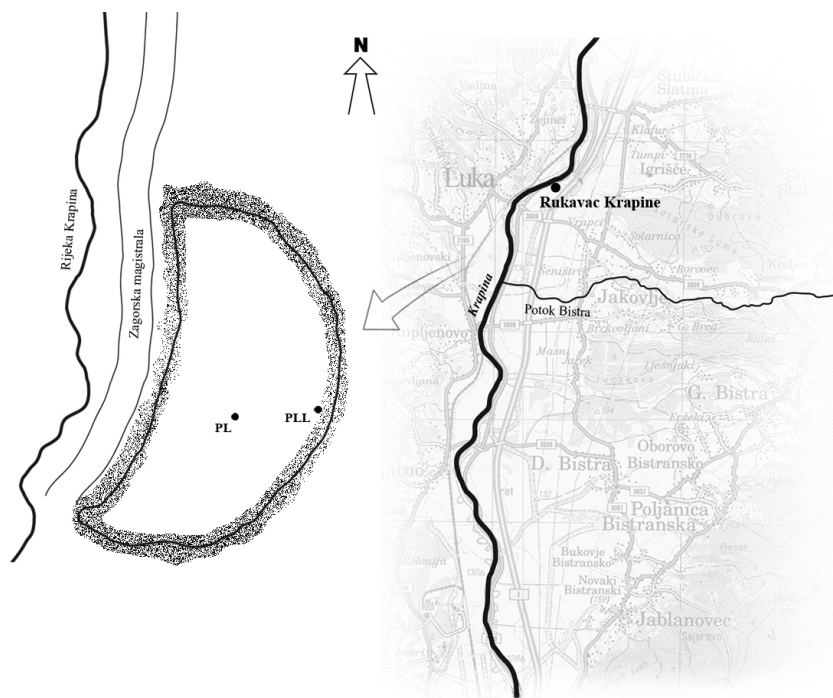
Ciljevi istraživanja bili su sljedeći:

1. utvrditi prostorne i sezonske promjene kvalitativnog i kvantitativnog sastava zooplanktona između dviju postaja;
2. analizirati prostorne i sezonske promjene trofičkih skupina zooplanktona između dviju postaja;
3. analizirati sezonske promjene i utjecaj fizičko-kemijskih parametara, hranjivih tvari te izvora hrane na strukturu zooplanktona istraživanih postaja.

2.0 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno u porobljenom rukavcu rijeke Krapine. Rukavac rijeke Krapine smješten je uz Zagorsku magistralu između mjesta Luka i Veliko Trgovišće, a nastao je nakon izgradnje magistrale krajem 50-ih godina prošlog stoljeća, kada je ostao odsječen od riječnog toka (sl. 1). Uzorci vode za analizu osnovnih limnoloških parametara i planktona uzimani su u zoni litoralnog područja (postaja PLL) i u zoni slobodne vode (postaja PL). Od emerznih makrofita u litoralnoj zoni dominirale su vrste: močvarna perunika (*Iris pseudacorus*), šaš (*Carex* sp.) i rogoz (*Typha latifolia*) (tablica 1). Istraživani rukavac pripada, prema nastanku vodenih ekosustava, u "oxbow lakes". To su jezera koja imaju specifičan oblik slova "U". Mogu nastati prirodnim putem kada procesi erozije i sedimentacije promjene tok rijeke ostavljajući meandar bez kontakta s glavnim tokom te antropogenim utjecajem kada se glavni tok rijeke namjerno usmjerava za navodnjavanje, kao obrana od poplava ili za izgradnju prometnica.

Razina vode u rukavcu znatno je oscilirala tijekom istraživanog razdoblja (raspon oscilacija do 1 m), a ovisi o razini vode u rijeci Krapini s kojom je povezan podzemnim vodama te o oborinama. U rukavac se slijevaju i vode okolnog obradivog zemljišta, koje zatim ispiranjem postaju jedan od izvora hranjivih tvari u rukavcu. Najbrojnije vrste riba bile su: šaran (*Cyprinus carpio*), američki somić (*Ictalurus melas*), štika (*Esox lucius*) i deverika (*Abramis brama*). U hladnijem djelu godine (veljača) najbrojnije su bile ličinke štuke. Od travnja, razvijaju se ličinke deverike te u tom stadiju ostaju i nekoliko mjeseci. U toplijem djelu godine kad temperatura vode dosegne 18°C, dominiraju ličinke šarana i somića. (www.fishbase.com). Ličinke se većinom hrane zooplanktonom, dok se odrasle ribe hrane različitom hranom: vodenim kukcima (američki somić, štika), vodenim biljem (šaran), detritusom (američki somić), planktonskim račićima (deverika).



Slika 1 Shematski prikaz istraživanog područja rukavca rijeke Krapine, zona slobodne vode (postaja PL) i litoralna zona (postaja PLL)

Tablica 1 Osnovna morfometrijska i biocenološka obilježja istraživanog rukavca rijeke Krapine

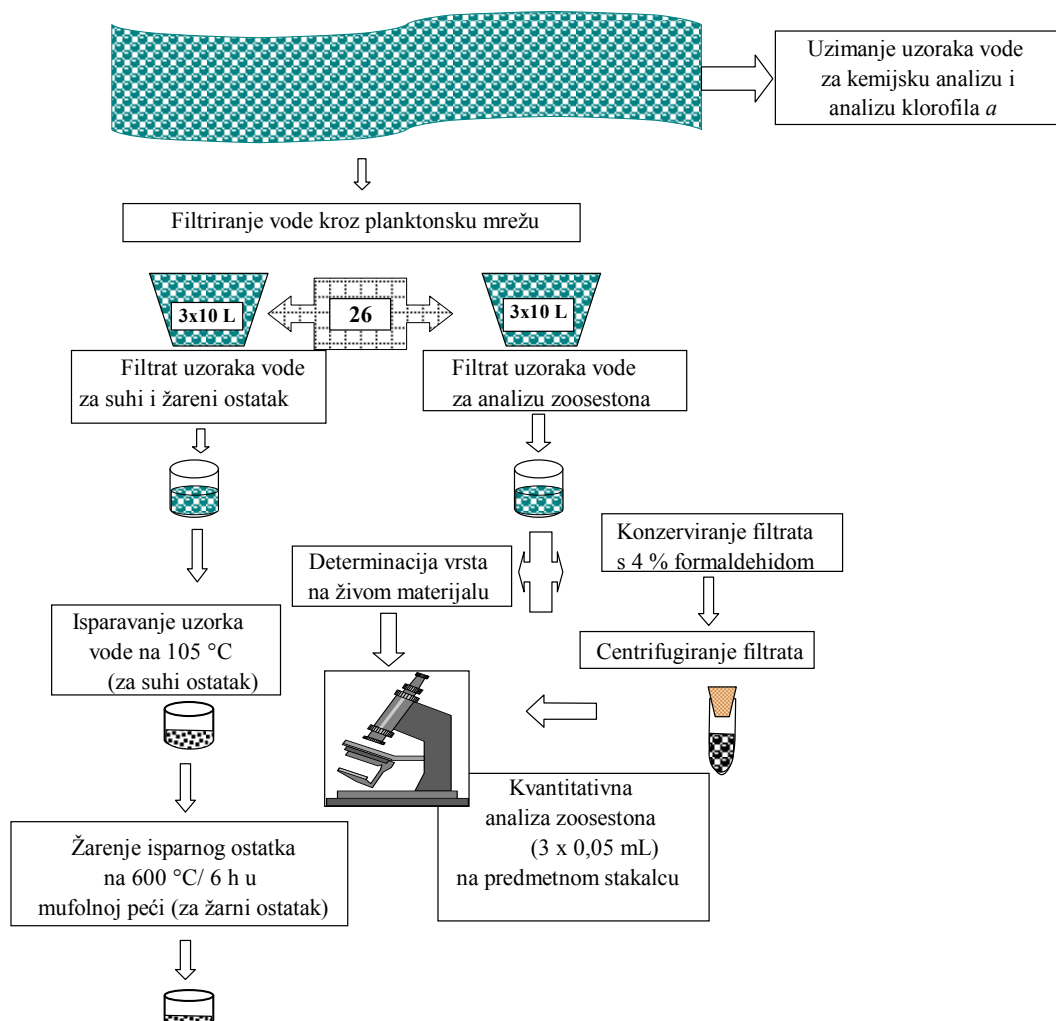
Duljina (m)	150
Širina (m)	37
Površina (ha)	1
Maksimalna dubina (m)	4
Prozirnost _{Secchi disk} (m)	0,3-1,2
Granulometrija čestica dna	mulj
Geološka podloga	aluvij (šljunak, pijesak, silt, glina)
Vodena vegetacija	emerzna (<i>Iris pseudacorus</i> , <i>Carex</i> sp., <i>Typha latifolia</i>)
Vrste riba	šaran (<i>Cyprinus carpio</i>), američki somić (<i>Ictalurus melas</i>), štika (<i>Esox lucius</i>) i deverika (<i>Abramis brama</i>)

3.0 MATERIJALI I METODE

3.1 Uzimanje i analiza uzoraka zooplanktona

Slika 2 prikazuje program sakupljanja uzoraka i njihovu laboratorijsku obradu. Uzorci vode za analizu zooplanktona te kemijsku analizu vode na postajama PL i PLL uzimani su u zimskom (siječanj, veljača i ožujak) i proljetnom (travanj, svibanj, lipanj) razdoblju. Uzorci su od siječnja do travnja uzimani jednom mjesečno, a od svibnja do lipnja dva puta mjesečno u razmaku od dva tjedna. Za sakupljanje uzoraka zooplanktona profiltrirano je 3x10 L vode kroz planktonsku mrežu promjera oka 26 µm. Na obje postaje uzimana su po dva uzorka, jedan za određivanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava zooplanktona, a drugi za određivanje sadržaja organskih tvari.

Svi uzorci dopremljeni su u laboratorij u prenosivom hladnjaku. Za kvalitativnu analizu uzorci su pregledani na živom materijalu koristeći svjetlosni mikroskop oznake Jenaval (Carl Zeiss Jena), a zatim su fiksirani u 4% formalinu. Fiksirani uzorci centrifugirani su na 1000 okretaja u minuti, u trajanju od 5 minuta, tako da je njihov volumen sveden na 10 - 15 mL. Za kvantitativnu analizu, svaki uzorak je izbrojan u tri poduzorka. Brojnost populacija zooplanktona izražavana je brojem jedinki po litri (jed/L).



Slika 2 Program sakupljanja uzoraka i njihova laboratorijska obrada (prema ŠPOLJAR, 2003)

Biocenološka obilježja zooplanktonske zajednice određivana su:

- Shannon-Wienerovim indeksom raznolikosti (SHANNON i WEAVER, 1949):

$$H' = - \sum_{i=1}^S (n_i/N) \log_2 (n_i/N)$$

gdje je:

H' = Shannon - Wienerov indeks raznolikosti (bita/jedinki)

n_i = brojnost vrste i u uzorku
 N = ukupna brojnost u uzorku
 s = broj vrsta

- Margalefovim indeksom brojnosti vrsta (d):

$$d = (S-1)/\log(N)$$

gdje je:

d = brojnost vrsta
 S = ukupan broj vrsta
 N = ukupan broj jedinki

- Pielouovim indeksom ujednačenosti (J')

$$J' = H'/\log(S)$$

gdje je:

J' = Pielouov indeks ujednačenosti
 H' = Shannon - Weaverov indeks raznolikosti
 S = ukupan broj vrsta

Za determinaciju Rotifera korišten je ključ VOIGT i KOSTE (1978). Svi monogonontni rotifera određeni su uglavnom do vrste. Izuzetak su vrste roda *Polyarthra* koje su zbog teškoća u determinaciji određene do roda. Bdeloidni rotifera su izbrojani, ali nisu determinirani. Rakovi iz skupine Cladocera determinirani su prema ključu AMOROS (1984), a za determinaciju Copepoda koristio sam ključ EINSLE (1993).

Za analizu trofičke strukture zooplanktona koristio sam rezultate o izvorima hrane iz radova koje su proveli DUMONT (1977), POURRIOT (1977) i KARABIN (1985). S obzirom na veličinu i vrstu čestica hrane te tipu žvačnjaka kolnjaci su podjeljeni na slijedeće podskupine (KARABIN, 1985):

A) Mikrofiltratori – sedimentatori:

1. osnovna hrana za predstavnike ove podskupine je bakterijsko-detritusna suspenzija, veličina takvih čestica ne prelazi nekoliko μm u promjeru. Tipične vrste su *Keratella cochlearis* i *Brachionus angularis*;
2. ova se podskupina osim bakterijsko-detritusnom suspenzijom hrani i malim algama tipičnim za eutrofiju. Predstavnici su ostale vrste roda *Brachionus*;
3. vrste ove skupine hrane se nanofitoplanktonom veličine do 20 μm . Na primjer, vrsta *Keratella quadrata*.

B) Makrofiltratori:

4. hranu ove podskupine sačinjavaju male mrežne alge, uključujući nitaste alge te nerijetko i animalna hrana. Rod *Trichocerca*;
5. predstavnici ove podskupine hrane se nanofitoplankton i mrežnim algama s maksimalnom veličinom čestica $> 50 \mu\text{m}$. Rod *Synchaeta*;
6. hranu ovim vrstama sačinjavaju samo nanofitoplanktonske alge maksimalne veličine 20 do 30 μm . Tu se ubrajaju vrste rod *Polyarthra*;
7. ovoj podskupini pripadaju visokospecijalizirane vrste odvojenog trofičkog statusa rodova *Ascomorpha*, *Gastropus* koje se hrane pretežno raznim dinoflagelatima npr. iz roda *Peridinium*.

C) Predatori:

Iako su fakultativni predatori rodovi *Asplanchna* i *Ploesoma* spadaju u ovu treću podskupinu trofičkih tipova.

Planktonski rakovi iz skupina Cladocera i Copepoda podijeljeni su s obzirom na mehanizam sakupljanja hrane u slijedeće hranidbene tipove:

- I "Neučinkoviti" mikrofiltratori, hrane se česticama veličine 2 do 5 μm , bakterijama i detritusom. Predstavnik je npr. *Bosmina longirostris*.
- II "Učinkoviti" mikrofiltratori, veličina čestica hrane 10 do 12 μm , s većinskim udjelom Nanofitoplanktona. U toj skupini se nalaze *Daphnia cuculata* i *D. longispina*.
- III Makrofiltratori se hrane česticama veličine od 4 do 5 μm do 40 do 50 μm , a glavninu Hrane čini nanofitoplankton. Ovoj skupini pripadaju različiti razvojni stadiji Copepoda i vrste roda *Eudiaptomus*.

IV Obligatni predator je vrsta *Leptodora kindtii*, dok su neki razvojni stadiji Copepoda i adultni Cyclopoida fakultativni predatori.

3.2 Određivanje fizičko-kemijskih čimbenika vode

Uzorci vode uzimani su u plastičnim bocama od 1 L radi ispitivanja fizičko-kemijskih čimbenika.

Fizičko-kemijska analiza vode obuhvaćala je mjerenje sljedećih čimbenika:

- temperatura vode (°C, živin termometar)
- prozirnost vode (m, Secchi disk)
- koncentracije otopljenog kisika (mg O₂/L, oksimetar oznake WTW OXI 96)
- pH vrijednosti (pH-metar oznake WTW, 330i),
- konduktivitet (μS/cm, konduktometar oznake Hach Sension 5),
- ukupno otopljene tvari (eng. *total dissolved solids*, TDS, konduktometar oznake Hach Sension 5)
- koncentracije orto-fosfata (mg P-PO₄³⁻/L)
- koncentracije nitrata (mg N-NO₃⁻/L)
- tvrdoća (mg CaCO₃/L)
- alkalitet (mg CaCO₃/L).

Temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika, prozirnost vode, pH vrijednost, TDS vrijednosti i konduktivitet mjereni su *in situ*. Konduktivitet se definira kao sposobnost vodene otopine za provođenje struje, a određen je brojem prisutnih aniona i kationa te njihovom pokretljivošću. TDS (ukupno otopljene tvari) se definiraju kao masa svih otopljenih tvari (minerali, soli, anioni, kationi, suspendirane čestice) u volumenu vode (mg/L).

Alkalitet ukazuje na sadržaj karbonatnih (CO₃²⁻), bikarbonatnih (HCO₃⁻) i hidroksilnih (OH⁻) aniona, a određen je titrimetrijski s otopinom 0.1 M HCl uz metilorange kao indikator do završne točke titracije kod pH = 4.3. Ukupna tvrdoća vode, koja potječe od

otopljenih soli kalcija i magnezija koje se u prirodnim vodama nalaze u obliku hidrogenkarbonata, sulfata, klorida ili nitrata, analizirana je kompleksometrijskom metodom s otopinom EDTA (kompleksal B, Kemika) uz dodatak indikatorske pufer tablete do završne točke titracije. Za sva spektrofotometrijska mjerenja koristio sam spektrofotometar oznake HATCH. Koncentracija orto-fosfata određivana je metodom s amonij-molibdat reagensom (APHA, 1985). Amonij-molibdat reagira u kiselom mediju ($\text{pH} < 1$) s fosfatima i stvara molibdofosforu kiselinu. Nastala kiselina reducira se s kositar-kloridom i daje intenzivno fosfomolibdensko plavilo. Intenzitet obojenja mjeren je spektrofotometrijski na valnoj duljini 690 nm. Koncentracija nitrata određena je pomoću metode s natrijevim salicilatom spektrofotometrijski na valnoj duljina 420 nm.

3.3 Određivanje izvora hrane

Izvori hrane zooplanktonskim organizmima su: alge, suspendirana (organska tvar i bakterije) i otopljena organska tvar. Za procjenu algi u planktonu određivana je koncentracija klorofila *a* (chl *a*) dok je za procjenu količine suspendirane organske tvari mjeren gubitak pri žarenju (eng. *ash free dry weight*, AFDW). Kao indikacija za koncentraciju otopljene organske tvari koristila se metoda kemijske potrošnje kisika iz kalijevog permanganata ($\text{KPK}_{\text{KMnO}_4}$).

Uzorci planktona za određivanje koncentracije suspendirane organske tvari, sakupljeni filtriranjem vode, 3×10 L, kroz planktonsku mrežu promjera oka 26 μm , sušeni su na temperaturi od 104°C /4 h (suhi ostatak), izvagani te žareni u mufolnoj peći na 600°C /6 h (žareni ostatak). Iz razlike suhog i žarenog ostatka izračuna se količina organske tvari ili gubitak pri žarenju, AFDW (mg/m^3).

Kao relativni pokazatelj koncentracije otopljene organske tvari (engl. *dissolved organic matter*, DOM) primijenjuje se oksido-redukcijska metoda kemijske potrošnje kisika (KPK) iz kalij-permanganata. Ova se metoda zasniva na kemijskoj reakciji u kojoj jako oksidativno sredstvo (KMnO_4) oksidira organsku tvar otopljenu u vodi. Količina utrošenog kisika ekvivalenta je količini otopljene organske tvari.

Kao pokazatelj biomase fitoplanktona uzeti su podaci mjerenja koncentracije klorofila *a* (chl *a*), osnovnog fotosintetskog pigmenta za većinu autotrofnih algi. Koncentracija klorofila *a* mjerena je metodom etanolske ekstrakcije (NUSH, 1980). Absorbancija uzoraka određivala se spektrofotometrijski (HACH DR/2000), na valnoj duljini apsorpcijskog maksimuma chl *a* kod 665 nm. Koncentracija klorofila *a* se izračunava prema sljedećoj formuli:

$$\text{Chl } a \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)} = 29,6 (E^a_{665} - E^b_{665}) v / V * d$$

gdje je:

Chl *a* – koncentracija klorofila

E^a_{665} – ekstinkcija ekstrakta na 665 nm prije zakiseljavanja (Chl *a* + feofitini)

E^b_{665} – ekstinkcija ekstrakta na 665 nm nakon zakiseljavanja (samo feofitini)

v – volumen otopine ekstrakta uzorka u mililitrima (mL)

V – volumen profiltrirane vode u litrima (L)

d – promjer spektrofotometrijske kivete u centimetrima

3.4 Statistička analiza podataka

Za statističku obradu podataka (Mann-Whitney U test, Spearmanov koeficijent korelacije) korištene su metode iz programa Statistica 6.0 (STATSOFT INC., 2000). U obradi podataka koristio sam neparametrijski Mann-Whitney U test za usporedbu dviju nezavisnih varijabli prilikom utvrđivanja stupnja signifikantnosti sezonskih i prostornih razlika fizičko-kemijskih čimbenika i uzoraka zooplanktona. Za utvrđivanje signifikantnosti relacije između organizama i okolišnih čimbenika te međusobnih odnosa organizama koristio sam Spearmanov koeficijent korelacije (*r*). Za izračunavanje Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti, Margalefovog indeksa brojnosti vrsta te Pielouovog indeksa ujednačenosti koristio sam program Primer 5. Grafički i tabelarni prikazi izrađeni su u programu Microsoft Excel 5.0 (MICROSOFT CORPORATION, 1997).

4.0 REZULTATI

U ovom poglavlju bit će prikazani podaci dobiveni istraživanjem fizičko-kemijskih čimbenika, hranjivih tvari, izvora hrane i zooplanktona na postajama PL (zona slobodne vode) i PLL (litoralna zona s emerznom vegetacijom) u poribljenom rukavcu rijeke Krapine.

4.1 Analiza fizičko-kemijskih čimbenika vode u rukavcu rijeke Krapine

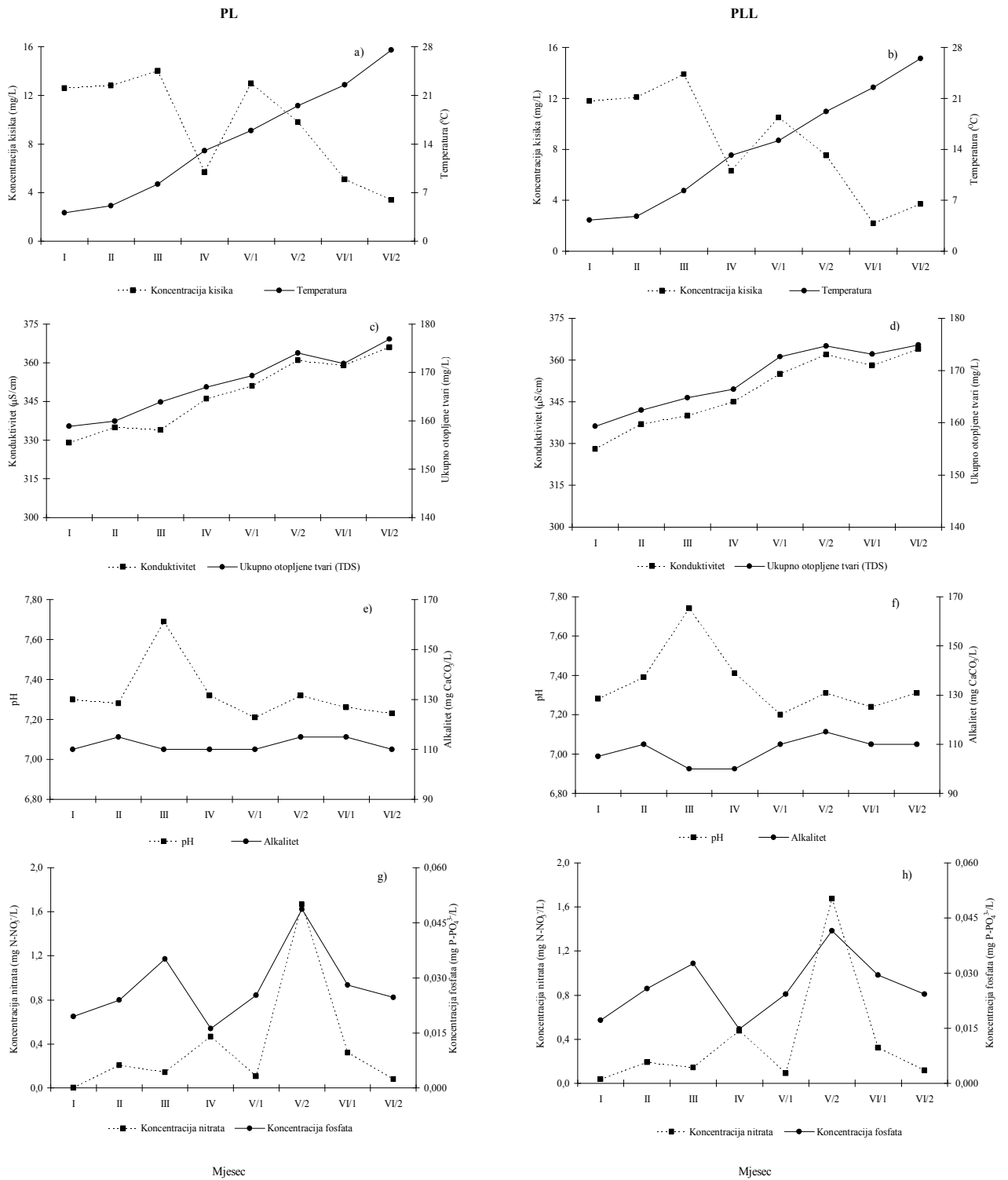
Temperatura vode i koncentracija otopljenog kisika. Temperatura vode na obje postaje imala je trend postepenog rasta, a kretala se u rasponu od 4,1 °C u siječnju do 27,5 °C u lipnju (sl. 3a,b). Rezultati statističke analize dobiveni Mann-Whitney U testom, ukazuju da su se vrijednosti temperature, na obje postaje, sezonski značajno razlikovale (tablica 2). Koncentracije otopljenog kisika na obje postaje imale su slične varijacije tijekom istraživanog razdoblja. Maksimalne vrijednosti na obje postaje, zabilježene su kasnozimskom razdoblju, iznosile su 14 mg O₂/L, a najniže u kasnoproletnom razdoblju, 3,4 mg O₂/L na postaji PL te 2,2 mg O₂/L na postaji PLL (sl. 3a,b). Na postaji PLL koncentracija kisika bila je u signifikantno negativnoj korelaciji s temperaturom (tablica 4).

Konduktivitet i ukupno otopljene tvari (TDS). Vrijednosti konduktiviteta, na obje postaje, bile su u stalnom porastu tijekom istraživanog razdoblja, a kretale su se u rasponu od 328 do 366 μS/cm. (sl. 3c,d). Ukupno otopljene tvari također su bile u stalnom porastu od zimskog do kasnoproletnog razdoblja (sl. 3c,d). Vrijednosti konduktiviteta i ukupno otopljenih tvari sezonski su se značajno razlikovale tijekom istraživanja, a bile su u signifikantno pozitivnoj korelaciji s temperaturom (tablica 2,3,4)

Alkalitet i pH. Vrijednosti alkaliteta oscilirale su oko srednje vrijednosti od 111,88 ± 2,58 mg CaCO₃/L na postaji PL i oko 107,5 ± 5,34 mg CaCO₃/L na postaji PLL (sl. 3e,f). Na

obje postaje, pH vrijednosti kretale su se oko srednje od $7,71 \pm 0,15$, a maksimalne vrijednosti dosegnute su u ožujku (sl. 3e,f).

Prozirnost vode. Od siječnja do polovice svibnja izmjerena je veća prozirnost vode u odnosu na razdoblje druge polovice proljeća (sl. 4). Najveća razlika u prozirnosti vode zabilježena je u svibnju kada je s maksimalne vrijednosti (1,1 m) u prvoj polovici mjeseca pala na minimalnu (0,3 m) u drugoj polovici mjeseca (sl. 4).



Slika 3 Sezonske promjene fizičko-kemijskih parametara tijekom istraživanog razdoblja na postajama PL i PLL

Tablica 2 Statistička značajnost prostornih i sezonskih promjena fizičko-kemijskih parametara te brojnosti strukturalnih i trofičkih skupina (neparametrijski Mann-Whitney U test). Legenda: M - eng. *Mean*- srednja vrijednost; SD - standardna devijacija.

Parametar	M ± SD	M ± SD	<i>p</i>
Prostorne promjene	PL	PLL	
Mikrofiltratori kolnjaka (jed/L)	1786,3 ± 975,01	3210 ± 5055,76	0,000778
Makrofiltratori kolnjaka (jed/L)	1788,23 ± 974,91	3,1 ± 1,58	0,000778
Mikrofiltratori rakova (jed/L)	2012,21 ± 1045,44	52,2 ± 79,44	0,000778

Parametar	M ± SD	M ± SD	<i>p</i>
Sezonske promjene (PL)	Zimsko razdoblje	Proljetno razdoblje	
Temperatura (°C)	5,80 ± 2,13	19,68 ± 5,65	0,025348
Konduktivitet (μS/cm)	332,67 ± 3,21	356,60 ± 8,01	0,025348
TDS (mg/L)	160,90 ± 2,64	171,80 ± 3,87	0,025348
AFDW (mg/m ³)	672,22 ± 80,37	847,13 ± 126,87	0,052633
Copepoda (jed/L)	20,13 ± 12,14	200,22 ± 125,30	0,025348
Makrofiltratori rakova (jed/L)	62,26 ± 36,44	600,81 ± 375,90	0,025348

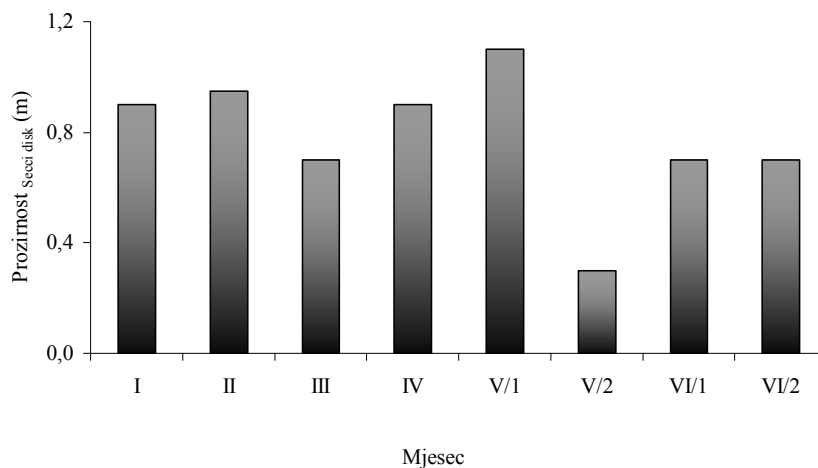
Parametar	M ± SD	M ± SD	<i>p</i>
Sezonske promjene (PLL)	Zimsko razdoblje	Proljetno razdoblje	
Koncentracija kisika (mg/L)	12,6 ± 1,136	6,04 ± 3,25	0,025348
Temperatura (°C)	5,8 ± 2,17	19,32 ± 5,38	0,025348
Konduktivitet (μS/cm)	335 ± 6,24	356,8 ± 7,46	0,025348
TDS (mg/L)	162,17 ± 2,75	172,34 ± 3,46	0,025348
AFDW (mg/m ³)	841,11 ± 432,20	1774,13 ± 1533,73	0,179713
Mikrofiltratori kolnjaka (jed/L)	1,08 ± 0,35	2,10 ± 0,73	0,049633
Makrofiltratori kolnjaka (jed/L)	2,15 ± 0,70	4,2 ± 1,47	0,049633

Tablica 3 Spearmanov koeficijent korelacije između abiotičkih čimbenika, brojnosti skupina i vrsta na postaji PL ($p < 0,05$)

Parametar	<i>r</i>	Parametar	<i>r</i>
Temperatura (°C)		Rotifera (jed/L)	
Konduktivitet (μS/cm)	0,952381	Ukupno zooplankton (jed/L)	0,714286
TDS (mg/L)	0,976190	Euplanktonske vrste (jed/L)	0,714286
AFDW (mg/m ³)	0,857143	<i>Keratella cochlearis</i> (jed/L)	0,976190
Copepoda (jed/L)	0,857143	<i>Polyarthra</i> spp. (jed/L)	0,928571
Ličinke nauplija (jed/L)	0,880952		
Konduktivitet (μS/cm)		<i>Keratella cochlearis</i> (jed/L)	
TDS (mg/L)	0,976190	<i>Polyarthra</i> spp. (jed/L)	0,976190
AFDW (mg/m ³)	0,880952		
Copepoda (jed/L)	0,809524	Rotifera mikrofiltratori (jed/L)	
Ličinke nauplija (jed/L)	0,809524	Ukupno zooplankton (jed/L)	0,738095
<i>Bosmina longirostris</i> (jed/L)	0,756323	Euplanktonske vrsta (jed/L)	0,738095
		<i>Keratella cochlearis</i> (jed/L)	0,928571
		Mikrofiltratori rakova (jed/L)	0,857143
TDS (mg/L)		Rotifera makrofiltratori (jed/L)	
AFDW (mg/m ³)	0,928571	Ukupno zooplankton (jed/L)	0,738095
Copepoda (jed/L)	0,785714	Euplanktonske vrsta (jed/L)	0,738095
Ličinke nauplija (jed/L)	0,785714	<i>Polyarthra</i> spp. (jed/L)	0,904762
<i>Bosmina longirostris</i> (jed/L)	0,756323		
AFDW (mg/m³)		Crustacea makrofiltratori (jed/L)	
<i>Bosmina longirostris</i> (jed/L)	0,805118	Temperatura (°C)	0,857143
		Konduktivitet(μS/cm)	0,809524
Copepoda (jed/L)		TDS(mg/L)	0,785714
Ličinke nauplija (jed/L)	0,952381		
<i>Bosmina longirostris</i> (jed/L)	0,707528		

Tablica 4 Spearmanov koeficijent korelacije između abiotičkih čimbenika, brojnosti skupina i vrsta na postaji PLL ($p < 0,05$)

Parametar	<i>r</i>	Parametar	<i>r</i>
Koncentracija kisika (mg/L)		Rotifera (jed/L)	
Temperatura (°C)	-0,809524	Koncentracija klorofila <i>a</i> (mg/m ³)	-0,718576
Konduktivitet (μS/cm)	-0,738095	Ukupno zooplankton (jed/L)	0,952381
TDS (mg/L)	-0,738095	Euplanktonske vrste (jed/L)	0,952381
Rotifera (jed/L)	0,714286	<i>Keratella cochlearis</i> (jed/L)	0,976190
Temperatura (°C)		<i>Keratella cochlearis</i> (jed/L)	
Konduktivitet (μS/cm)	0,976190	Euplanktonske vrste (jed/L)	0,976190
TDS (mg/L)	0,976190	Copepoda (jed/L)	
AFDW (mg/m ³)	0,761905	Semiplanktonske vrste (jed/L)	-0,826362
Konduktivitet (μS/cm)		Ličinke nauplija (jed/L)	0,976190
AFDW (mg/m ³)	0,833333	Rotifera mikrofiltratori (jed/L)	
TDS (mg/L)		Koncentracija kisika (mg/L)	-0,833333
AFDW (mg/m ³)	0,833333	Temperatura (°C)	0,880952
KPK (mg O₂/L)		Konduktivitet (μS/cm)	0,857143
Polyarthra spp. (jed/L)	-0,785714	TDS (mg/L)	0,857143
Cladocera (jed/L)		Rotifera makrofiltratori (jed/L)	
<i>Bosmina longirostris</i> (jed/L)	0,786387	Koncentracija kisika (mg/L)	-0,833333
		Temperatura (°C)	0,880952
		Konduktivitet (μS/cm)	0,857143
		TDS (mg/L)	0,857143



Slika 4 Sezonske promjene prozirnosti vode u rukavcu rijeke Krapine

4.2 Hranjive tvari i izvori hrane zooplanktona u rukavcu rijeke Krapine

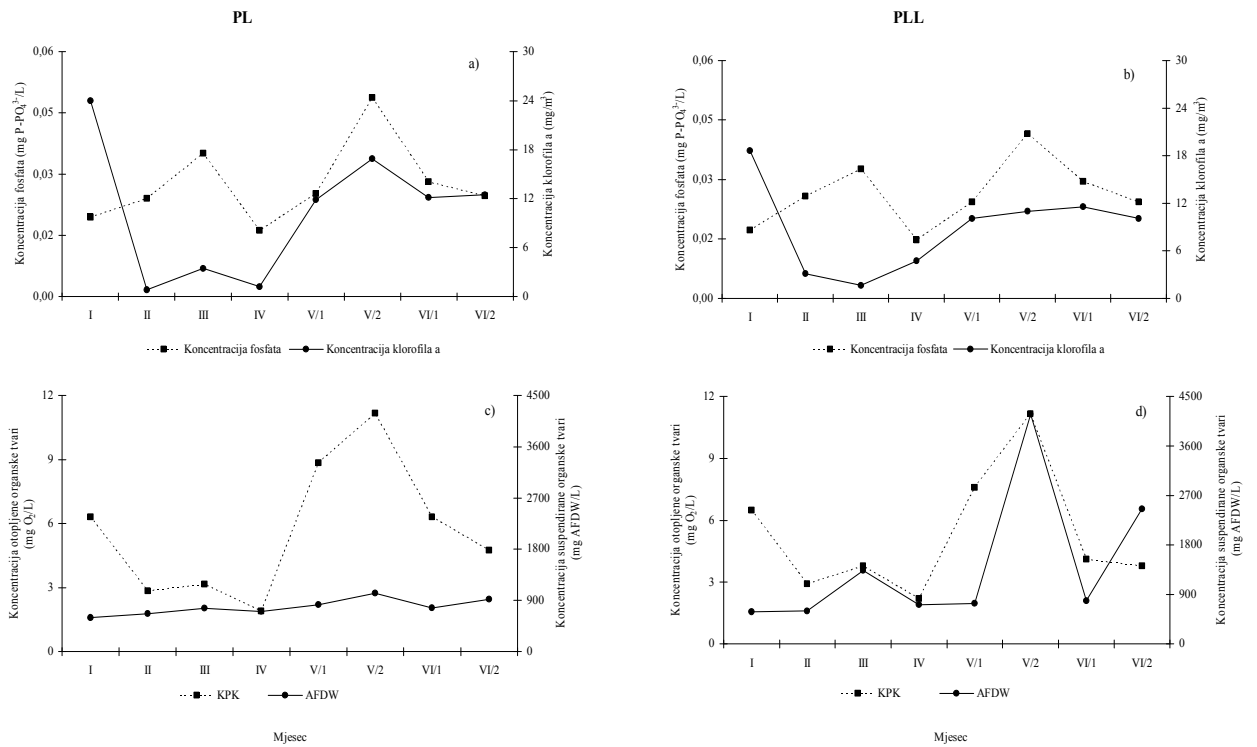
Izvori hrane za zooplankton su alge (na čiju biomasu ukazuje koncentracija klorofila *a*), suspendirana organska tvar (pokazatelj koncentracija organske tvari, AFDW) te otopljena organska tvar (pokazatelj KPK vrijednost).

Koncentracije nitrata i orto-fosfata. Za obje postaje zabilježene su niske koncentracije nitrata, koje su se kretale oko srednje vrijednosti od $0,19 \pm 0,15$ mg N-NO₃⁻/L na postaji PL te $0,196 \pm 0,15$ mg N-NO₃⁻/L na postaji PLL, izuzev maksimalne vrijednosti u drugoj polovici svibnja ($1,667$ mg N-NO₃⁻/L, postaja PL i $1,678$ mg N-NO₃⁻/L, postaja PLL) (sl. 3g,h). Koncentracije orto-fosfata kretale su se uglavnom u rasponu od $0,02$ do $0,03$ mg P-PO₄³⁻/L, a u drugoj polovici svibnja izmjerene su maksimalne vrijednosti koncentracije orto-fosfata, za postaju PL iznosila je $0,049$ mg P-PO₄³⁻/L, a za postaju PLL $0,042$ mg P-PO₄³⁻/L (sl. 3g,h).

Koncentracija klorofila a. Nakon maksimalne vrijednosti u siječnju ($23,976$ mg/m³ na postaji PL i $18,648$ mg/m³ na postaji PLL) ostatak zimskog razdoblja imao je niže koncentracije klorofila *a* u odnosu na proljetno razdoblje, gdje su se koncentracije kretale oko srednje vrijednosti od $10,90 \pm 5,81$ mg/m³ na postaji PL te $9,48 \pm 2,72$ mg/m³ na postaji PLL (sl. 5a,b).

Koncentracija otopljene i suspendirane tvari. U zimskom razdoblju, zabilježene su na obje postaje niže KPK vrijednosti, u odnosu na proljetno razdoblje, međutim ove razlike nisu bile statistički značajne. Maksimalna KPK vrijednost na postajama PL i PLL postignuta je u drugoj polovici svibnja ($11,16$ mg O₂/L) (sl. 5c,d). Slika 5c pokazuje da je koncentracija suspendirane organske tvari na postaji PL minimalno oscilirala oko srednje vrijednosti od $782 \pm 138,70$ mg AFDW/m³. Na postaji PLL oscilacije ovog parametra imale su veći raspon, od 580 mg AFDW/m³ do 4175 mg AFDW/m³ (sl. 5d). Koncentracije suspendirane organske tvari, na obje postaje, značajno su se razlikovale u zimskom i proljetnom razdoblju (tablica 2). Na povećane vrijednosti suspendirane organske tvari pozitivno su utjecali temperatura te koncentracija mineralnih i otopljenih

tvari na što ukazuju značajne pozitivne korelacije s čimbenicima koji reflektiraju ove vrijednosti (konduktivitet, TDS) (tablica 3,4).



Slika 5 Sezonske promjene hranjivih tvari i izvora hrane tijekom istraživanja na postajama PL i PLL

4.3 Kvalitativna i kvantitativna struktura zooplanktona u poribljenom rukavcu rijeke Krapine

4.3.1 Zona slobodne vode (PL)

Ukupno je determinirano 27 svojti, od toga je skupini kolnjka pripadalo 19 svojti, a rašljoticalcima i veslonošcima po 4 svojte (tablica 5). Srednja vrijednost indeksa raznolikosti bila je veća u proljetnom ($2,64 \pm 0,42$) nego u zimskom ($1,76 \pm 0,18$) razdoblju (sl. 6). Najveći broj vrsta određen je u siječnju i lipnju (16), a najmanji u prvoj

polovici svibnja (9) (sl. 6). Slične oscilacije ima i Margalefov indeks (d), za razliku od indeksa ujednačenosti vrsta (J') koji ima inverzne sezonske oscilacije (tablica 5)

Ukupna brojnost zooplanktona nakon naglog porasta s nekoliko stotina na 1664 jed/L u ožujku, kretala se do kraja istraživanog razdoblja u rasponu od 1068 do 1711 jed/L, uz iznimku u drugoj polovici svibnja (437 jed/L) (tablica 5). Tijekom istraživanog razdoblja kolnjaci su najviše pridonijeli ukupnoj brojnosti jedinki (79,15 %), a znatno manje Copepoda (12,65 %) i Cladocera (10,94 %) (sl. 7, 8).

Najveću brojnost iz skupine konjaka, postigle su vrste *Keratella cochlearis* (1030 jed/L) i *Polyarthra* spp. (464 jed/L) krajem zime te vrsta *Asplanchna priodonta* (482 jed/L) početkom proljeća (tablica 5). Srednja vrijednost brojnosti rašljoticalaca i veslonožaca bila je veća u proljetnom (rašljoticalci $137 \pm 191,54$ jed/L, veslonošci $200 \pm 125,30$ jed/L) u odnosu na zimsko razdoblje (rašljoticalci $1 \pm 0,63$ jed/L, veslonošci $21 \pm 12,14$ jed/L) (sl. 7). Brojnosti planktonskih rakova najviše je pridonijela vrsta *Bosmina longirostris* (maksimum 418 jed/L u svibnju) i ličinački stadiji nauplija s maksimalnom brojnošću u lipnju (230 jed/L) (tablica 5).

Tablica 6 prikazuje sezonske promjene zooplanktona s obzirom na način života. Tijekom istraživanog razdoblja dominirali su euplanktonski organizmi (96,9 %) čija je maksimalna brojnost jedinki zabilježena u svibnju (1707 jed/L) (sl. 9). Ukupnoj brojnosti euplanktonskih jedinki najviše su pridonijele, od kolnjaka, vrste rodova *Keratella* (69 %) i *Poyarthra* (17,3%), a od rakova *Bosmina* (55,44%) (tablica 6). Semiplanktonski organizmi činili su svega 3,5% od ukupne brojnosti zooplanktona. Maksimalan broj semiplanktonskih organizama zabilježen je u kasnoproletnom razdoblju čemu je najviše pridonijela vrsta *Trichocerca longiseta* (79 jed/L) (tablica 6).

U trofičkoj strukturi kolnjaka prevladavali su mikrofiltratori čija se brojnost, tijekom istraživanja, kretala oko srednje vrijednosti od $1786 \pm 975,01$ jed/L (sl. 10). Kolnjaci makrofiltratori dosegli su maksimum u ožujku, te su tijekom istraživanog razdoblja konstantno imali znatno manju brojnost u odnosu na mikrofiltratore (sl 10). U trofičkoj

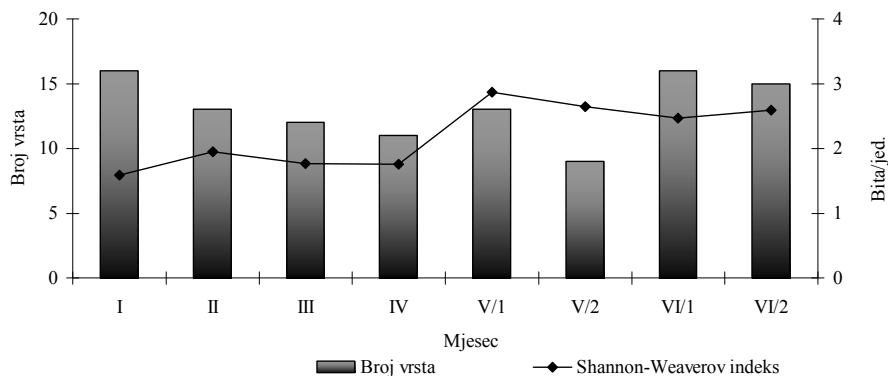
strukturi rakova mikrofiltratori su imali povećanu brojnost u svibnju, a makrofiltratori u lipnju (sl 10). Brojnost makrofiltratornih rakova značajno je pozitivno korelirala s temperaturom konduktivitetom i ukupno otopljenim tvarima (tablica 3).

Tablica 5 Sezonske promjene kvalitativnog i kvantitativnog sastava zooplanktona na postaji PL

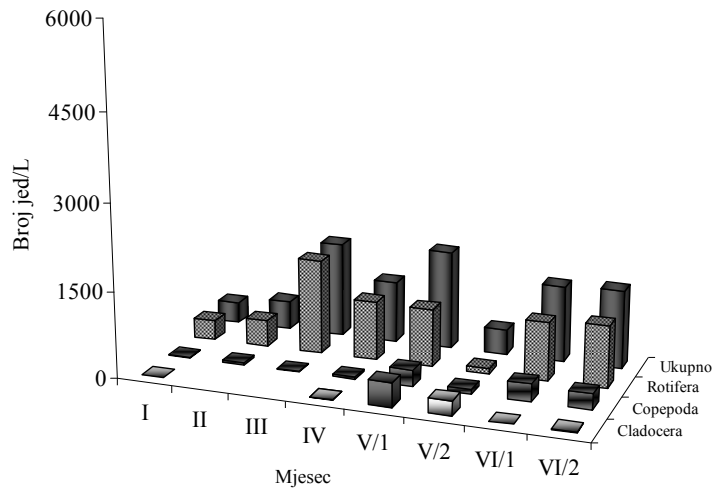
Skupina	Svojta	Mjesec	I	II	III	IV	V/1	V/2	VI/1	VI/2
			Broj jed/L							
Rotifera	<i>Anuraeopsis</i> sp.		0,61							
	<i>Ascomorpha saltans</i>		1,44							77,00
	<i>Asplanchna priodonta</i>		0,28	17,33	3,07	22,40	482,80	12,44	23,00	35,00
	<i>Brachionus angularis</i>		14,52	10,22	47,02				13,63	30,33
	<i>Brachionus calceiflorus</i>			0,44	2,04					
	<i>Colurella uncinata</i>								0,85	
	<i>Epiphanes macrorus</i>		6,85							
	<i>Filinia longiseta</i>		0,55			2,13	23,80	23,11	68,15	67,67
	<i>Keratella cochlearis</i>		311,10	366,67	1029,38	743,47	471,47	62,22	714,70	723,33
	<i>Keratella quadrata</i>			0,89	7,16	7,47	1,13			
	<i>Lecane luna</i>								0,85	
	<i>Lecane lunaris</i>									2,33
	<i>Lepadella patella</i>								0,85	
	<i>Mytilina bicarinata</i>		9,72							
	<i>Polyarthra</i> spp.		0,88	16,89	464,09	247,47	24,93		126,93	88,67
	<i>Proales</i> sp.		0,61							
	<i>Synchaeta oblonga</i>			16,00	75,64		1,13			
<i>Synchaeta pectinata</i>			32,44	10,22						
<i>Trichocerca longiseta</i>					1,07			62,19	46,67	
Rotifera ukupno			346,55	460,89	1638,62	1024,00	1005,27	97,78	1011,15	1071,00
Cladocera	<i>Alona costata</i>					3,40				
	<i>Bosmina longirostris</i>					2,13	418,20	252,44	0,85	11,67
	<i>Leptodora kindtii</i>		0,28							
	<i>Scapholeberis kingi</i>		0,83							
Cladocera ukupno		1,10			2,13	421,60	252,44	0,85	11,67	
Copepoda	<i>Cyclops</i> sp.					2,27			2,56	2,33
	<i>Eudiaptomus gracilis</i>		1,99	0,44		21,53			5,96	4,67
	kopepodit			4,00	2,04	122,40	53,33		72,41	128,33
	nauplij		10,27	30,22	13,29	42,67	138,27	33,78	230,85	140,00
Copepoda ukupno		12,26	34,67	15,33	42,67	284,47	87,11	311,78	275,33	
UKUPNO ZOOPLANKTON		359,92	495,56	1653,96	1068,80	1711,33	437,33	1323,78	1358,00	
Maraglofov indeks brojnosti vrsta (d)		2,280	1,739	1,357	1,304	1,475	1,181	1,903	1,771	
Pielouov indeks ujednačenosti (J')		0,396	0,526	0,494	0,508	0,775	0,834	0,616	0,662	

Tablica 6 Sezonske promjene kvalitativnog i kvantitativnog sastava euplanktonskih (EP) i semiplanktonskih (SP) vrsta zooplanktona na postaji PL

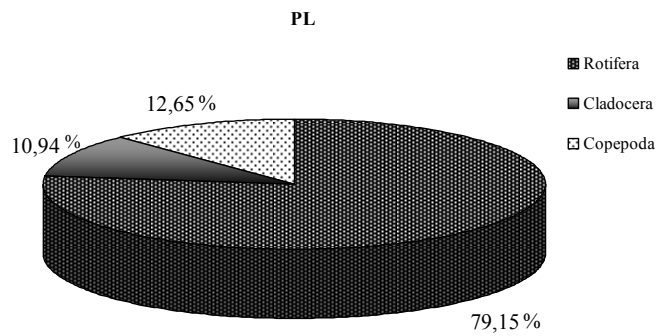
Način života	Skupina	Takson	Mjesec	I	II	III	IV	V/1	V/2	VI/1	VI/2		
				Broj jed/L									
EP	Rotifera	<i>Amuraeopsis</i> sp.		0,61								77,00	
		<i>Ascomorpha saltans</i>		1,44									35,00
		<i>Asplanchna priodonta</i>		0,28	17,33	3,07	22,40	482,80	12,44	23,00			67,67
		<i>Filinia longiseta</i>		0,55			2,13	23,80	23,11	68,15			723,33
		<i>Keratella cochlearis</i>		311,10	366,67	1029,38	743,47	471,47	62,22	714,70			
		<i>Keratella quadrata</i>			0,89	7,16	7,47	1,13					
		<i>Polyarthra</i> spp.		0,88	16,89	464,09	247,47	24,93			126,93		88,67
		<i>Synchaeta oblonga</i>			16,00	75,64		1,13					
		<i>Synchaeta pectinata</i>			32,44	10,22							
		Rotifera ukupno			314,86	450,22	1589,56	1022,93	1005,27	97,78	932,78		991,67
		Cladocera	<i>Bosmina longirostris</i>					2,13	418,20	252,44	0,85		11,67
			<i>Leptodora kindtii</i>		0,28								
		Cladocera ukupno			0,28			2,13	418,20	252,44	0,85		11,67
		Copepoda	<i>Cyclops</i> sp.							2,27		2,56	2,33
<i>Eudiaptomus gracilis</i>			1,99	0,44				21,53		5,96	4,67		
koepodit				4,00	2,04			122,40	53,33	72,41	128,33		
nauplij			10,27	30,22	13,29	42,67		138,27	33,78	230,85	140,00		
Copepoda ukupno			12,26	34,67	15,33	42,67	284,47	87,11	311,78	275,33			
EP ukupno			327,39	484,89	1604,89	1067,73	1707,93	437,33	1245,41		1278,67		
SP	Rotifera	<i>Brachionus angularis</i>		14,52	10,22	47,02					13,63	30,33	
		<i>Brachionus calciflorus</i>			0,44	2,04							
		<i>Colurella uncinata</i>									0,85		
		<i>Epiphanes macrorus</i>		6,85									
		<i>Lecane luna</i>									0,85		
		<i>Lecane lunaris</i>										2,33	
		<i>Lepadella patella</i>									0,85		
		<i>Mytilina bicarinata</i>		9,72									
		<i>Proales</i> sp.		0,61							0,00		
		<i>Trichocerca longiseta</i>					1,07				62,19	46,67	
		Rotifera ukupno		31,70	10,67	49,07	1,07				78,37	79,33	
		Cladocera	<i>Alona costata</i>						3,40				
			<i>Scapholeberis kingi</i>		0,83				0,00				
		Cladocera ukupno		0,83					3,40				
SP ukupno			32,52	10,67	49,07	1,07	3,40			78,37	79,33		
UKUPNO ZOOPLANKTON				359,92	495,56	1653,96	1068,80	1711,33	437,33	1323,78	1358,00		



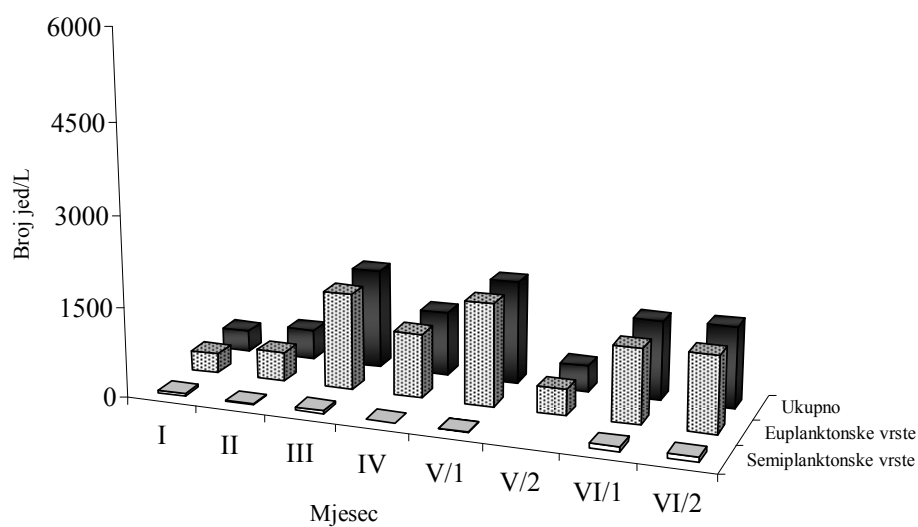
Slika 6 Vremenske promjene Shannon-Weaverovog indeksa raznolikosti (H') na postaji PL



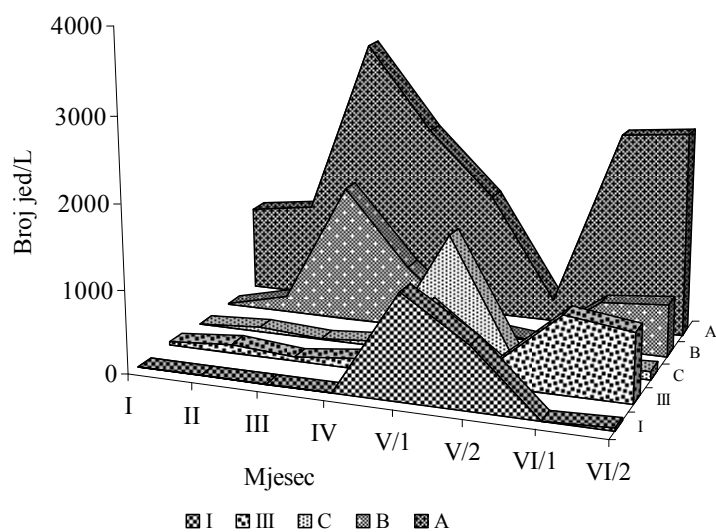
Slika 7 Vremenske promjene ukupnog broja jedinki, Cladocera, Copepoda i Rotifera na postaji PL



Slika 8 Postotni udio skupina Rotifera, Cladocera i Copepoda u sastavu zooplanktona na postaji PL



Slika 9 Vremenske promjene ukupnog broja jedinki, euplanktonskih i semiplanktonskih organizama s obzirom na način života na postaji PL



Slika 10 Vremenske promjene brojnosti mikrofiltratornih (A), makrofiltratornih (B) i predatorskih (C) vrsta kolnjaka te mikrofiltratornih (I) i makrofiltratornih (III) vrsta rakova na postaji PL

4.3.2 Litoralna zona rukavca (PLL)

U litoralnoj zoni determinirano je 30 svojti, od čega je najveću bioraznolikost zabilježila skupina kolnjaka (23 svojte) koja je i dominirala tijekom istraživanog razdoblja (91,27 %) (sl. 11). Minimalni broj vrsta zabilježen je u prvoj polovici svibnja (9), a maksimalni u travnju i lipnju (14) (sl. 12). U zimskom razdoblju, zabilježena je manja ujednačenost vrsta, koja se kretala oko srednje vrijednosti od $0,291 \pm 0,095$ u odnosu na proljetno razdoblje kada je zabilježena srednja vrijednost od $0,572 \pm 0,17$ (tablica 7).

Ukupna brojnost jedinki dosegla je maksimum u ožujku (5715 jed/L) nakon čega se nastavio trend pada do kraja istraživanog razdoblja (sl. 13). U sastavu kolnjaka prevladavale su vrste *Keratella cochlearis* (83,2 %) i *Polyarthra* spp. (8,8 %), koje su svoj maksimum brojnosti dosegule u ožujku (*Keratella cochlearis* 4774 jed/L, *Polyarthra* spp. 512 jed/L) (tablica 7). Skupina rašljoticalaca ostvarila je maksimalnu brojnost u ranoproljetnom razdoblju, kada je najbrojnija vrsta, *Bosmina longirostris* (98 %), dosegla svoj maksimum od 86 jed/L (tablica 7). Brojnosti veslonožaca najviše su pridonijele ličinke nauplija čiji je maksimum brojnosti postignut u travnju (183 jed/L) (sl. 13).

Tijekom istraživanog razdoblja dominirali su euplanktonski organizmi čije su jedinice u ranoproljetnom razdoblju bile brojnije i do 324 puta od jedinki semiplanktonskih organizama (sl. 14). Nakon ranoproljetnog razdoblja i brojnost euplanktonskih i semiplanktonskih organizama opada (sl. 14). Ukupnoj brojnosti euplanktonskih organizama najviše su pridonijele vrste *Keratella cochlearis* i *Polyarthra* spp., a semiplanktonskim, vrsta *Brachionus angularis* (tablica 8).

U trofičkoj strukturi zooplanktona prevladavali su Rotifera mikrofiltratori čiji je maksimum postignut u ožujku (15343 jed/L), a ostatak istraživanog razdoblja brojnost se kretala oko srednje vrijednosti od $1477 \pm 1334,77$ jed/L, (sl. 15). Velikoj brojnosti mikrofiltratora najviše je pridonijela vrsta *Keratella cochlearis*. Statistička analiza ukazuje da se brojnost mikrofiltratorskih i makrofiltratorskih oblika kolnjaka prostorno i

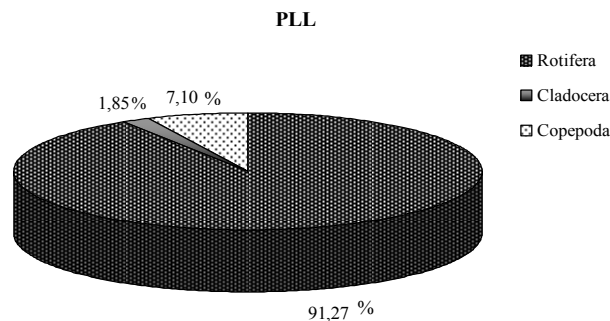
sezonski značajno razlikovala tijekom istraživanja (tablica 2). Trofičkoj strukturi rakova, najviše su pridonijeli makrofiltratorski oblici koji su svoj maksimum postigli u travnju (542 jed/L) (sl. 15).

Tablica 7 Sezonske promjene kvalitativnog i kvantitativnog sastava zooplanktona na postaji PLL

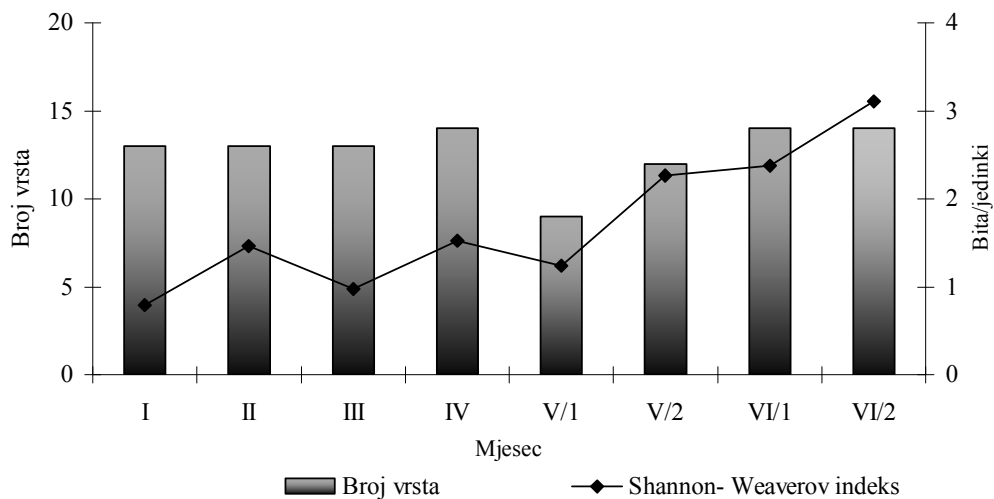
Skupina	Svojta	Mjesec	I	II	III	IV	V/1	V/2	VI/1	VI/2
			Broj jed/L							
Rotifera	<i>Ascomorpha saltans</i>			29,81	1,36	5,44				27,62
	<i>Asplanchna priodonta</i>			29,81	1,36	8,56	77,78	2,83	6,00	3,77
	<i>Brachionus angularis</i>	24,07	20,74	211,47	2,33			0,94	3,33	41,43
	<i>Brachionus bidentatus</i>					1,56				
	<i>Brachionus calciflorus</i>	0,42	1,56	37,96						
	<i>Brachionus patulus</i>									1,26
	<i>Brachionus spinosa</i>			2,71						
	<i>Colurella uncinata</i>								0,67	
	<i>Epiphanes macrorus</i>	9,71								
	<i>Filinia longiseta</i>	1,27	1,30		2,33	2,33	0,94	14,00		1,26
	<i>Hexarthra mira</i>	0,42	0,00							
	<i>Keratella cochlearis</i>	433,62	694,30	4774,27	665,78	1275,56	12,28	132,67		59,01
	<i>Keratella quadrata</i>	0,84	1,30	88,11	5,44	3,89	0,94			
	<i>Lecane luna</i>				0,78		0,94			1,26
	<i>Lecane lunaris</i>				0,78		1,89		1,33	15,07
	<i>Lepadella patella</i>								3,33	
	<i>Mytilina bicarinata</i>	4,22								
	<i>Polyarthra</i> spp.	1,27	11,15	512,40	139,22	3,89		14,67		65,29
	<i>Synchaeta oblonga</i>		23,33	36,60						
	<i>Synchaeta pectinata</i>		76,22	1,36						
<i>Trichocerca bicristata</i>									2,51	
<i>Trichocerca longiseta</i>							2,83	21,33	31,39	
<i>Trichotria pocillum</i>		0,26								
Rotifera ukupno		475,84	859,96	5666,22	832,22	1363,44	23,61	197,33	249,86	
Cladocera	<i>Alona costata</i>			1,36		5,44		55,72	0,67	11,30
	<i>Bosmina longirostris</i>	0,84			3,11	85,56		6,61		
	<i>Scapholeberis kingi</i>	1,27								
Cladocera ukupno	2,11		1,36	3,11	91,00	62,33	0,67	11,30		
Copepoda	<i>Cyclops</i> sp.								2,67	
	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	1,69	0,26	2,71	2,33				2,00	
	kopepodit		9,85	12,20	5,44	68,44	7,56	31,33	8,79	
	nauplij	8,87	56,52	32,53	175,00	105,78	54,78	118,00	45,20	
Copepoda ukupno	10,56	66,63	47,44	182,78	174,22	62,33	154,00	53,99		
UKUPNO ZOOPLANKTON	488,51	926,59	5715,02	1018,11	1628,67	148,28	352,00	316,40		
Margalofov indeks brojnosti vrsta (d)	1,938	1,757	1,387	1,877	1,082	2,200	2,217	2,260		
Pielouov indeks ujednačenosti (J')	0,213	0,396	0,263	0,401	0,391	0,631	0,625	0,815		

Tablica 8 Sezonske promjene kvalitativnog i kvantitativnog sastava euplanktonskih (EP) i semiplanktonskih (SP) vrsta zooplanktona na postaji PLL

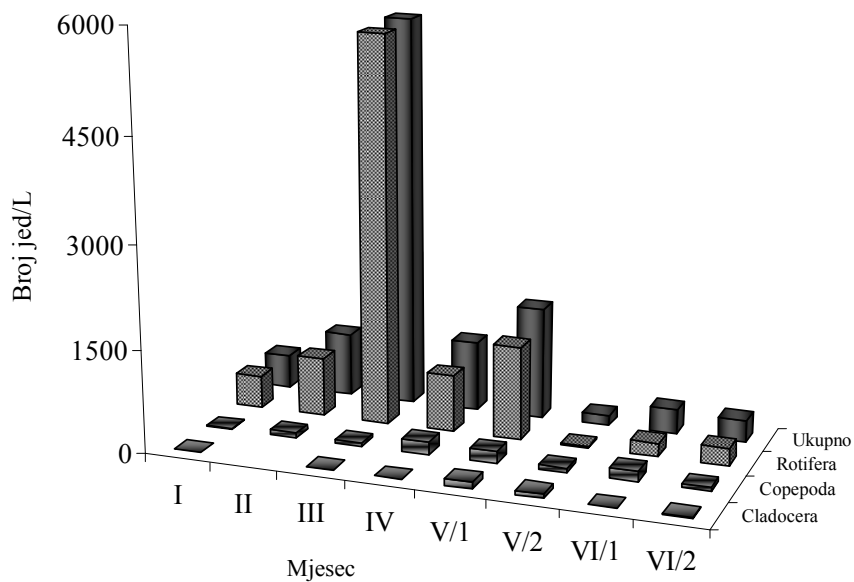
Način život	Skupina	Takson	Mjesec	I	II	III	IV	V/1	V/2	VI/1	VI/2	
				Broj je/L								
EP	Rotifera	<i>Ascomorpha saltans</i>			29,81	1,36	5,44					27,62
		<i>Asplanchna priodonta</i>					8,56	77,78	2,83	6,00	3,77	
		<i>Filinia longiseta</i>	1,27	1,30		2,33	2,33	0,94	14,00	1,26		
		<i>Hexarthra mira</i>	0,42									
		<i>Keratella cochlearis</i>	433,62	694,30	4774,27	665,78	1275,56	12,28	132,67	59,01		
		<i>Keratella quadrata</i>	0,84	1,30	88,11	5,44	3,89	0,94				
		<i>Polyarthra</i> spp.	1,27	11,15	512,40	139,22	3,89		14,67	65,29		
		<i>Synchaeta oblonga</i>		23,33	36,60							
		<i>Synchaeta pectinata</i>		76,22	1,36							
	Rotifera ukupno		437,42	837,41	5414,09	826,78	1363,44	17,00	167,33	156,94		
	Cladocera	<i>Bosmina longirostris</i>	0,84			3,11	85,56	6,61				
	Cladocera ukupno		0,84			3,11	85,56	6,61				
	Copepoda	<i>Cyclops</i> sp.									2,67	
		<i>Eudiaptomus gracilis</i>	1,69	0,26	2,71	2,33					2,00	
koepodit			9,85	12,20	5,44	68,44	7,56	31,33	8,79			
nauplij		8,87	56,52	32,53	175,00	105,78	54,78	118,00	45,20			
Copepoda ukupno		10,56	66,63	47,44	182,78	174,22	62,33	154,00	53,99			
EP ukupno		448,82	904,04	5461,53	1012,67	1623,22	85,94	321,33	210,93			
SP	Rotifera	<i>Brachionus angularis</i>	24,07	20,74	211,47	2,33		0,94	3,33	41,43		
		<i>Brachionus bidentatus</i>				1,56						
		<i>Brachionus calctiflorus</i>	0,42	1,56	37,96						1,26	
		<i>Brachionus patulus</i>			0,00							
		<i>Brachionus spinosa</i>			2,71							
		<i>Colurella uncinata</i>							0,67			
		<i>Epiphanes macrorus</i>	9,71									
		<i>Lecane luna</i>				0,78		0,94		1,26		
		<i>Lecane lunaris</i>				0,78		1,89	1,33	15,07		
		<i>Lepadella patella</i>							3,33			
		<i>Mytilina bicarinata</i>	4,22								2,51	
		<i>Trichocerca bicristata</i>								21,33	31,39	
		<i>Trichocerca longiseta</i>						2,83				
	<i>Trichotria pocillum</i>		0,26									
	Rotifera ukupno		38,42	22,56	252,13	5,44		6,61	30,00	92,91		
	Cladocera	<i>Alona costata</i>			1,36		5,44	55,72	0,67	11,30		
<i>Scapholeberis kingi</i>	1,27											
Cladocera ukupno		1,27		1,36		5,44	55,72	0,67	11,30			
SP ukupno		39,69	22,56	253,49	5,44	5,44	62,33	30,67	104,21			
UKUPNO ZOOLANKTON				488,51	926,59	5715,02	1018,11	1628,67	148,28	352,00	316,40	



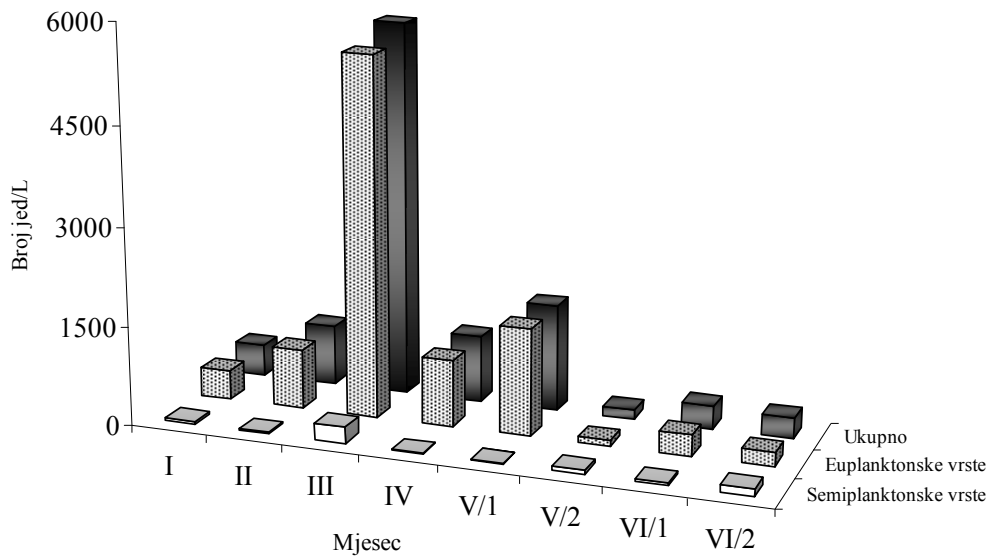
Slika 11 Postotni udio skupina Rotifera, Cladocera i Copepoda u sastavu zooplanktona na postaji PLL



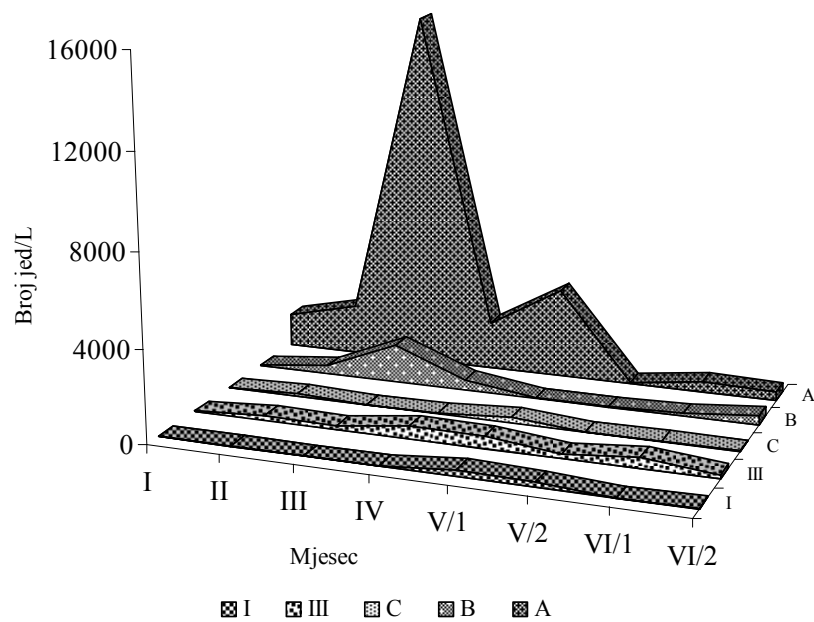
Slika 12 Vremenske promjene Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti (H') na postaji PLL



Slika 13 Vremenske promjene ukupnog broja jedinki, Cladocera, Copepoda i Rotifera na postaji PLL



Slika 14 Vremenske promjene ukupnog broja jedinki, euplanktonskih i semiplanktonskih organizama s obzirom na način života na postaji PLL



Slika 15 Vremenske promjene brojnosti mikrofiltratornih (A), makrofiltratornih (B) i predatorskih (C) vrsta kolnjaka te mikrofiltratornih (I) i makrofiltratornih (III) vrsta rakova na postaji PLL

5.0 RASPRAVA

Abiotički čimbenici u poribljenom rukavcu

Na sezonsku i prostornu raspodjelu zooplanktona utječu abiotički i biotički čimbenici (COTTENIE i sur., 2001; ARORA i MEHRA, 2003; AZEVEDO i BONECKER, 2003; ŠPOLJAR i sur., 2005). Budući da je rukavac malih dimenzija, površine oko 1 ha, fizičko-kemijski parametri ne pokazuju značajne razlike u izmjerenim vrijednostima između litoralne zone i zone slobodne vode, što su utvrdili i drugi autori u plitkim eutrofnim jezerima (ARORA i MEHRA, 2003; CAZZANELLI i sur., 2008).

Zbog slabe prozirnosti u istraživanom rukavcu prisutna je samo emerzna vegetacija. Povezanost izostanaka submerzne vegetacije sa slabom prozirnošću dokazali su u svojim istraživanjima SCHUTTEN i sur. (2005). U ovom istraživanju, najmanja prozirnost vode zabilježena je u svibnju, a to objašnjavam povišenim koncentracijama nitrata i orto-fosfata koji utječu na razvoj fitoplanktona, što doprinosi smanjenju prozirnosti vode. Budući da se radi o poribljenom ekosustavu, visoke koncentracije nitrata i fosfata, zabilježene u proljetnom razdoblju, mogu se objasniti prihranjivanjem ličinki riba (MRAKOVČIĆ i MARČIĆ, 2006). Za prihranu riba najčešće je korištena suspenzija organskog gnoja, što je pretpostavljam, također utjecalo direktno (putem suspendiranih organskih čestica) i indirektno (putem fitoplanktona) na smanjenje prozirnosti. Drugi razlog kojim se može objasniti mala prozirnost je ispiranje nitrata i orto-fosfata s obližnjeg poljoprivrednog zemljišta. Naime, uz rukavac se nalazi poljoprivredno zemljište koje se u proljeće tretira umjetnim gnojivima. Smatram da alohtoni unos nitrata i orto-fosfata ispiranjem tla s obradivih površina utječe na povećanje koncentracije hranjivih tvari u proljetnom razdoblju. Povišena koncentracija hranjivih tvari pogodovala je, također, u proljetnom razdoblju razvoju fitoplanktona, na što ukazuju visoke koncentracije klorofila *a*. Istraživanja koja je proveo MIŠETIĆ (1985) potvrdila su da unos mineralnih gnojiva u ribnjak povećava količinu hranjivih tvari što utječe na veću primarnu, a zatim i na sekundarnu produkciju vodenog ekosustava.. Time se povećava brojnost zooplanktona kojim se hrane ličinke svih trofičkih skupna riba. Povezanost većih

koncentracija hranjivih tvari s razvojem fitoplanktona, potvrdili su u svojim istraživanjima AZEVEDO i BONECKER (2003) te CAZZANELLI i sur. (2008).

Temperatura vode jedan je od važnijih čimbenika koji direktno utječe na strukturu zooplanktona. U ovom istraživanju, indeks bioraznolikosti, na obje postaje, bio je veći u proljetnom u odnosu na zimsko razdoblje čemu su, pretpostavljam, pogodovale više temperature koje su povoljnije mnogim vrstama u odnosu na niske temperature. FERNÁNDEZ-ROSADO i LUCENA (2001) su također potvrdili veću bioraznolikost vrsta u toplijem djelu godine u istraživanjima provedenim u eutrofnoj akumulaciji rijeke Verde (Španjolska).

Koncentracija otopljenog kisika važan je čimbenik u jezerskim ekosustavima, a njegova količina ovisi o temperaturi vode i biogenom prozračivanju. U lipnju kada je temperatura vode bila najviša, na obje postaje zabilježene su najniže koncentracije kisika. Negativnu korelaciju, koju sam utvrdio između temperature i koncentracije kisika potvrđuju i drugi autori (FERNÁNDEZ-ROSADO i LUCENA, 2001; CASTRO i sur., 2005). Pretpostavljam da je nižoj koncentraciji kisika, u litoralnoj zoni, pridonijela i razvijena emerzna vegetacija i priobalno drveće. Stvarajući sjenu nad vodom, manje svjetla dopire do fitoplanktona, čime se smanjuje stopa fotosinteze u vodi što utječe na smanjenje koncentracije kisika. Ovu pretpostavku potvrdila su istraživanja priobalne zone s makrofitima na jezeru Wielkowiejskie (Poljska) KUCZYŃSKE-KIPPEN i KLIMASZYKA (2007).

Povišene KPK vrijednosti u proljetnom razdoblju, na obje istraživane postaje, upućuju na visoku primarnu i sekundarnu produkciju te na povećanu mikrobnu razgradnju. To se može potvrditi i niskim koncentracijama kisika zabilježenim u istom razdoblju, čija se potrošnja povećava prilikom intenzivne mikrobne razgradnje. Slična opažanja potvrdili su i drugi autori (ŠPOLJAR i sur., 2005; LALIĆ, 2007).

Biocenoška struktura zooplanktona poribljenog rukavca rijeke Krapine

Litoralna zona bogata makrofitima najčešće je obilježena većom raznolikošću zooplanktonskih zajednica u odnosu na zonu slobodne vode (KUCZYŃSKA-KIPPEN, 2001; JEPPESEN i sur., 2002). Među makrofitima, zooplanktonski organizmi pronalaze zaštitu od predatorskih vrsta i nove izvore hrane (HORPPILA i NURMINEN, 2001; DUGGAN, 2001; COTTENIE i sur., 2001).

U zoni slobodne vode (PL), velika brojnost jedinki iz skupine kolnjaka zadržala se tijekom čitavog proljetnog razdoblja, a kretala se oko srednje vrijednosti od $1027 \pm 29,80$ jed/L), uz iznimku u drugoj polovici svibnja (97 jed/L). Velika brojnost organizama u zoni slobodne vode može se objasniti malom prozirnošću vode koja je zabilježena tijekom proljetnog razdoblja. Naime, mala prozirnost vode smanjuje predatorski pritisak od strane vizualnih predatora (ličinke riba, male ribe) što rezultira zadržavanjem zooplanktonskih organizama u zoni slobodne vode (CAZZANELLI i sur., 2008). Nadalje, velika brojnost jedinki u zoni slobodne vode može se povezati i s povećanom koncentracijom klorofila *a*, zabilježenom tijekom proljeća. Međutim, koncentracija klorofila *a* i brojnosti jedinki su u negativnoj, iako ne statistički značajnoj korelaciji, što ukazuje na konzumaciju (*grazing*) algi od strane zooplanktona.

Brojnost jedinki u litoralnoj zoni (PLL), u zimskom razdoblju bez emerzne vegetacije, bila je veća ($2376 \pm 2899,35$ jed/L) u odnosu na proljetno razdoblje s razvijenom emerznom vegetacijom ($692 \pm 619,77$ jed/L). Ovo se ne podudara s istraživanjem koje je proveo DUGGAN (2001) u kojem je veća brojnost jedinki zabilježena u razdoblju s razvijenom vegetacijom. Naime, litoralna zona rukavca rijeke Krapine obilježena je uskim pojasom emerznih makrofita što je posljedica vrlo velikog nagiba obale. U sastavu makrofita dominiraju vrste s jednostavnom građom stabljike koje, pretpostavljam, nisu pružale raznolika mikrostaništa niti raznolike izvore hrane zooplanktonskim organizmima, što je rezultiralo manjim brojem jedinki u litoralnoj zoni u vegetacijskom razdoblju emerznih makrofita.

Najveću brojnost i raznolikost, na obje postaje, postigla je skupina kolnjaka, čemu su najviše pridonijele vrste: *Keratella cochlearis* i *Polyarthra* spp. Vrsta *Keratella cochlearis* pripada skupini mikrofiltratora – sedimentatora koji se hrane suspenzijom bakterija i detritusa, (veličina čestica od 1 do 3 μm), a vrsta *Polyarthra* spp. skupini makrofiltratora koji se hrane nanofitoplanktonskim algama (veličina čestica 20 do 30 μm). Budući da pripadaju različitim trofičkim skupinama, ove dvije vrste nisu u kompeticiji za hranu, stoga dolaze u koegzistentnciji na istom prostoru. MIŠETIĆ (1985) je veliku brojnost vrsta rodova *Keratella* i *Polyarthra* objasnio unosom mineralnih gnojiva u ribnjake. Mineralnim gnojivima, unose se veće količine nitrata i orto-fosfata koji utječu na povećanje primarne i sekundarne produkcije, što pogoduje rastu trofije ekosustava. Istraživanja drugih autora također potvrđuju da je velika brojnost određenih vrsta posljedica povećanja stupnja trofije vodenog ekosustava (KARABIN, 1985; CASTRO i sur., 2005; MAY i O'HARE, 2005).

Rašljoticalci su povećanu brojnost ostvarili u svibnju u zoni slobodne vode. Jedan od mogućih razloga je smanjena prozirnost vode, koja utječe na smanjenu vidljivost plijena (rašljoticalaca) od strane ličinačkih stadija i adultnih riba, što doprinosi većoj brojnosti ove skupine u zoni slobodne vode. Ovu pretpostavku potvrdili su u svojim istraživanjima CAZZANELLI i sur. (2008). U zoni slobodne vode, u drugoj polovici svibnja, porastom broja rašljoticalaca, smanjila se brojnost kolnjaka. Ovakvu raspodjelu, WICKHAM i GILBERT (1980) objašnjavaju kompeticijom za zajedničke izvore hrane između kolnjaka i rašljoticalaca, tzv. eksploatacijska kompeticija, koja rezultira supresijom kolnjaka u zoni slobodne vode, dok su u litoralnoj zoni kolnjaci uspješniji u iskorištavanju otopljene organske tvari kao izvora hrane.

Najveća brojnost rašljoticalaca u litoralnoj zoni, postignuta je u prvoj polovici svibnja kada je zabilježena najveća prozirnost vode. Budući da velika prozirnost vode veće oblike zooplanktona čini vidljivijima za vizualne predatore, skupina rašljoticalaca prisiljena je migrirati u litoralnu zonu (ESTLANDER i sur., 2009). Ukupnoj brojnosti čega u litoralnoj zoni najviše je pridonijela vrsta *Bosmina longirostris*, čiju prisutnost u ovom

području mnogi autori navode kao indikator predatorskog pritiska od strane riba (BERZNEŠ i BERTILSSON, 1990; ESTLANDER i sur., 2009).

Za razliku od rašljoticalaca, tijekom veće prozirnosti u lipnju, u zoni slobodne vode, zabilježena je velika brojnost skupine veslonožaca. Jedna od pretpostavki je ta, da je skupina veslonožaca pod manjim utjecajem predatora (riba) što se pripisuje njihovoj sposobnosti brzog plivanja. Rezultati istraživanja koja su proveli CAZZANELLI i sur. (2008) na eutrofnom jezeru s emerznom vegetacijom (Danska) također potvrđuju da je skupina veslonožaca pod manjim predatorskim pritiskom od strane riba, jer imaju bolju sposobnost bijega.

6.0 ZAKLJUČAK

Prema dobivenim rezultatima istraživanja zooplanktonktonskih skupina organizama, kolnjaka (Rotifera), rašljoticalaca (Cladocera) i veslonožaca (Copepoda) provedenih u litoralnoj zoni i zoni slobodne vode rukavca rijeke Krapine, u razdoblju od siječnja do lipnja 2008. godine, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Na postaji PL, u zoni slobodne vode determinirano je 27 svojti, od čega je skupini kolnjaka pripadalo 19, a rašljoticalcima i veslonoščima po 4 svojte. Ukupna brojnost jedinki, na postaji PL, kretala se u rasponu od 359 do 1711 jed/L. Srednja vrijednost skupine kolnjaka bila je $831 \pm 495,58$ jed/L. U sastavu kolnjaka prevladavale su vrste *Keratella cochlearis*, sa srednjom vrijednošću od $552 \pm 306,85$ jed/L i *Poyarthra* spp., sa srednjom vrijednošću od $121 \pm 162,09$ jed/L. Kod skupine rašljoticalaca srednja vrijednost ukupnog broja jedinki iznosila je $86 \pm 161,30$ jed/L, a najveći udio u njihovoj brojnosti imala je vrsta *Bosmina longirostris* (75 do 100%). Ukupna brojnost skupine veslonožaca oscilirala je oko srednje vrijednosti od $132 \pm 132,83$ jed/L, a najveću brojnost postigao je ličinački stadij nauplija (38 do 100%). Tijekom istraživanog razdoblja na ovoj su postaji dominirali euplanktonski organizmi (90 do 100%).
- U litoralnoj zoni, na postaji PLL, determinirano je ukupno 30 svojti zooplanktonskih organizama, od čega su skupini kolnjaka pripadale 23 svojte, skupini veslonožaca 4 svojte i skupini rašljoticalaca 3 svojte. Ukupna brojnost jedinki kretala se u rasponu od 148 do 5715 jed/L. Najveću brojnost jedinki, zabilježila je skupina kolnjaka (24 do 5666 jed/L). u sezonskim promjenama brojnosti kolnjaka najveći je udio postigla vrsta *Keratella cochlearis* (52 do 24%). Najmanju brojnost od istraživanih skupina na ovoj postaji zabilježili su rašljoticalaci (1 do 91 jed/L). Brojnost veslonožaca kretala se u rasponu od 10 do 182 jed/L, čemu su najviše pridonijele ličinke nauplija. S obzirom na način života, na postaji PLL dominirali su euplanktonski organizmi (58 do 98 %).

- U trofičkoj strukturi zooplanktona na obje postaje dominirali su mikrofiltratori i kod kolnjaka i kod rakova. *K. cochlearis* pridonijela je najvećoj brojnosti mikrofiltratora u kolnjaka, a *B. longorostris* u rakova. Od makrofiltratora kod kolnjaka, dominirale su vrste roda *Polyarthra*, a kod rakova ličinački stadij nauplija.
- Temperatura i ponuda hrane utjecali su u najvećoj mjeri na sezonske promjene u sastavu zooplanktona. Ovi čimbenici utjecali su, na obje postaje, na veću raznolikost vrsta u proljetnom u odnosu na zimsko razdoblje.
- Na horizontalnu raspodjelu zooplanktona utjecali su: prozirnost vode, predatorski pritisak od strane riba, odsutnost/pojava emerzne vegetacije. Velika brojnost i raznolikost zooplanktonskih organizama u zoni slobodne vode posljedica je: (i) male prozirnosti vode, koja je smanjila predatorski pritisak od strane vizualnih predatora (riba); (ii) uskog pojasa emerzne vegetacije (jednostavnog habitusa) koji pruža manju raznolikost mikrostaništa i izvora hrane zooplanktonskim organizmima.
- Rezultati ovog rada ukazuju da je prozirnost vode u najvećoj mjeri utjecala na promjene abiotičkih i bioičkih čimbenika u rukavcu rijeke Krapine te da zona emerzne vegetacije nije neizostavno područje veće brojnosti i raznolikosti vrsta.

7.0 LITERATURA

AMOROS C., 1984. Crustaceans cladoceres, Bull. Soc. Linn., Lyon, 3/4, 1 – 63.

APHA 1985, Standard methods for the examination of water and waste. 12th ed. American Public Health Association. New York.

ARORA J. i MEHRA N. K., 2003. Seasonal dynamics of rotifers in relation to physical and chemical conditions of the river Yamuna (Delhi), India. Hydrobiologia 491: 101-109.

AZEVEDO F. i BONECKER C. C., 2003. Community size structure of zooplanktonic assemblages in three lakes on the upper River Parana floodplain. Hydrobiologia 505: 147-158.

BERZNEŠ B. i BERTILSSON J., 1990. Occurrence of limnic microcrustaceans in relation to pH and humic content in Swedish water bodies. Hydrobiologia 199: 65-71.

BOGDAN K. G. i GILBERT J. J., 1987. Quantitative comparison of food niches in some freshwater zooplankton. Oecologia 72: 331 – 340.

BREITIG, G. i TÜMPLING, W. 1982: Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung. Band II: Biologische, mikrobiologische und toxikologische Methoden. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.

BURKS R. L., JEPPESEN E. i LODGE D. M., 2001. Littoral zone structures as *Daphnia* refugia against fish predators. Limnology and Oceanography 46: 230-237.

BURNS C.W. i GILBERT J.J. 1986. Effects of daphnid size and density on interference between *Daphnia* and *Keratella cochlearis*. Limnology and Oceanography 31: 848-858.

CASTRO B. B., ANTUNES S. C., PEREIRA R., SOARES A. M. V. M. i GONÇALVES S. i F., 2005. Rotifer community structure in three shallow lakes: seasonal fluctuations and explanatory factors. *Hydrobiologia* 543: 221-232.

CAZZANELLI M., WARMING T. P. i CHRISTOFFERSEN K. S., 2008. Emergent and floating-leaved macrophytes as refuge for zooplankton in a eutrophic temperate lake without submerged vegetation. *Hydrobiologia* 605: 113-122.

COTTENIE K., NUYTTEN N., MICHELS E. i DE MEESTER L., 2001. Zooplankton community structure and environmental conditions in a set of interconnected ponds. *Hydrobiologia* 442: 339-350.

DUGGAN I. C., 2001. The ecology of periphytic rotifers. *Hydrobiologia* 446/447: 139-148.

DUMONT, H. J. 1977. Biotic factors in the population dynamics of rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih.* 8: 98-122.

EINSLE U., 1993. Crustacea, Copepoda, Calanoida und Cyclopoida. Gustav Fischer Verlag, Berlin.

EL-SHABRAWY G. M. i DUMONT H. J., 2003. Spatial and seasonal variation of the zooplankton in the coastal zone and main khors of Lake Nasser (Egypt). *Hydrobiologia* 491: 119-132.

ESTLANDER S., NURMINEN L., OLIN M., VINNI M. i HORPPILA J., 2009. Seasonal fluctuations in macrophyte cover and water transparency of four brown-water lakes: implications for crustacean zooplankton in littoral and pelagic habitats. *Hydrobiologia* 620: 109-120.

FELDMANN T. i NÖGES P., 2007. Factors controlling macrophyte distribution in large shallow Lake Vörtsjärv. *Aquatic Botany* 87: 15–21.

FERNÁNDEZ-ROSADO M. J. i LUCENA L., 2001. Space-time heterogeneities of the zooplankton distribution in La Concepción reservoir (Istán, Málaga; Spain). *Hydrobiologia* 455: 157-170.

GILBERT J. J., 1988. Suppression of rotifers populations by *Daphnia*: a review of the evidence, the mechanisms, and the effects on zooplankton community structure. *Limnology and Oceanography*. 133: 1286 – 1303.

GILBERT J. J. i STEMBERGER R. S. 1985. Prey capture in the rotifer *Asplanchna girodi*. *Verh. Internat. Ver. Limnol.* 22: 2997-3000.

HORPPILA J., i NURMINEN L., 2005. Effects of different macrophyte growth forms on sediment and resuspension in a shallow lake. *Hydrobiologia* 545:167–175.

HORPPILA J. i NURMINEN L., 2001. The effect of an emergent macrophyte (*Typha angustifolia*) on sediment resuspension in a shallow north temperate lake. *Freshwater Biology* 46: 1447-1455.

JEPPESEN E., SØNDERGAARD¹ M., SØNDERGAARD² M., CHRISTOFFERSEN K., THEIL-NIELSEN J. i JÜRGENS k., 2002. Cascading trophic interactions in the littoral zone: an enclosure experiment in shallow Lake Stigsholm, Denmark. *Arch. Hydrobiol.* 153: 533-555.

KARABIN A., 1985. Pelagic zooplankton (Rotatoria + Crustacea) variations in the proces of lake eutrophication. I. Structural and quantitative features, *Ekol. pol.* 33: 567 – 616.

KARABIN A., EJSMONT-KARABIN J. i KORNATOWSKA R., 1997. Eutrophication processes in a shallow, macrophyte-dominated-lake-factors influencing zooplankton structure and density in Lake Łuknajno (Poland). *Hydrobiologia* 342/343: 401-409.

KEROVEC M. (1988) *Ekologija kopnenih voda*

KUCZYŃSKA-KIPPEN N., 2001. Diurnal vertical distribution of rotifers (Rotifera) in the *Chara* zone of Budzyńskie Lake, Poland. *Hydrobiologia* 446/447: 195-201.

KUCZYŃSKA-KIPPEN N. i NAGENGAST B., 2003. The impact of the spatial structure of hydromacrophytes on the similarity of rotifera communities (Budzyńskie Lake, Poland). *Hydrobiologia* 506-509: 333-338.

KUCZYŃSKA-KIPPEN N. i KLIMASZYK P., 2007. Diel microdistribution of physical and chemical parameters within the dense *Chara* bed and their impact on zooplankton. *Biologia, Bratislava* 62/4: 432-437.

LALIĆ I., 2007. Funkcionalna organizacija zooplanktona u rukavcu rijeke Krapine. Diplomski rad. Diplomski rad. PMF Sveučilišta u Zagrebu. 31 pp.

MAY L. i O'HARE M., 2005. Changes in rotifer species composition and abundance along a trophic gradient in Loch Lomond, Scotland, UK. *Hydrobiologia* 546: 397-404.

MIŠETIĆ S., 1985. Dinamika populacija kolnjaka u planktonu šaranskih ribnjaka. Doktorski rad Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

MONAHAN C. i CAFREY J. M., 1996. The effect of weed control practices on macroinvertebrate communities in Irish Canals. *Hydrobiol.*, 340: 205 – 211.

MRAKOVČIĆ M., MARČIĆ Z., 2006. Ribolovno gospodarska osnova. Mjere za unapređenje slatkovodnog ribarstva na ribolovnom području ŠRD "Šaran" Zaprešić.

NURMINEN L., HORPPILA J. i TALLBERG P., 2001. Seasonal development of the cladoceran assemblage in a turbid lake: role of emergent macrophytes. *Archiv für Hydrobiologie* 151: 127-140.

NURMINEN L., HORPPILA J. i PEKCAN-HEKIM Z., 2007. Effect of light and predator abundance on the habit choice of plant-attached zooplankton. *Freshwater Biology* 52. 539-548.

NUSCH EA, 1980. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Arch. Hydrobiol. Beih.* 14: 14-36.

PIRIA M., 2007. Ekološki i biološki čimbenici ishrane ciprinidnih vrsta riba iz rijeke Save. Doktorski rad Agronoskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

POURRIOT, R. 1977. Food and feeding of Rotifera. *Arch. Hydrobiol. Beih.* 8: 243 - 260.

RIGLER F. H. i PETERS R. H. 1995. Science and Limnology. In Kinne, O. (ed.), *Excellence in Ecology*. Ecology Institute, Oldendorf: 239 pp.

SCHUTTEN J., DAINY J i DAVY A. J, 2005. Root anchorage and it's significance for submerged plants in shallow lakes. *Journal of Ecology* 93: 556–571.

SHANNON, C. E. i WEAVER W., 1949: *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.

SØNDERGAARD M., JEPPESEN E., LAURIDSEN T. L., SKOV C., Van NES E. H., ROIJACKERS R., LAMMENS E. i PORTIELJE R., 2007. Lake restoration: successes, failures and long-term effects. *Journal of Applied Ecology* 44: 1095–1105.

STEMBERGER R. S. i GILBERT J. J. 1987. Defenses of planktonic rotifers against predators. In Predation: Direct and Indirect Impacts on Aquatic Communities. University Press of New England, Hanover, New Hampshire. pp. 227-239.

STEMBERGER R. S. i GILBERT J. J., 1984. Spine development in the *Keratella cochlearis*: induction by cyclopoid copepods and *Asplanchna*. Freshwater Biology 14: 639 – 647.

ŠPOLJAR M., 2003. Pronos sestona u kaskadnom sustavu Plitvičkih jezera. Doktorski rad Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

ŠPOLJAR M., HABDIJA I., PRIMC-HABDIJA B., SIPOS L., 2005. Impact of Environmental Variables and Food Availability on Rotifer Assemblage in the Karstic Barrage Lake Visovac (Krka River, Croatia). Hydrobiologia 90: 555-579.

VAN de HATERD R. J. W. i TER HEERDT G. N. J., 2007. Potential for the development of submerged macrophytes in eutrophicated shallow peaty lakes after restoration measures. Hydrobiologia 584:277–290.

VOIGT M. i KOSTE W., 1978. Die Rädertiere Mitteleuropas. Gebrüder Borntraeger. Berlin, Stuttgart

WICKHAM S. A. i GILBERT J. J., 1980. Relative vulnerability of natural rotifer and ciliate communities to cladocerans: laboratory and field experiments. Freshwater Biology 26: 77 – 86.

Internet stranice:

www.fishbase.com

www.ribe-hrvatske.com