

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Aleksandar Popijač

MAKROZOOBENTOS I TROFIČKA OBILJEŽJA
AKUMULACIJA JEZERO I PONIKVE
NA OTOKU KRKU

Magistarski rad
predložen Biološkom odsjeku
Prirodoslovno-matematičkoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
radi stjecanja akademskog stupnja
magistra prirodnih znanosti (iz polja biologije)

Zagreb, 2003.

Ovaj je magistarski rad izrađen u Zoologijskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom prof. dr. sc. Mladena Kerovca, u sklopu Sveučilišnoga poslijediplomskog studija pri Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Veliku zahvalnost dugujem mentoru prof. dr. sc. Mladenu Kerovcu koji mi je omogućio rad na projektima u sklopu kojih je izrađen ovaj magistarski rad. Zahvalan sam mu na pomoći pri izboru teme, terenskim istraživanjima, obradi uzoraka skupine Oligochaeta te za nesebične stručne savjete, podršku i strpljivost prilikom pisanja teksta.

Posebnu zahvalu dugujem svojim kolegama, djelatnicima laboratorija za ekologiju životinja prof. dr. sc. Vladimiri Tavčar, doc. dr. sc. Ivančici Ternjej, doc. dr. sc. Zlatku Mihaljeviću, dr. sc. Sanji Gottstein Matočec, dr. sc. Mladenu Kučiniću, dipl. ing. Krešimiru Žganecu, dipl. ing. Ani Previšić i Vladimiru Bartovskom za pruženu veliku pomoć i podršku prilikom terenskih istraživanja, određivanja pojedinih skupina vodenih beskralješnjaka te na raspravama o smislu i obliku ovog rada.

Prof. dr. sc. Anđelka Plenković-Moraj je, višestrukim i pažljivim čitanjem raznih radnih verzija teksta te ukazivanjem na brojne greške i nelogičnosti, imala jako veliku ulogu u konačnom oblikovanju ovog rada te sam joj na tome neizmjereno zahvalan.

Prof. dr. sc. Ivanu Habdiji zahvaljujem na pažljivom čitanju ovog rada i korisnim stručnim savjetima te na potvrđivanju mojih nada da ovaj rad ima svoju ideju i smisao.

Zahvaljujem i svim ostalim članovima Zoologijskog i Botaničkog zavoda koji su na bilo koji način pomogli i olakšali izradu ovog rada.

Zahvaljujem svojim roditeljima na beskrajnoj podršci i razumijevanju te im posvećujem ovaj rad.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Što je to plitko jezero?	2
1.2. Metabolizam plitkih jezera	3
1.3. Makrozoobentos u plitkim jezerima	5
1.3.1. Važnost bentosa u hranidbenim mrežama	5
1.3.2. Kompeticija za hranu	7
1.3.3. "Top-down" kontrola puževa i obraštaja	9
1.3.4. Utjecaj podvodne vegetacije na makrozoobentos	12
1.3.5. Utjecaj makrozoobentosa na dinamiku nutrijenata	15
1.4. Cilj istraživanja	16
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	18
2.1. Obilježja i povijest istraživanja akumulacije Jezero	19
2.2. Obilježja i povijest istraživanja akumulacije Ponikve	22
3. MATERIJAL I METODE	26
3.1. Određivanje fizikalno-kemijskih obilježja vode u akumulacijama	26
3.2. Uzorkovanje makrozoobentosa	27
3.3. Korištene statističke metode	28
4. REZULTATI	31
4.1. Fizikalno-kemijska obilježja vode	31
4.1.1. Fizikalno-kemijska obilježja vode u akumulaciji Jezero	31
4.1.2. Fizikalno-kemijska obilježja vode u akumulaciji Ponikve	33
4.2. Makrozoobentos	48
4.2.1. Makrozoobentos u akumulaciji Jezero	49
4.2.2. Makrozoobentos u akumulaciji Ponikve	49
5. RASPRAVA	74
6. ZAKLJUČAK	87
7. LITERATURA	90
8. ŽIVOTOPIS	100

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Magistarska teza

**MAKROZOOBENTOS I TROFIČKA OBILJEŽJA AKUMULACIJA
JEZERO I PONIKVE NA OTOKU KRKU**

ALEKSANDAR POPIJAČ

Zoologijski zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu,
Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Istraživanje makrozoobentosa u plitkim (srednja dubina oko 3 m) akumulacijama Jezero (37 ha) i Ponikve (87.5 ha) na najvećem (409.9 km²) jadranskom otoku Krku (45° 10' N, 14° 33' E) provedeno je tijekom 2000. i 2001. godine kao dio biološko-ekoloških istraživanja podobnosti ovih akumulacija za vodoopskrbu.

Uzorkovanja su obavljana jednom mjesečno od studenog 2000. do listopada 2001. godine. Kvantitativni uzorci makrozoobentosa sabirani su grabilom tipa Ekman (zahvatne površine 0.01 m²) na pet postaja u akumulaciji Jezero (s 0.5-11 m dubine) i na četiri postaje u akumulaciji Ponikve (s 0.5-7 m dubine). Istovremeno s uzorkovanjem makrozoobentosa mjereni su i fizikalno-kemijski parametri: količina, zasićenje i biološka potrošnja kisika, temperatura, pH, ukupne otopljene soli, elektroprovodljivost, količina nitrata, nitrita, amonijaka, ortofosfata, aluminija, klorofila *a* te prozirnost vode.

Usporedbom s rezultatima prethodnih istraživanja (iz 1980ih i 1990ih) uočene su neke promjene u akumulacijama. Zamjetno je postupno povećanje količine nutrijenata i ukupne produkcije. Uočene su i značajne razlike u sastavu i brojnosti zajednica makrozoobentosa i podvodne makrovegetacije između istraživanih akumulacija. Nekad raznolika i brojna (šest svojti 1980ih) podvodna makrovegetacija potpuno je nestala u akumulaciji Jezero. Broj svojti, prosječna raznolikost i prosječna gustoća makrozoobentosa mnogo su manje u akumulaciji Jezero (25 svojti, $H'=0.65$, 545 jedinki m⁻²) nego u akumulaciji Ponikve (57 svojti, $H'=1.56$, 9340 jedinki m⁻²).

Uočene promjene i razlike između istraživanih akumulacija mogle bi biti rezultat prirodnih eutrofikacijskih procesa (akumulacija Jezero mnogo je starija) i prijelaza plitkog jezera iz stanja bistre vode s bujnom podvodnom vegetacijom u stanje mutne vode bez vegetacije. Dodatan uzrok, mogla bi biti i dugogodišnja visoka koncentracija aluminija u vodi i sedimentu akumulacije Jezero, kao dokaz utjecaja čovjeka na akumulaciju od 1970ih do danas.

(100 stranica, 55 slika, 8 tablica, 126 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Nacionalnoj i Sveučilišnoj knjižnici, Av. Hrvatske bratske zajednice bb, 10000 Zagreb

Ključne riječi: makrozoobentos / plitka jezera / trofička obilježja

Mentor: Dr. sc. Mladen Kerovec, redovni profesor

Ocjenjivači: Dr. sc. Anđelka Plenković-Moraj, izvanredni profesor
Dr. sc. Mladen Kerovec, redovni profesor
Dr. sc. Ivan Habdija, redovni profesor

Rad prihvaćen: 13. listopada 2003. godine

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Master of Science Thesis

**MACROZOOBENTHOS AND TROPHIC CHARACTERISTICS OF
JEZERO AND PONIKVE RESERVOIRS ON KRK ISLAND**

ALEKSANDAR POPIJAC

Division of Zoology, Faculty of Science, University of Zagreb, Rooseveltov trg 6, HR-10000 Zagreb, Croatia

Investigation of the macrozoobenthos in two shallow (mean depth approx. 3 m) Mediterranean lakes, Jezero (37 ha) and Ponikve (87.5 ha), was done during 2000 and 2001 as a part of biological-ecological study of their suitability for water supply on Krk Island (45° 10' N, 14° 33' E, 409.9 km²).

Sampling was done monthly from November 2000 to October 2001. Quantitative samples of macrozoobenthos were collected at five stations in Lake Jezero (from 0.5-11 m depth) and at four stations in Lake Ponikve (from 0.5-7 m depth) using an Ekman grab (sampling area 0.01 m²). Physico-chemical parameters (dissolved oxygen, oxygen saturation, biological oxygen demand, temperature, pH, total dissolved solids, conductivity, nitrate, nitrite, ammonium, orthophosphate, aluminium, chlorophyll *a* and transparency) were also measured.

Comparing to previous investigations (from 1980s and 1990s) some changes, like gradual increase of dissolved nutrients and total production, were noticed in both lakes. Considerable differences between Lake Jezero and Lake Ponikve were noticed in the community structure of macrozoobenthos and submerged vegetation. Once diverse and lush (six taxa in 1980s), submerged vegetation is recently totally absent in Lake Jezero. Species richness, average macrozoobenthos diversity and average abundance are recently much lower in Lake Jezero (25 taxa, $H'=0.65$ and 545 ind. m⁻²) than in Lake Ponikve (57 taxa, $H'=1.56$ and 9340 ind. m⁻²).

Natural eutrophication processes (Lake Jezero is much older) in the shallow lake and its shift from vegetation-dominated clear water state to turbid non-vegetated state could be the reason for differences between investigated lakes. An additional reason could be the long-lasting high water and sediment concentration of aluminium in Lake Jezero, as evidence of anthropoid influence from 1970s to the present.

(100 pages, 55 figures, 8 tables, 126 references, original in Croatian)

Thesis deposited in National and University Library, Av. Hrvatske bratske zajednice bb, HR-10000 Zagreb, Croatia

Keywords: macrozoobenthos / shallow lakes / trophic characteristics

Supervisor: Mladen Kerovec, PhD, Professor

Reviewers: Anđelka Plenković-Moraj, PhD, Professor
Mladen Kerovec, PhD, Professor
Ivan Habdija, PhD, Professor

Thesis accepted: October 13, 2003

1. UVOD

Gledajući u vodu plitkog jezera ili bare može se imati kristalno čist pogled na podvodno bilje, naglo pobjegle ribe i sitne životinje koje jure naokolo. Ipak, najčešće je voda tamna i mutna zbog cvjetanja algi i suspendiranih čestica sedimenta, skrivajući od pogleda ono što se u njemu događa. Značajno je da su relativno rijetke situacije između ova dva ekstrema. Taj utisak bi mogao proizlaziti iz ljudske ustrajne sklonosti ka dihotomiziranju pri pokušajima pojednostavljivanja svijeta oko nas, ali istraživanja ipak ukazuju da u ovom slučaju ipak ima nešto istine u dihotomiji.

Ova dva moguća stanja jezerske vode predstavljaju snažno suprotstavljajuća stanja životne zajednice u vodi, te oba imaju stabilizirajuće mehanizme povratne sprege. U stanju mutne vode, razvoj podvodne vegetacije je spriječen slabim prodorom svjetlosti. Nezaštićeni sediment je učestalo resuspendiran kretanjima valova i ribama, koje tražeći hranu po dnu uzrokuju daljnje smanjivanje prozirnosti vode. Pošto nema biljaka koje bi mogle poslužiti kao zaklon, ribe predacijom zooplanktona toliko smanjuju njegovu gustoću da on više nije u stanju kontrolirati cvjetanje algi. Nasuprot tome, stanje bistre vode u eutrofnim plitkim jezerima obilježeno je dominacijom vodenih makrofita. Naselja vodenog bilja sprečavaju resuspenziju sedimenta, uklanjaju nutrijente iz vode te osiguravaju zaklon zooplanktonu od riblje predacije.

Imajući u vidu ove mehanizme povratne sprege ne iznenađuje činjenica da plitka jezera ne slijede jednostavna pravila, kao npr. klasičnu povezanost biomase algi s opterećenjem nutrijentima. Odgovor plitkih jezera na eutrofikaciju češće je "katastrofičan" nego blag i poznato je za mnoga jezera da su, bez očitog vanjskog utjecaja, ponavljano prelazila iz stanja bistre vode u stanje mutne vode i obrnuto. S obzirom na relativnu zapostavljenost plitkih jezera u limnološkoj literaturi, ovo njihovo potpuno različito ponašanje očito je kroz duže vrijeme više obeshrabrivalo nego privlačilo interes istraživača. Čak i u zemljama gdje su skoro sva jezera plitka, npr. u Danskoj i Nizozemskoj, limnološka istraživanja tradicionalno su bila potpuno usredotočena na nekoliko dostupnih dubokih jezera. Ta se situacija ipak promijenila tijekom zadnjeg desetljeća (SCHEFFER, 1998).

Slična je situacija i u Hrvatskoj, koja obiluje plitkim stajaćicama, ali nisu ni približno toliko istražene kao što su to brojna dublja jezera. Svrha ovog rada je i da malo potakne brojnija i

detaljnija istraživanja naših plitkih stajaćica, uzimajući u obzir sve njihove posebnosti i razlike od onih dubokih, na koja se uglavnom odnosi tradicionalna limnologija stajaćica.

1.1. Što je to plitko jezero?

Limnologija se tradicionalno uglavnom bavi jezerima s ljetnom stratifikacijom. Ljetna termalna stratifikacija u velikoj mjeri odvaja gornje slojeve toplije i lakše vode (epilimnij) od hladnije i teže dubinske vode (hipolimnij), te od interakcije sa sedimentom. Utjecaj makrofita na zajednicu u takvim jezerima je relativno malen pošto je rast biljaka ograničen na relativno usku rubnu zonu (SCHEFFER, 1998).

Ovaj se rad bavi istraživanjem funkcioniranja jezera koja mogu biti u velikoj mjeri naseljena makrofitima i koja nemaju duga razdoblja ljetne termalne stratifikacije. Takav tip jezera, u kojima se cijeli stupac vode učestalo miješa, obilježava se i kao polimiktičan. Prosječna dubina istraživanih jezera kreće se oko 3 m, što ih također svrstava u skupinu plitkih jezera (uglavnom do prosječne dubine od 3 m). Intenzivna sediment-voda interakcija i potencijalno velik utjecaj vodene vegetacije čine funkcioniranje plitkih jezera u mnogim aspektima mnogo drugačije nego što je to u dubokim jezerima.

U mnogim su područjima plitka jezera mnogo učestalija od dubokih jezera. Brojna se plitka jezera nalaze npr. na rubu nekadašnjeg ledenog pokrivača iz zadnjeg ledenog doba. Ljudske aktivnosti, kao što su iskapanje ugljena, pijeska, šljunka ili gline, također su stvorile znatan broj plitkih jezera, ribnjaka i bara. U literaturi često korišten naziv "wetlands" odnosi se na plitka jezera i njima susjedna močvarna područja. Opće je poznata činjenica da su takva staništa bogata divljim životinjama. U gusto naseljenim područjima čak i mala jezera mogu biti vrlo važna s rekreacijskog stanovišta jer ribolov, plivanje, vožnja čamcima i promatranje ptica privlače velik broj ljudi, potencijalnih korisnika jezera.

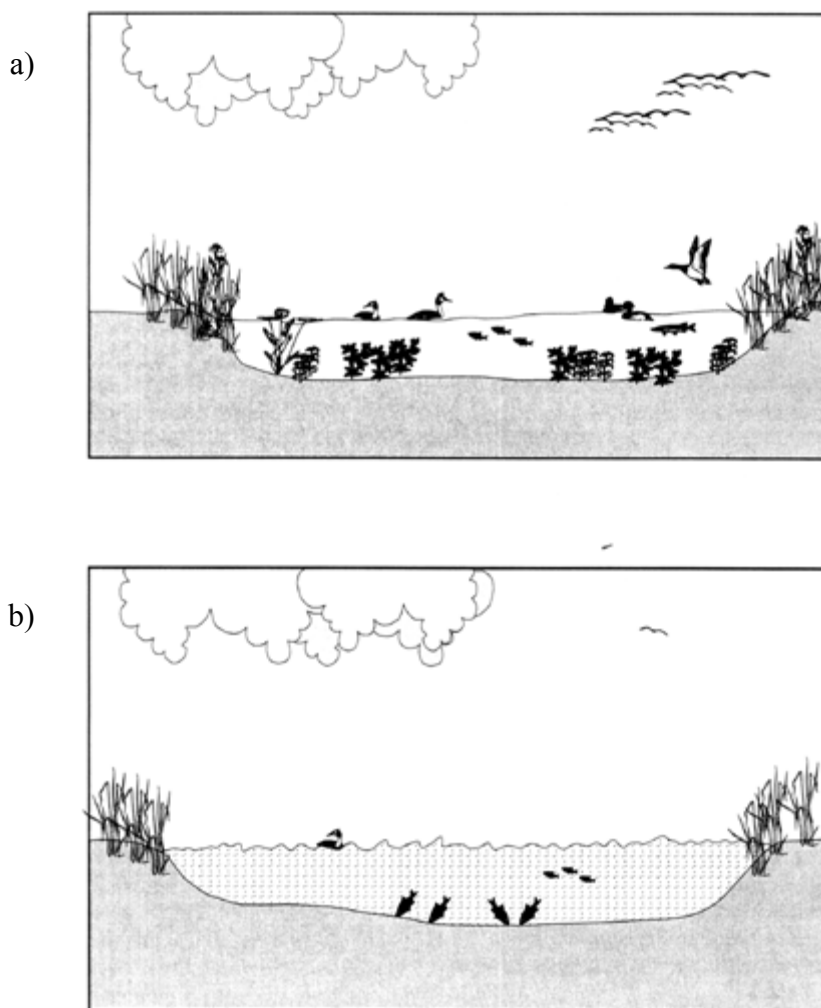
Tijekom zadnjeg stoljeća, brojnost i kakvoća plitkih stajaćica dramatično su se smanjile. Isušivanje u poljoprivredne svrhe značajno je smanjilo broj plitkih stajaćica širom svijeta, dok je eutrofikacija temeljito izmijenila karakter mnogih životnih zajednica u plitkim stajaćicama.

1.2. Metabolizam plitkih jezera

Prvobitno stanje većine plitkih jezera vjerojatno je ono bistre vode i bujne vodene vegetacije. Opterećenje nutrijentima je u mnogim slučajevima promijenilo takvu situaciju. Jezera su prešla iz stanja bistre, u stanje mutne vode, a s povećanjem zamućenja podvodne su biljke u velikoj mjeri nestale. Slijed promjena nastalih tijekom eutrofikacije je vrlo rijetko dobro dokumentiran, ali se većina istraživača iz tog područja slaže oko nekih elemenata (MOSS, 1998). Plitka jezera s niskim sadržajem nutrijenata obično su obrasla vegetacijom u kojoj dominiraju relativno male biljke. S povećanim dotokom nutrijenata biomasa vodenih makrofita raste te biljke postaju dominantne ispunjavajući cijeli stupac vode ili se njihova biomasa najviše koncentrira u gornjim slojevima vode. Takva gusta biljna naselja ribolovci i vozači čamaca doživljavaju kao veliku smetnju. Kad se programima kontrole bilja iskorijeni sva vodena vegetacija, voda u plitkim jezerima ima snažnu tendenciju porasta zamućenosti zbog resuspenzije sedimenta djelovanjem vjetrova te zbog cvjetanja algi. Također, kad vodena vegetacija nije izričito kontrolirana, daljnja eutrofikacija jezera obraslih vegetacijom može voditi prema postupnom povećanju biomase fitoplanktona i obraštaja (perifitona) koji prekriva vodeno bilje. Zasjenjenje ovim organizmima u konačnici vodi prema kolapsu vegetacije zbog smanjene količine svjetlosti koja je neophodna za fotosintezu.

Opće je poznato da je vraćanje zamućenog jezera bez vodene vegetacije u stanje bistre vode s bujnom vodenom vegetacijom jako teško. Smanjenje opterećenja nutrijentima može imati slabi efekt pošto se za vrijeme eutrofikacije u sedimentu često nagomila velika količina vezanog fosfora. Smanjenjem unosa fosfora i padom njegove koncentracije u vodi, važan izvor nutrijenata za fitoplankton postaje otpušteni fosfor iz sedimenta. Pošto se smanjenje vanjskog (alohtonog) opterećenja (engl. external loading) nutrijentima često kompenzira unutarnjim (autohtonim) opterećenjem nutrijentima (engl. internal loading), odaziv koncentracije nutrijenata u vodi jezera najčešće dosta kasni za smanjenjem vanjskog opterećenja.

Međutim, unutarnje opterećenje nutrijentima nije jedini razlog zašto je vraćanje zamućenih plitkih jezera u prvobitno stanje tako teško. Nestankom vodene vegetacije struktura zajednica u plitkom jezeru značajno se mijenja (Slika 1).



Slika 1. Shematski prikaz plitkog jezera u stanju bistre vode (a) s bujnom vegetacijom i u stanju mutne vode (b) bogate fitoplanktonom, gdje su podvodne biljke većinom odsutne te bentivorne ribe i valovi uzburkavaju sediment i zamućuju vodu. Preuzeto iz SCHEFFER (1998).

Beskralješnjaci vezani uz vegetaciju nestaju, a s tim životinjama nestaju i ptice i ribe koje se hrane njima ili vodenim biljem. Osim toga, vegetacija mnogim životinjama pruža spasonosan zaklon od grabežljivaca te zbog toga njen nestanak uzrokuje bitne promjene u mnogobrojnim predator-plijen odnosima. Veliki zooplankton koristi vegetaciju kao dnevni zaklon od grabežljivih riba te u takvim, vegetacijom obraslim jezerima, može značajno sudjelovati u kontroli biomase fitoplanktona. Odsustvom vegetacije brojnost velikog zooplanktona je uvelike smanjena pa to, uz povećanje opterećenja nutrijentima, dopušta povećanu biomasu fitoplanktona u odsustvu vegetacije. Dodatno tome, nestankom vegetacije resuspenzija nezaštićenog sedimenta valovima može uzrokovati znatno dodatno zamućivanje vode. Unutar

zajednice riba u jezeru bez vegetacije počinju dominirati vrste koje se hrane bentoskim beskralješnjacima (tzv. bentivorne ribe). Njihova aktivnost pojačava protok nutrijenata iz sedimenta u vodu te uzrokuje dodatnu resuspenziju čestica sedimenta, pridonoseći već ionako visokoj zamućenosti vode.

U takvoj situaciji povratak podvodnog bilja je nemoguć, djelom zato što je njihovo odsustvo dopustilo daljnje zamućivanje vode, ali i zato što često uzburkavanje sedimenta vjetrom i bentivornim ribama priječi njihovo ponovno naseljavanje. Iz toga slijedi da su ekološki mehanizmi povratne sprege važan razlog zašto je tako težak povratak plitkog jezera u prvotno stanje bistre vode s bujnom vegetacijom. U mnogim slučajevima, smanjenje količine nutrijenata može biti nedostatan za povrat stanja bistre vode u plitkim jezerima. Pa ipak, dodatne mjere, kao npr. uklanjanje dijela ribljeg fonda te promjene nivoa vode, uspješno su upotrebljavane kao način prekidanja povratne sprege koja održava takva jezera zamućenima.

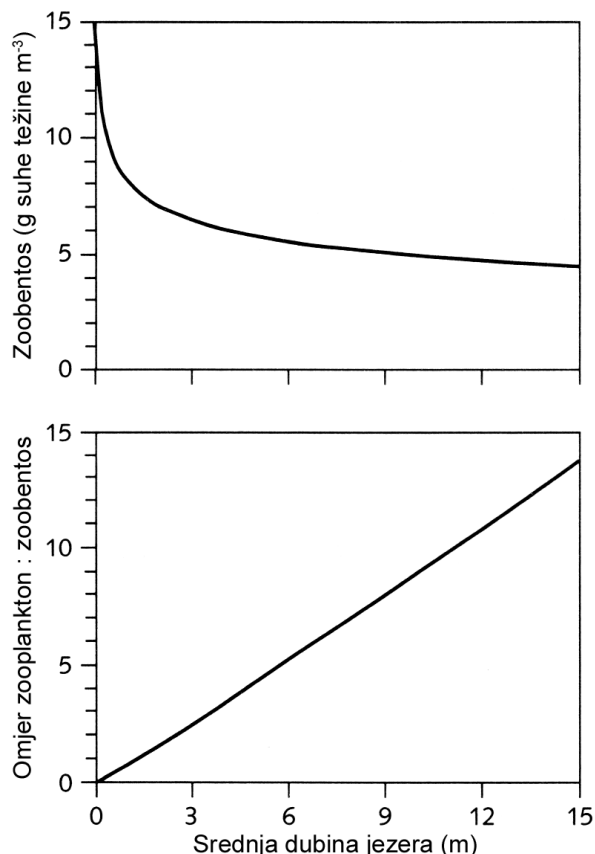
Mnoge sadašnje ideje o funkcioniranju plitkih jezera proizašle su iz usporedbe stanja u različitim jezerima, opažanja njihove dinamike te interpretacije laboratorijskih i terenskih eksperimenata ograđivanjem, koji su otkrili autekologiju ključnih vrsta i prirodu njihovih međuođenosa. Međutim, upravljajući regulatorni mehanizmi i povratne sprege nisu lagano otkriveni bez eksperimentiranja sa sustavom kao cjelinom. Napori za povratkom plitkih jezera u početno stanje manipulacijom ribljim fondom omogućili su takve eksperimente i pomogli u otkrivanju prevladavajućih regulatornih mehanizama. Reakcija ekosustava na manipulacije ribljim fondom dovela je do novih uvida, ne samo u funkcioniranje hranidbene mreže, već i u regulaciju dinamike vodene vegetacije te u bitnu ulogu podvodnog bilja u održavanju bistre vode u plitkim jezerima (SCHEFFER, 1998).

1.3. Makrozoobentos u plitkim jezerima

1.3.1. Važnost bentosa u hranidbenim mrežama

Bentoski beskralješnjaci, kao npr. puževi i ličinke trzalaca (Chironomidae), mnogo su važniji u plitkim nego u dubokim jezerima. LINDEGAARD (1994) je uspoređivanjem protoka energije u hranidbenim mrežama između dva plitka i dva duboka jezera dobio rezultat da je u plitkim jezerima relativni udio zoobentosa u ukupnoj produkciji zoobentosa i zooplanktona bio 86%, dok je u dubokim jezerima taj udio bio samo oko polovice navedenog iznosa.

Kombinirajući rezultate različitih istraživanja, JEPPESEN i suradnici (1996) zaključili su da biomasa zooplanktona zaista sustavno raste s dubinom jezera, u odnosu na biomasu zoobentosa (Slika 2).



Slika 2. Regresijske linije pokazuju da je biomasa zoobentosa veća u plitkim nego u dubokim jezerima, dok omjer biomase zooplanktona prema biomasi zoobentosa sustavno raste s dubinom jezera. Preuzeto i prerađeno iz JEPPESEN i sur. (1996).

Velika raspoloživost bentosa u plitkim jezerima odražava se na strukturu zajednice riba. Posebno u zamućenim jezerima bez vegetacije, bentivorne ribe su, s obzirom na biomasu, često najučestalija skupina. Općenito je biomasa riba često dobro korelirana s biomasom bentoskih beskralješnjaka (HANSON i LEGGETT, 1982), sugerirajući da je bentos važan izvor hrane koji uvelike određuje ukupnu biomasu mnogih ribljih zajednica. To naročito vrijedi za plitka jezera gdje je bentos relativno važniji nego u dubokim jezerima. U malim eutrofnim jezerima nije neobično da deverika *Abramis brama* Linnaeus, 1758; šaran *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 i bodorka *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) dosegnu gustoće od preko 500-1000 kg ha⁻¹ (GRIMM i BACKX, 1990; JEPPESEN i sur., 1990; MEIJER i sur., 1990). Mada se odrasle jedinke ovih vrsta većinom hrane bentoskim beskralješnjacima,

primijećeno je da se razmjerno velike deverike mogu ponovno prebaciti na zooplanktonsku hranu kada je veliki zooplankton dostatno obilan (LAMMENS, 1985; LAMMENS i sur., 1985). Kao posljedica toga, potencijalni predatorski pritisak na populacije rašljoticalaca (roda *Daphnia*) može biti visok u takvim jezerima čak i kad su rijetke mlade ovogodišnje ribe. Ako je takav povišeni predatorski pritisak prisutan kroz čitavu godinu, on može spriječiti uobičajenu proljetnu pojavu stanja bistre vode. Prema tome, sustavno odsustvo stanja bistre vode u eutrofnim jezerima zapravo može biti protumačeno kao posredan učinak visoke bentoske produkcije u takvim jezerima. Visoka biomasa zoobentosa značajno povećava gustoću riblje populacije, vodeći tako prema povišenom predatorskom pritisku na alternativni, ali manje značajan izvor hrane, zooplankton (JEPPESEN i sur., 1996).

Taj mehanizam je, u više općenitom smislu, opisao HOLT (1977). Kada je predator (generalist) ograničen hranom, povećanje brojnosti jednog tipa plijena može, zbog povećanja brojnosti predatora, voditi prema smanjenju drugog tipa plijena. Pošto na prvi pogled učinak na terenu može izgledati više kao neposredna kompeticija između dva tipa plijena ova se pojava naziva "očigledna kompeticija" (apparent competition).

U plitkim jezerima kao alternativni izvor hrane predstavnicima roda *Daphnia* može poslužiti i detritus, i to se može također promatrati kao očigledni "kompetitivni" utjecaj, u ovom slučaju posredni negativni utjecaj detritusa na fitoplankton. To je jedan od mehanizama povećanja gustoće populacija rašljoticalaca roda *Daphnia* u jezerima obraslim vegetacijom, dok očigledna kompeticija s bentosom uzrokuje "top-down" kontrolu populacija rašljoticalaca roda *Daphnia* u plitkim jezerima s malo vegetacije. Nazivamo je "top-down" (silazna) kontrola jer organizmi s vrha hranidbenog lanca (tj. mreže) kontroliraju gustoću populacije organizama s niže hranidbene stepenice. U ovom slučaju ribe kontroliraju gustoću populacije rašljoticalaca roda *Daphnia*. Suprotan slučaj, kad je populacija zooplanktona, a zatim i riba koje se njime hrane, kontrolirana raspoloživom hranom tj. gustoćom primarnih proizvođača, nazivamo "bottom-up" (uzlazna) kontrola (SCHEFFER, 1998).

1.3.2. Kompeticija za hranu

Guste populacije bentivornih riba u mnogim plitkim jezerima intenzivno u prehrani iskorištavaju bentos. Pojedinačni rast jedinki unutar tih populacija često je vrlo slab ("kržljav"), ukazujući na slabu raspoloživost hrane. Npr. u Lac Hertel (Quebec), četiri od pet

prisutnih bentivornih vrsta riba pokazivalo je kržljiv rast, dok su dvije ne-bentivorne vrste uspješno rasle. Kržljiv izgled ribljih populacija koje uzrokuju stalni visoki predatorski pritisak na bentos, potvrđen je tipičnim odzivom na smanjenje ribljeg fonda: porastom biomase beskralješnjaka i izrazito pojačanim pojedinačnim rastom jedinki riba (GILES, 1992).

Posebno je važno da takve "kržljave" riblje populacije ne iskorištavaju prekomjerno hranu do stupnja koji bi uzrokovao kolaps populacije, koji je rezultat povećane smrtnosti zbog izgladnjivanja, a što je zabilježeno npr. kod populacija rašljoticalaca roda *Daphnia* za vrijeme proljetne faze bistre vode. Umjesto toga, količina hrane je smanjena do stupnja koji je dovoljan za preživljavanje, ali nedovoljan za intenzivniji pojedinačni rast jedinki. Zaostao razvoj je posebno vidljiv kod riba starijih godišta. Plove mladih ovogodišnjih riba imaju tendenciju prekomjernog iskorištavanja svoje planktonske hrane, što dovodi do izgladnjivanja mnogih jedinki. Različiti čimbenici pridonose činjenici da plove mladih riba upadaju u takve cikluse prekomjernog iskorištavanja hrane, dok to nije slučaj kod velikih bentivornih riba (SCHEFFER i sur., 1995). Relativne stope rasta većih riba su niže te vrlo teško uzrokuju "prebacivanje preko" vršnog kapaciteta, koje uzrokuje kolaps populacije. Također, male životinje imaju brži metabolizam, koji mnogo lakše dovodi do kritičnog gubitka težine za vrijeme razdoblja gladovanja. Drugi, vjerojatno značajan razlog zašto ne dolazi do stvarnog prekomjernog iskorištenja, je to što je bentosku hranu puno teže nego planktonsku reducirati do vrlo niskih nivoa. Eksperimentalno smanjivanje ili isključivanje populacije bentivornih riba obično dovodi samo do umjerenog povećanja biomase zoobentosa. Primjer skoro potpunog uklanjanja dosta kržljivog ribljeg fonda u jezeru Great Linford, rezultiralo je udvostručenjem biomase bentoskih ličinki skupine Chironomidae (GILES, 1992).

Prema tome, utjecaj bentivornih riba na bentos je malen u usporedbi s utjecajem planktivornih riba na zooplankton. Ništa manje, s gledišta zaštite divljih životinja, smanjenje gustoće bentoskih beskralješnjaka često se smatra jednom od najvažnijih nepovoljnih posljedica prisutnosti guste riblje populacije. Razni kukci, npr. iz skupine Chironomidae i drugi, koji izlijeću iz vode preobrazbom iz svojih bentoskih ličinki značajan su izvor proteina za mlade patke, te se smatra da je uspješnost razmnožavanja pataka tijesno povezana s dostupnošću tog izvora hrane (STREET, 1977). To je potaknulo mnoga istraživanja utjecaja bentivornih riba na razmnožavanje pataka. I zaista, načini preživljavanja pačića na području šljunčara podržavaju tu uzročnu vezu (HILL i sur., 1987). Mnogi su pačići uginuli tijekom

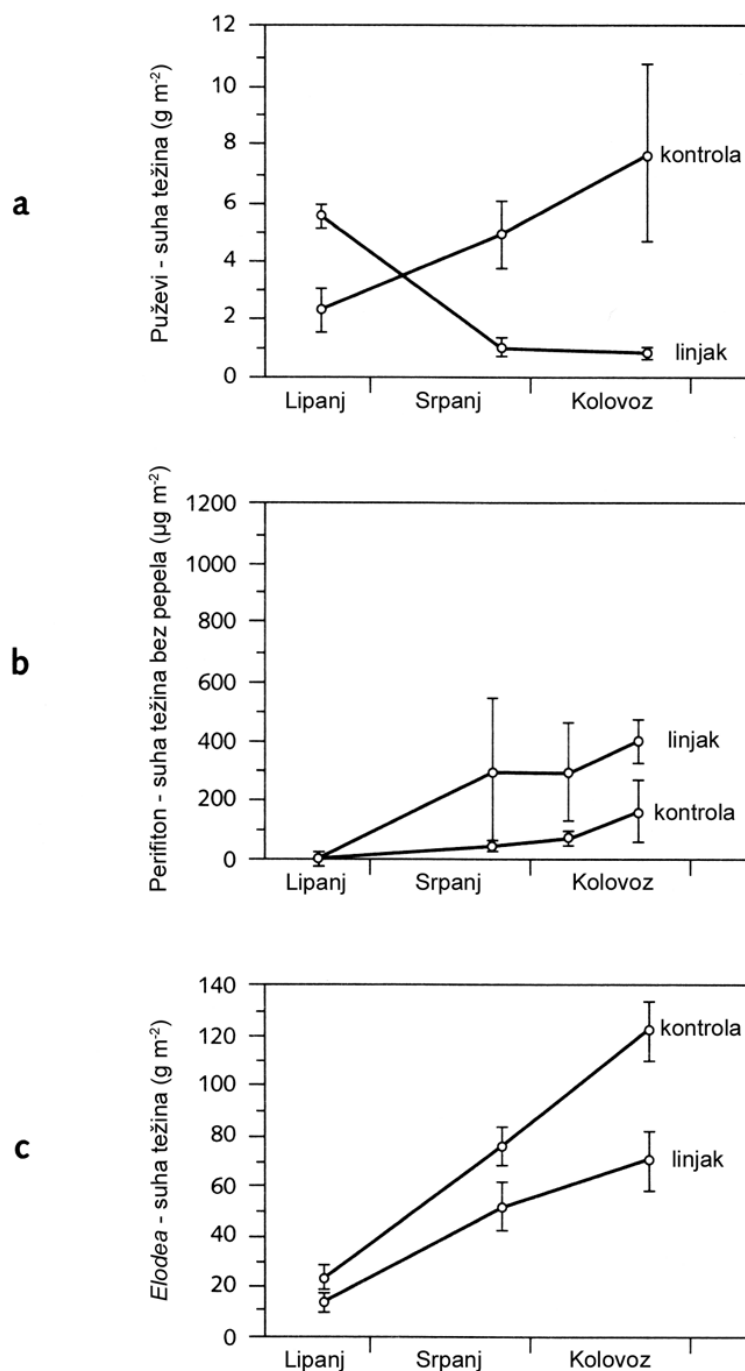
prva dva tjedna života, ali su ipak mnogo uspješnije preživljavali oni koji su se hranili na rijeci oskudnoj ribama, nego oni koji su se hranili na jezerima s gustom ribljom populacijom. U usporednim istraživanjima više ribnjaka, veće gustoće populacija riba uzrokovale su smanjeno izlijetanje trzalaca (*Chironomidae*) te su pačići koji su se hranili u takvim ribnjacima putovali dalje i manje dobivali na težini nego pačići koji su se hranili u ribnjacima s malo riba.

Pokusno smanjenje populacije bentivornih riba u šljunčari također je potvrdilo ideju da je kompeticija za hranom presudna za patke isto kao i za ribe (GILES, 1992). Za vrijeme kratkog i intenzivnog ribolova uklonjena je većina ribljeg fonda te je nakon toga značajno porasla biomasa trzalaca i preživljavanje pačića. Do naredne sezone porasla je i srednja pojedinačna težina preostalih jedinki deverike s 1.5 na 2.2 kg, ukazujući na činjenicu da je zbog ranije ograničenosti hranom rast riba bio dosta slab.

Uloga kompeticije između pataka i riba, za beskralješnjacima kao hranom, vidljiva je i iz promjena nastalih u jezerima koja su zbog zakiseljavanja ostala potpuno bez riba. Kao primjer uzeto je komparativno istraživanje dva para fizički jednakih ribnjaka u državi Maine, SAD (HUNTER i sur., 1986). Jedan par ribnjaka je zbog zakiseljavanja ostao bez riba. Ti su ribnjaci imali puno veću gustoću populacija beskralješnjaka nego oni koji su bili puni riba. Zbog toga su pačići crne patke (*Anas rubripes* Brewster, 1902) brže rasli, trošili manje vremena na potragu za hranom i kretanje, a više vremena na hranjenje i odmaranje u zakiseljenim ribnjacima nego u ribnjacima punim riba.

1.3.3. "Top-down" kontrola puževa i obraštaja

Neke vrste riba su specijalizirane za prehranu mekušcima. Dobro poznati primjeri s američkog kontinenta su sunčanica *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758) i crvenouha sunčanica *Lepomis microlophus* Günther, 1859. U Europi, linjak *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758) je vjerojatno najznačajniji potrošač mekušaca (moluskivor). Kad su mekušci dosta rijetki on se prebacuje na ostale tipove hrane, ali ipak najviše voli mekušce i kad je njihova dostupnost velika hranit će se gotovo isključivo njima (Slika 3a) (BRÖNMARK, 1994).



Slika 3. Promjene biomase puževa (a), obraštaja (b) i podvodnog bilja (c) u prisustvu moluskivorne ribe linjka *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758), u usporedbi s kontrolnim pokusom bez riba. Okviri greške predstavljaju ± 1 standardnu grešku. Preuzeto i prerađeno iz BRÖNMARK (1994).

Ribe potrošači mekušaca mogu imati jak utjecaj na gustoću populacije puževa (BRÖNMARK, 1988; MARTIN i sur., 1992). Budući da je poznato da puževi, kad su dosta

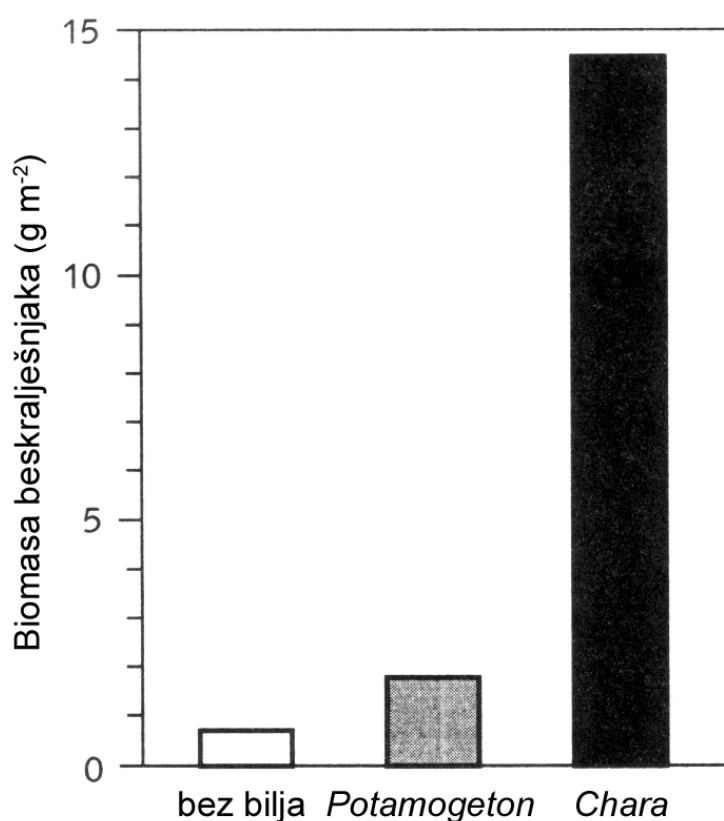
brojni, smanjuju gustoću obraštaja (perifitona) na biljkama (BRÖNMARK, 1989; SWAMIKANNU i HOAGLAND, 1989; MULHOLLAND i sur., 1991; DALDORPH i THOMAS, 1995) moglo bi se očekivati da moluskivorne ribe imaju posredan pozitivan utjecaj na rast obraštaja.

Mnoga su istraživanja dokazala jasne kaskadne učinke od riba prema obraštaju. U pokusima s kavezima u litoralnoj zoni dva jezera u Wisconsinu, SAD (BRÖNMARK i WEISNER, 1992), biomasa puževa je, u usporedbi s kontrolnom situacijom bez sunčanica, bila značajno smanjena u prisutnosti njihove prirodne populacije. Biomasa obraštaja povećala se u kavezima s ribama zbog smanjenog pritiska puževa koji se hrane obraštajem (struganjem). Sastav vrsta u obraštaju se također značajno promijenio sa struganjem od strane puževa. U prisutnosti riba, kad su puževi bili rijetki, velike "višekatne" vrste, kao npr. Diatomeae na stalku i nitaste alge, dominirale su zajednicom. Kad su puževi intenzivno strugali obraštaj, manje i jako pričvršćene vrste postale su mnogo učestalije. Ova promjena u sastavu vrsta obično je opažana u istraživanjima utjecaja struganja puževa (BRÖNMARK, 1989), te je posve usporediva s utjecajem velikih biljojeda na strukturu kopnenih vegetacija.

Prekrivenost, tj. zasjenjenje, slojem obraštaja može ograničiti rast podvodnih biljaka (SAND-JENSEN i BORUM, 1984). Stoga bi se moglo očekivati da bi puževi, koji struganjem smanjuju biomasu obraštaja, time trebali i posredno potaknuti rast biljaka (CARPENTER i LODGE, 1986; THOMAS, 1987). Takav pozitivan utjecaj puževa vidljiv je u pokusima sa slatkovodnim makrofitima (BRÖNMARK, 1985; UNDERWOOD, 1991; DALDORPH i THOMAS, 1995), a djelovanje strugača obraštaja također je pokazalo pozitivan utjecaj i na rast morskih cvjetnica *Zostera marina* L. i *Halodule wrightii* Asch. (HOOTSMANS i VERMAAT, 1985; HOWARD i SHORT, 1986). Na vidiku ove veze između puževa i rasta biljaka, moluskivorne ribe bi vrlo vjerojatno trebale imati posredni negativni utjecaj na podvodne makrofite. To je i dokazano skupom pokusa ograđivanja u plitkom švedskom ribnjaku (Slika 3), gdje je linjak korišten kao moluskivor (BRÖNMARK, 1994). Biomasa puževa se smanjila prisustvom riba, vodeći ka povećanju biomase obraštaja i značajnom smanjenju biomase vodene kuge (*Elodea canadensis* Rich. et Michx.) kao dominantnog makrofita. MARTIN i suradnici (1992) dobili su slične rezultate da se biomasa podvodnog bilja povećala uklanjanjem moluskivorne crvenouhe sunčanice.

1.3.4. Utjecaj podvodne vegetacije na makrozoobentos

Naselja vodene vegetacije obično udomljuju mnogo bogatije zajednice beskralješnjaka nego mjesta bez vegetacije, i u pogledu broja vrsta i ukupne biomase (GILINSKY, 1984; DIEHL, 1988; ENGEL, 1988; HARGEBY i sur., 1994). Razlike s faunom otvorenih voda posebno su naglašene ako su naselja vegetacije gusta. Takve lokalne razlike makrofaune beskralješnjaka nađene su npr. u jezeru Krankesjön (HARGEBY i sur., 1994). Ovo jezero ima površina bez vegetacije, zatim ima naselja češljastog mrijesnjacka (*Potamogeton pectinatus* L.) i gusta naselja višestaničnih algi roda *Chara*, koja imaju dvanaest puta veću biljnu biomasu od naselja mrijesnjacka. Biomasa makrozoobentosa veća je u naseljima vegetacije nego na površinama bez vegetacije, ali je značajno i to da je mnogo jače povećana u gustim *Chara* naseljima nego u relativno rijetko raštrkanim naseljima mrijesnjacka (Slika 4).

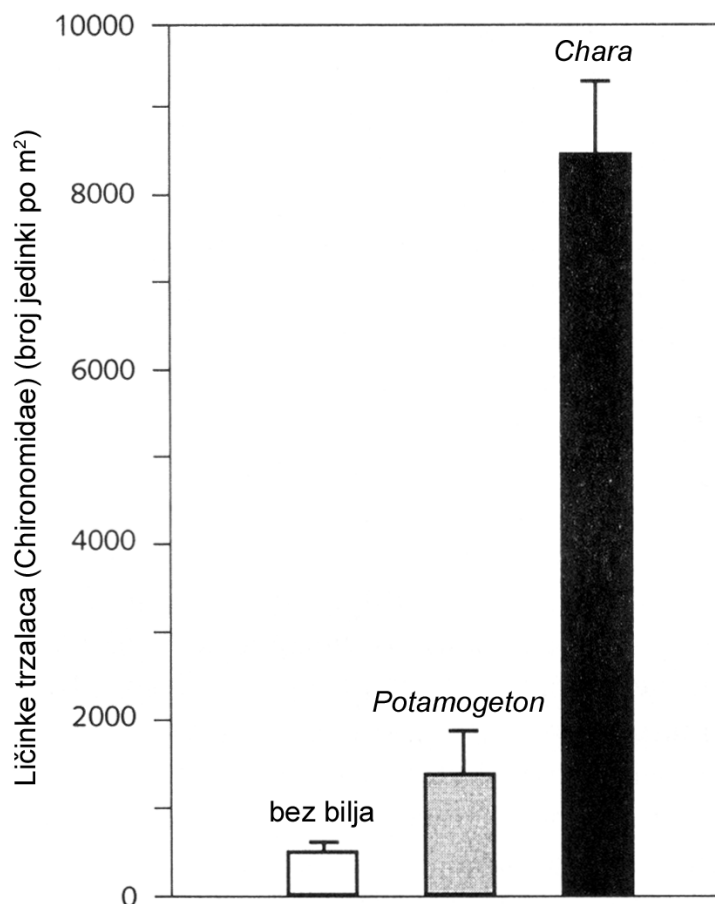


Slika 4. Biomasa makrozoobentosa (g suhe mase m⁻²) u naseljima višestanične alge *Chara tomentosa* L., naseljima češljastog mrijesnjacka *Potamogeton pectinatus* L. i na površinama bez vegetacije u jezeru Krankesjön. Preuzeto i prerađeno iz HARGEBY i sur. (1994).

Raznolikost makrozoobentosa je također veća u naseljima vegetacije. Na površinama bez vegetacije trzalci (Chironomidae) i maločetinaši (Oligochaeta) čine čak 74-100 % od ukupne biomase, dok je u naseljima vodene vegetacije pronađen široki raspon različitih taksona beskranješnjaka. Naselja češljastog mrijesnjaka su i po raznolikosti makrofaune opet negdje u sredini između površina bez vegetacije i gustih *Chara* naselja.

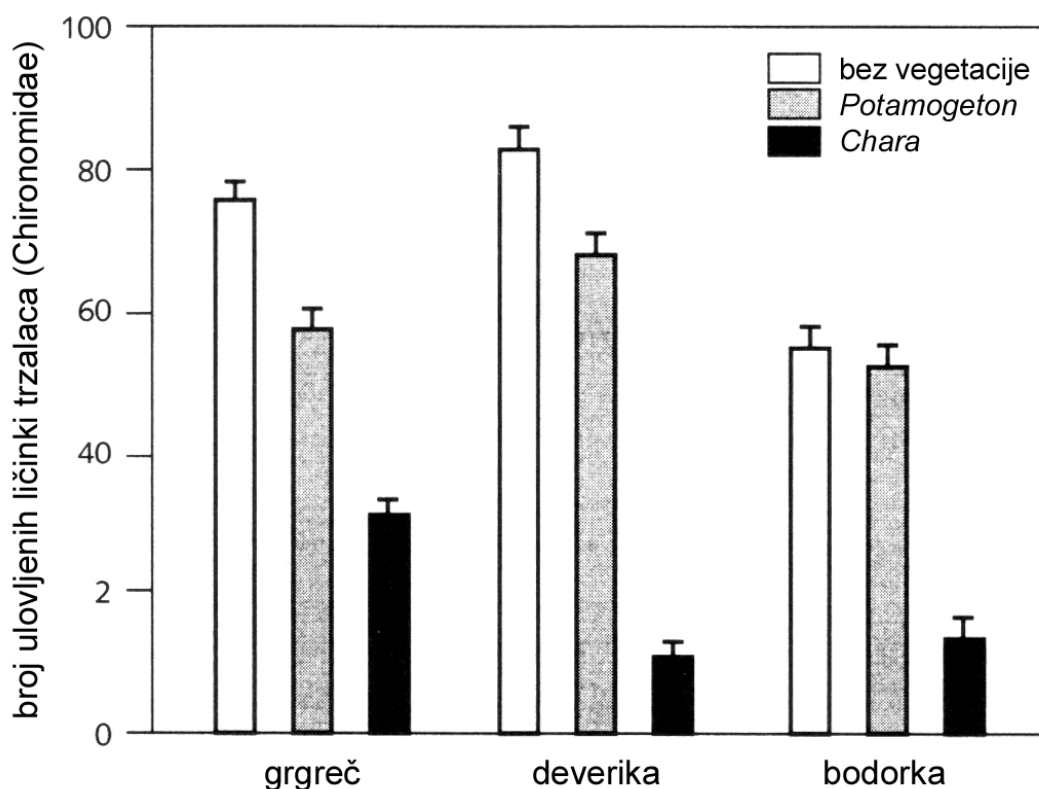
Čini se razumnim pretpostaviti da je korištenje vodenih biljaka kao zaklona od riblje predacije, jedan od važnih uzroka za mnogo bogatije zajednice beskranješnjaka u gustim naseljima biljaka, ali i da su važni još neki čimbenici. To je vidljivo iz činjenice da, čak i kad su ribe isključene, gustoća i bogatstvo vrsta makrofaune beskranješnjaka obično su veći u područjima s dosta podvodnog bilja, nego u područjima s malo ili ništa biljaka (GILINSKY, 1984; RABE i GIBSON, 1984; GREGG i ROSE, 1985). Za mnoge beskranješnjake dostupnost hrane je očit razlog boravaka u naseljima biljaka. Izgleda da malen broj vrsta beskranješnjaka može konzumirati značajne količine svježih makrofita, ali raspadajuće biljke osiguravaju relativno visokokvalitetan detritus kojim se hrane životinje kao npr. jednakonožni rakovi (Isopoda), puževi i ličinke kukaca (KORNIJÓW i sur., 1995). Pa ipak, važniji izvor hrane za beskranješnjake u naseljima biljaka vjerojatno je sloj obraštaja koji pokriva makrofite. HOYER i suradnici (1997) pokazali su to istraživanjem protoka ugljika (uspoređujući udjele stabilnih izotopa ugljika u različitim organizmima) kroz hranidbene mreže dva jezera na Floridi, jednog obraslog vegetacijom i jednog bez vegetacije. Fitoplankton je bio najvažniji izvor ugljika u jezeru bez vegetacije, a perifiton u jezeru obraslom vegetacijom, dok su bujni makrofiti imali samo malen doprinos hranidbenoj mreži. Mišljenje da je obraštaj glavni izvor hrane u jezerima s mnogo vegetacije uklapa se i u opažanje da distribucija makrofaune jako ovisi o površini biljaka raspoloživoj za naseljavanje (DVOŘÁK i BEST, 1982; DVOŘÁK, 1987).

Iako se većina beskranješnjaka među vodenom vegetacijom hrani obraštajem ili raspadajućim biljkama (ENGEL, 1988), ili su predatori takvih herbivora i detritivora (DVOŘÁK i BEST, 1982; SCHEFFER i sur., 1984), ima i vrsta koje stvarno ne ovise o vegetaciji kao hrani. Npr. ličinke trzalaca važna su skupina u površinskom sloju jezerskog sedimenta kako na mjestima s vegetacijom tako i na onima bez vegetacije, ali ipak njihova je gustoća obično puno veća unutar vegetacije nego izvan nje (Slika 5).



Slika 5. Gustoća ličinki trzalaca (Chironomidae) na površini bez vegetacije, u naseljima češljastog mrijesnjacka *Potamogeton pectinatus* L. i u naseljima višestanične alge *Chara tomentosa* L. u jezeru Krankesjön. Preuzeto i prerađeno iz DIEHL (1988).

To je kod ovih životinja barem djelomično rezultat aktivnog izbora staništa, što je i eksperimentalno testirano u akvarijima bez predatora, s time da je na polovicu dna zasađena umjetna *Chara* vegetacija, dok je na drugoj polovici ostao samo sediment (DIEHL, 1988). Jednak broj ličinki trzalca *Chironomus anthracinus* Zetterstedt, 1860 stavljen je u oba dijela akvarija, ali nakon 24 sata već je dvostruko više životinja pronađeno u sedimentu onog dijela gdje je bila umjetna vegetacija, nego u dijelu sa samim sedimentom. Izbjegavanje predatora vjerojatno je važan temeljni uzrok pojave da čak i beskralješnjaci koji žive u sedimentu preferiraju vegetaciju kao stanište. DIEHL (1988) je pokazao da za različite vrste riba učinkovitost hranjenja ličinkama trzalaca značajno opada s prisustvom vegetacije (Slika 6), te da je očiti efekt pružanja zaklona mnogo veći za *Chara* naselja, nego za naselja češljastog mrijesnjacka.



Slika 6. Učinkovitost grgeča *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758; deverike *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) i bodorke *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) u hvatanju ličinki trzalaca u situaciji bez vegetacije stavljena kao suprotnost prema učinkovitosti u situaciji s umjetno konstruiranom vegetacijom češljastog mrijesnjaka *Potamogeton pectinatus* L. i višestanične alge *Chara tomentosa* L. Preuzeto i prerađeno iz DIEHL (1988).

Sumirano, uglavnom zbog velike dostupnosti prikladne hrane i zbog relativno slabog predatorskog pritiska od strane riba, gustoća većine skupina beskralješnjaka mnogo je veća u naseljima podvodnih biljaka nego na površinama sedimenta bez vegetacije.

1.3.5. Utjecaj makrozoobentosa na dinamiku nutrijenata

U slučaju bentoskih beskralješnjaka, utjecaj na kruženje nutrijenata je mnogo složeniji nego u slučaju pelagičkih životinja koje većinu nutrijenata dobivenih hranom ubrzo ekskrecijom vraćaju u stupac vode (ANDERSSON i sur., 1988). Bentoski beskralješnjaci uz ekskreciju mineraliziranih nutrijenata doprinose i miješanju površine sedimenta. To miješanje može imati dvojako djelovanje, tako da pridonosi difuziji fosfora preko površine sedimenta, ali ujedno i smanjuje šanse za anaerobno otpuštanje vezanog fosfora iz sedimenta zbog pojačane aeracije površine sedimenta. Utjecaj ličinki trzalaca (Chironomidae) i maločetinaša iz

porodice Tubificidae na prodor kisika u sediment obilno je dokumentiran (npr. DAVIS, 1974; GRANÉLI, 1979). Ništa manje, sveukupno otpuštanje fosfora iz sedimenta ima tendenciju porasta s gustoćom bentoskih beskralješnjaka, kao što je vidljivo iz usporedbe između više jezera različitog trofičkog statusa (WIŚNIEWSKI i PLANTER, 1985). Očito je da takva istraživanja korelacije ne dozvoljavaju zaključak da je bentos zaista uzrok povećanog otpuštanja fosfora, ali su ipak različita laboratorijska istraživanja pokazala jasnu uzročnu vezu. Npr. GALLEPP (1979) je prikazao linearni porast otpuštanja fosfora iz sedimenta s povećanjem gustoće ličinki trzalaca vrste *Chironomus tentans* Fabricius, 1805 u jednom protočnom sustavu.

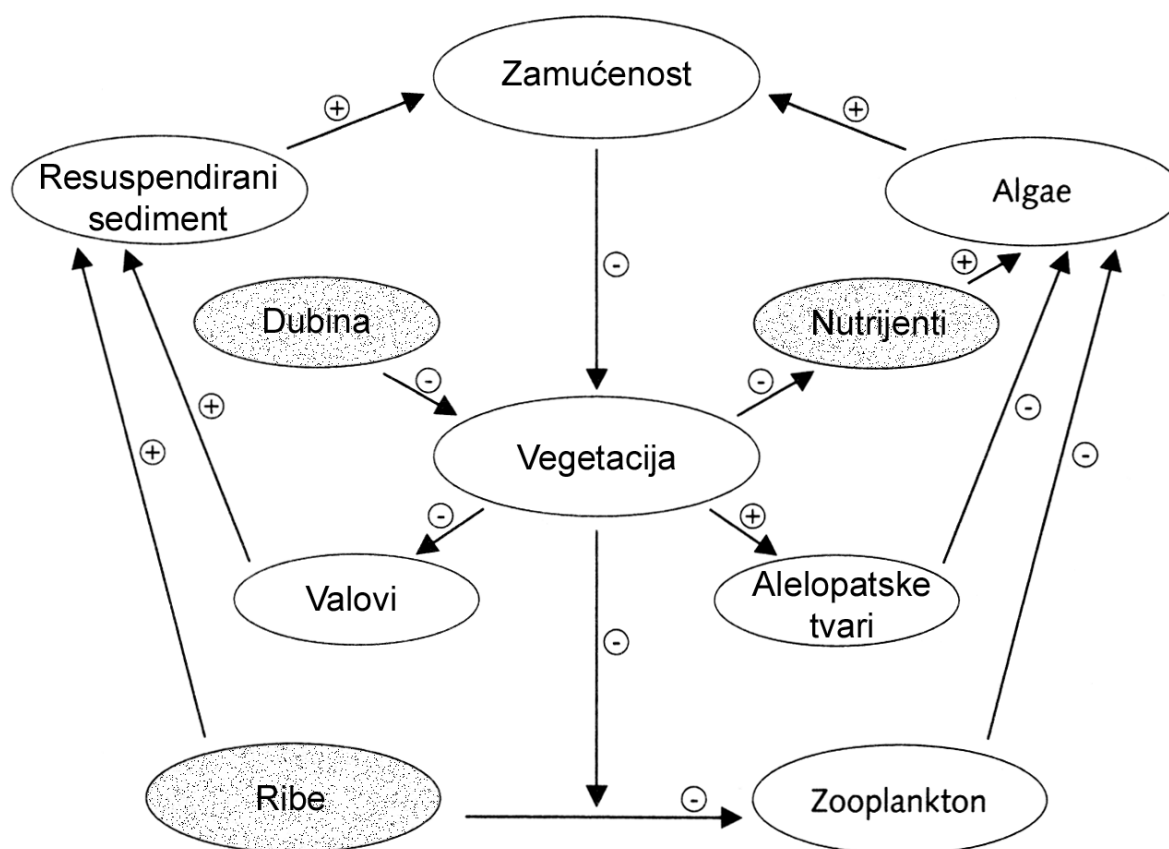
1.4. Cilj istraživanja

Istraživanje makrozoobentosa u plitkim akumulacijama Jezero i Ponikve na otoku Krku provedeno je tijekom 2000. i 2001. godine kao dio biološko-ekoloških istraživanja podobnosti ovih akumulacija za vodoopskrbu (KEROVEC i sur., 2002).

Već su ranije uočene promjene biološko-ekoloških karakteristika u akumulacijama Jezero (MEŠTROV i JUSTIĆ, 1983; KEROVEC i sur., 2000b) i Ponikve (MEŠTROV i sur., 1995; KEROVEC i sur., 2000a) pa je cilj ovih istraživanja utvrđivanje uzroka i obilježja nastalih promjena. Jedan od ciljeva je i utvrđivanje stupnja trofije i kakvoće vode te trenda njihovih promjena. Procjena stupnja trofije i kakvoće vode temelji se na složenoj biocenološkoj, kemijskoj i bakteriološkoj analizi te je prikaz strukture i dinamike zajednice faune dna doprinos cjelovitom sagledavanju procesa koji se odvijaju u akumulacijama.

Dosadašnjim istraživanjima već su uočene i značajne razlike u sastavu i brojnosti zajednica makrozoobentosa između akumulacije Jezero i akumulacije Ponikve pa je glavni cilj ovih istraživanja detaljnije opisati te razlike te utvrditi njihove najvjerojatnije uzroke.

Već i na prvi pogled uočljive vanjske razlike između ove dvije akumulacije ukazuju na mogućnost da su ove akumulacije primjer za, ranije opisana, dva suprotna ravnotežna stanja plitkih jezera (Slika 1). Cilj nam je dokazati da je akumulacija Jezero stvarno u stanju zamućene vode bez podvodne vegetacije (Slika 11), a nasuprot stanju bistre vode s bujnom podvodnom makrovegetacijom u akumulaciji Ponikve (Slika 16), te utvrditi glavne uzroke tih razlika (Slika 7).



Slika 7. Povratne sprege koje mogu uzrokovati da stanje bistre vode s bujnom makrovegetacijom i stanje zamućene vode bez makrovegetacije budu suprotna ravnotežna stanja plitkih jezera. Kvalitativni efekt svakog kretanja po dijagramu može se izračunati usputnim množenjem +/- znakova. To pokazuje da su oba ova stanja samopojačavajuća. Preuzeto i prerađeno iz SCHEFFER i sur. (1993).

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Otok Krk (44° 56' - 45° 15' N, 14° 26' - 14° 50' E), najveći jadranski otok (409.9 km²), uz nekoliko površinskih rječica ima i dva jezera, tj. akumulacije slatke vode: Jezero i Ponikve. Obje akumulacije uključene su u vodoopskrbni sustav otoka. Akumulacija Jezero smještena je na sjevernom dijelu otoka, a 11 km južnije, bliže sredini otoka, smještena je akumulacija Ponikve (Slika 8).

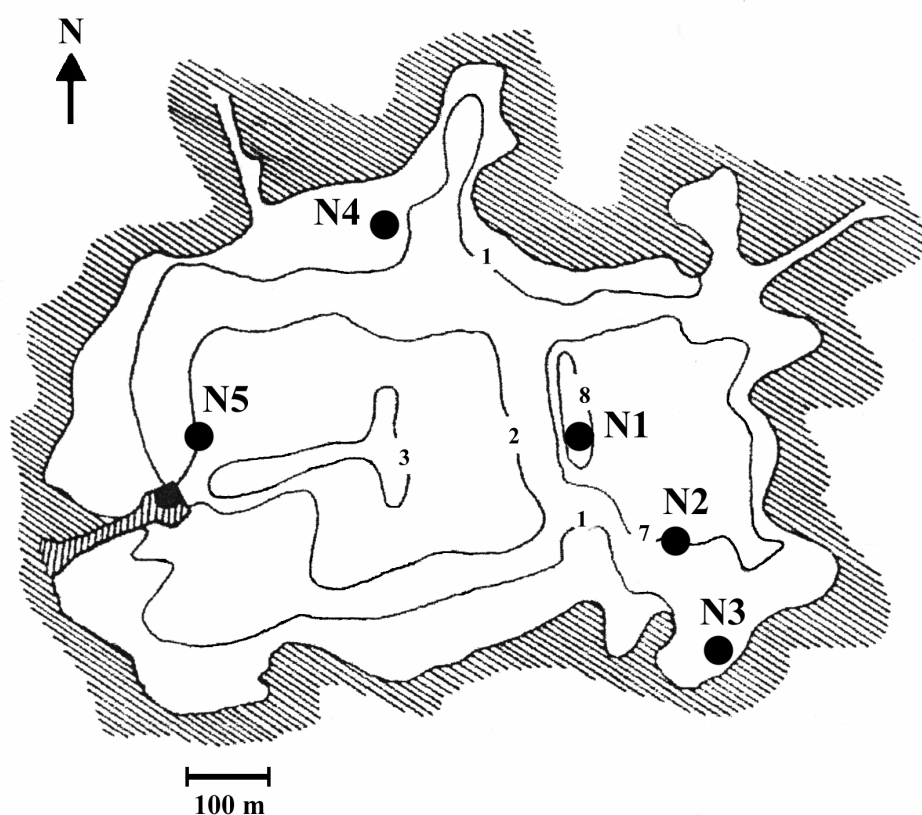


Slika 8. Položaj akumulacija Jezero i Ponikve na otoku Krku. Preuzeto iz programskog paketa Microsoft Encarta Reference Library 2003.

2.1. Obilježja i povijest istraživanja akumulacije Jezero



Slika 9. Aero-fotografija akumulacije Jezero i kanala koji ju spaja s morem u mjestu Njivice. Ustupio Hidroinženjering d.o.o. Zagreb.



Slika 10. Shematska karta akumulacije Jezero s istraživanim postajama.

Jezero (45° 10' N, 14° 30' E) kod Njivica već je nekoliko desetljeća u središtu interesa, prvenstveno zbog činjenice da se iz njega pitkom vodom snabdijeva čitav sjeveroistočni dio otoka Krka, što je posebno značajno za razvoj osnovne privredne djelatnosti – turizma. Dosadašnja su biološko-ekološka istraživanja relativno malobrojna iako je Jezero, kao jedno od rijetkih jezera na našim otocima, dosta rano izazvalo interes istraživača (CUBICH, 1874). Detaljnija je istraživanja obavljao GAVAZZI (1904) koji je uz ostalo iznio rezultate istraživanja makrovegetacije i planktona. U planktonu je pronašao ukupno 14 vrsta s dominacijom skupine Diatomeae. Nešto su brojnija kasnija hidrološka i geološka istraživanja sa svrhom izgradnje vodovoda (GOLUBOVIĆ i sur., 1962; LOUŠIN i PRVANOVIĆ, 1965; PAVLIN i sur., 1968). Ekološka istraživanja započeta su 1960/70ih godina (TRINAJSTIĆ, 1965; PETRIK i MEŠTROV, 1968; PETRIK i sur., 1971), a od 1980. godine provode se više-manje kontinuirano do danas (JUSTIĆ, 1981; MEŠTROV i JUSTIĆ, 1983; JUSTIĆ, 1984; JUSTIĆ i sur., 1986; JUSTIĆ i sur., 1991; KEROVEC i sur., 2000b; GLIGORA i PLENKOVIĆ-MORAJ, 2003; GLIGORA i sur., 2003).

U području sliva nema stalnih površinskih tokova. Povremeni površinski tok istočno od Jezera (postoji samo u vrijeme jakih kiša, pretežno u zimskom razdoblju) odvodi vodu iz flišnih područja Malog i Velikog Luga. Najveći dio te vode se kanalom dovodi u Jezero.

Oborine se ne zadržavaju na vapnenačkim stijenama, već se procjeđuju u podzemlje. Dio tih voda, u obliku podzemnog dotoka, izvire u samom Jezeru ili duž njegovog južnog oboda. Postoji više takvih izvora, a najveći su Vrutak i Lučica (GOLUBOVIĆ i sur., 1962). Danas se veći dio te vode zahvaća i odvodi cijevima, a najvažniji vodozahvat je smješten na najdubljem mjestu same akumulacije.

Prema istraživanjima PAVLIN (1968), ukupna površina slivnog područja iznosi oko 12 km². Sama akumulacija Jezero je kriptodepresija čije se dno nalazi na koti -7 m ispod razine mora, dok je srednja razina vode uvijek na oko +1.5 m iznad razine mora. U vrijeme maksimalnog dotoka vode, kad je vodostaj viši od +2.4 m, voda otječe preko splavnice odvodnim kanalom u more, pa Jezero postaje protočno. GAVAZZI (1904) je za viših vodostaja zabilježio razinu vode od +4.5 m, no danas je razina vode Jezera znatno snižena probijanjem odvodnog kanala koji vodi u more (Slika 9). Time je ujedno smanjena i površina Jezera. Izgradnjom nasipa 1970. godine razina Jezera je ponovno podignuta za 1 m da bi se povećao volumen akumulacije.

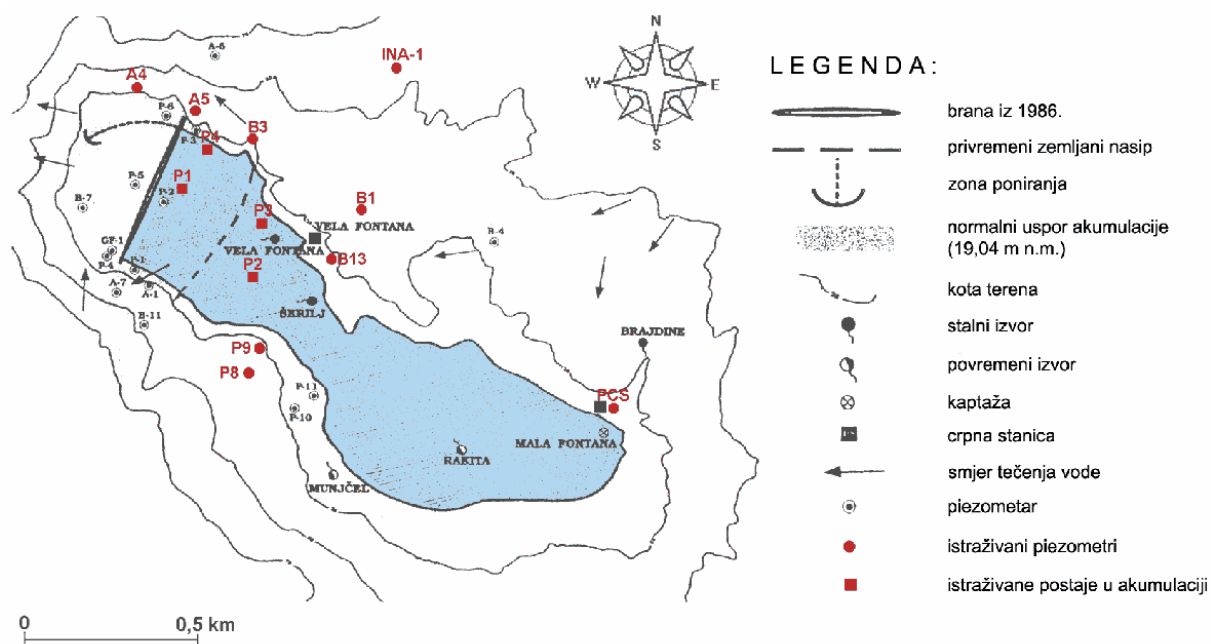
Na rubovima Jezera nalazi se široka zona nadignutog treseta (Slika 9), a vegetacija pokazuje zonaciju karakterističnu za tipična eutrofna jezera. Bazen akumulacije Jezero nije jedinstven po dubini (Slike 9 i 10) već se sastoji od plitkog zapadnog dijela (najveća dubina iznosi oko 3 m) i znatno dubljeg istočnog dijela (najveća dubina iznosi oko 10 m), a odijeljeni su uskim podvodnim pragom. Površina (A_1) Jezera na koti +1.1 m iznosi, bez tresetnog pokrivača, 0.37 km² (37 ha), a srednji volumen (V_s) 1.5×10^6 m³ i srednja dubina (A_1/V_s) 4.05 m. Ukupna površina zajedno s tresetnim rubom iznosi 0.64 km² (64 ha) (PAVLIN i sur., 1968), a s tom površinom srednja dubina akumulacije Jezero iznosi 2.34 m.



Slika 11. Pogled na akumulaciju Jezero s bujnim rubnim pojasom trske *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. i močvarnog ljutka *Cladium mariscus* (L.) Pohl., ali s odsustvom prave podvodne makrovegetacije.

Ljeti Jezero podliježe vertikalnoj termičkoj stratifikaciji pri čemu nastaje jasno omeđen epilimniji dubine oko 4 metra, ali samo u dubljem istočnom dijelu, gdje dubina iznosi više od osam metara. U plićem zapadnom dijelu Jezera ne zamjećuje se stratifikacija i on se može tijekom cijele godine smatrati relativno homogenom sredinom.

2.2. Obilježja i povijest istraživanja akumulacije Ponikve



Slika 12. Shematska karta akumulacije Ponikve s istraživanim postajama.



Slika 13. Pogled na akumulaciju Ponikve s branom. Foto: K. Žganec.

Akumulacija Ponikve (45° 05' N, 14° 30' E) nastala je 1986. godine izgradnjom brane (Slika 13, 14) na prostoru nekadašnjeg plitkog periodičkog jezera (tzv. “polje-jezero”), čime je odvojena ponorna zona (Slika 15) od nepropusne zone (Slika 12, 13). Visina kote preljeva sadašnje brane nalazi se na +19.01 m n. m. pa kada ju razina vode u jezeru dosegne, tada volumen vode u akumulaciji iznosi $2.65 \times 10^6 \text{ m}^3$, površina akumulacije oko 0.875 km^2 (87.5 ha), a prosječna dubina 3.03 m. Osnovno je obilježje ove akumulacije mala dubina vode.

Kada je akumulacija prosječno puna, srednja dubina iznosi tek oko 2.4 metra, a najveća dubina akumulacije, u neposrednoj blizini brane, tada jedva prelazi 6 metara. Akumulacija se opskrbljuje oborinskom vodom iz velikog slivnog područja, čija se veličina procjenjuje na 37.68 km² (ŠTEFANEK i sur., 1994). Za vrijeme kišnog razdoblja razina vode može za oko 1 metar biti viša od krune brane što znači da je u tom razdoblju dotjecanje vode veće od kapaciteta ponora.



Slika 14. Pogled na branu koja odvaja akumulaciju Ponikve od ponorne zone.



Slika 15. Pogled na ponornu zonu iza brane akumulacije Ponikve. Foto: K. Žganec.



Slika 16. Pogled na spuštenu razinu vode u akumulaciji Ponikve i bujnu podvodnu makrovegetaciju (vrste rodova *Potamogeton*, *Ceratophyllum*, *Myriophyllum*, *Polygonum*, *Utricularia*, *Zanichellia* i *Chara*). Foto: K. Žganec.

Akumulacija je izgrađena sa svrhom povećavanja izdašnosti podzemnih izvorišta izuzetno kvalitetne pitke vode, jer ona neposredno prihranjuje okolno podzemlje. To je osobito važno za vrijeme sušnog razdoblja, kada zbog prirodnog otjecanja dolazi do smanjenja raspoloživih količina podzemne vode. Sadašnji je kapacitet dva podzemna vodocrpilišta (Vela i Mala Fontana) oko 100 l sek.⁻¹, pa se radi o najvažnijem izvoru pitke vode na otoku Krku (ŠTEFANEK i sur., 1994).

Zbog nedavnog postanka akumulacije Ponikve, znanstvena istraživanja o njoj nisu toliko brojna i stara kao o akumulaciji Jezero, koja već mnogo duže postoji kao prirodno jezero. Biološko-ekološka istraživanja akumulacije Ponikve provodili su MEŠTROV i suradnici (1995) te KEROVEC i suradnici (2000a, 2002) radi utvrđivanja trofičkih značajki akumulacije. Detaljnije su istraživani bakterioplankton i fitoplankton (STILINOVIĆ i

PLENKOVIĆ-MORAJ, 1995), sastav čitave planktonske zajednice (PLENKOVIĆ-MORAJ i sur., 1998) te biocenološka struktura zajednice bentosa (PLENKOVIĆ-MORAJ i sur., 1999) u akumulaciji Ponikve. Najnovijim istraživanjima istaknute su velike razlike između fitoplanktona u akumulaciji Ponikve i fitoplanktona u akumulaciji Jezero (GLIGORA i PLENKOVIĆ-MORAJ, 2003; GLIGORA i sur., 2003).

3. MATERIJAL I METODE

Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara i sakupljanje uzoraka makrozoobentosa obavljano je jednom mjesečno od studenog 2000. do listopada 2001. godine (s izuzetkom prosinca 2000. i siječnja 2001. godine, zbog loših zimskih vremenskih uvjeta).

3.1. Određivanje fizikalno-kemijskih obilježja vode u akumulacijama

Fizikalno-kemijska obilježja vode mjerena su na vertikalnom profilu najdubljih postaja u obje akumulacije (na postaji N1 u akumulaciji Jezero te na postaji P1 u akumulaciji Ponikve). U akumulaciji Jezero analizirana je vode na dubinama od 0.5, 3, 5 i 9 m, a u akumulaciji Ponikve, s obzirom da se radi o plitkoj akumulaciji, mjerenja fizikalno-kemijskih parametara obavljena su uz površinu i dno, te u srednjem sloju akumulacije (uglavnom na dubinama od 0.5, 3 i 5 m, ovisno o razini vode u akumulaciji).

Na terenu su mjereni slijedeći parametri:

- pH vrijednost vode (pomoću pH-metra WTW ph 330);
- količina kisika u vodi, zasićenje kisikom te temperatura vode (pomoću oksimetra WTW Oxi 330/SET);
- ukupno otopljene soli i elektroprovodljivost (pomoću konduktometra WTW LF 330).

Uz pomoć Secchi ploče mjerena je i prozirnost vode u svim razdobljima istraživanja. Ovi parametri mjereni su i za vrijeme ranijih istraživanja.

Novijim istraživanjima su na istim dubinama sabirani uzorci vode, te su u laboratoriju određivani i slijedeći parametri:

- količina nitrata, nitrita, amonijaka, ortofosfata i aluminija u vodi (pomoću fotometra Lovibond Photometer PC 22, od studenog 2000. godine);
- biološka potrošnja kisika - BPK₅ (uređajem WTW OxiTop, od studenog 2000. godine) i
- količina klorofila *a* (etanolskom ekstrakcijom (NUSCH i PALME, 1975) te spektrofotometrom PERKIN-ELMER Coleman, Junior II model 6/20).

U dva navrata, 17. svibnja i 19. listopada 2001. godine, izmjeren je i intenzitet svjetlosti na vertikalnom profilu najdubljih postaja u obje akumulacije (svjetlomjerom Onset StowAway LI).

Radi praćenja promjena temperature u stupcu vode u akumulaciji Ponikve tijekom svih godišnjih doba i dijelova dana, na postaji P1 su postavljena tri data-logera (Onset StowAway TidbiT) koji su mjerili temperaturu vode svakih 15 minuta (od 17. svibnja 2001. godine do 14. lipnja 2002. godine) i to na 0.5, 3 i 4 m od dna.

3.2. Uzorkovanje makrozoobentosa

Sakupljanje uzoraka makrozoobentosa obavljano je na pet postaja (N1-N5) s 0.5-11 m dubine u akumulaciji Jezero (Slika 10) te na četiri postaje (P1-P4) s 0.5-6 m dubine u akumulaciji Ponikve (Slika 12). Dio odabranih postaja je preuzet iz ranijih biološko-ekoloških istraživanja koja su provodili MEŠTROV i sur. (1995) te KEROVEC i sur. (2000a, 2000b), kako bi se novi rezultati mogli što bolje usporediti s rezultatima navedenih autora.

Uzorci makrozoobentosa sakupljani su grabilom tipa Ekman, zahvatne površine 1 dm². Makrofauna je odvajana od sedimenta prosijavanjem kroz bentos mrežu promjera okašca od 500 µm te konzervirana u 4%-tnom formaldehidu. U laboratoriju se obavljalo razvrstavanje faune po skupinama, te određivanje do najnižih mogućih sistematskih kategorija prema autorima: BÍRÓ (1988), BOLE (1969), BRINKHURST i JAMIESON (1971), CAMPAIOLI i sur. (1994), CARCHINI (1983), EDINGTON i HILDREW (1995), FERRARESE (1983), FERRARESE i ROSSARO (1981), FRANKE (1979), GLÖER i sur. (1987), HOLLAND (1972), ILLIES (1978), JAMES i EVISON (1979), KEROVEC (1986), MACAN (1976), MERRITT i CUMMINS (1996), NILSSON (1996, 1997), PITSCH (1993), ROSENBERG i RESH (1993), SANSONI (1992), WALLACE i sur. (1990) te WARINGER i GRAF (1997).

Broj jedinki preračunavan je na površinu od 1 m² te su svi podaci unošeni u računalo u bazu podataka programa **Microsoft Excel XP**.

U radu je korištena ekološka karakterizacija rodova i vrsta maločetinaša (Oligochaeta) i trzalaca (Chironomidae) koju je iznio MIHALJEVIĆ (1999) u svojoj doktorskoj disertaciji.

3.3. Korištene statističke metode

Struktura zajednice makrozoobentosa opisana je neparametričkim modelima (indeksima). Raznolikost vrsta makrozoobentosa na pojedinom staništu može se definirati brojem različitih vrsta, brojnošću i strukturom, a sve te komponente uključene su u indekse raznolikosti. U načelu se radi o odnosu broja vrsta i ukupne brojnosti te se pomoću ta dva parametra nastoje definirati karakteristike zajednice. Ti indeksi ne podrazumijevaju nikakvu teorijsku raspodjelu. Danas postoji cijeli niz indeksa raznolikosti koji se koriste. Budući da svaki od njih ima neku određenu vrijednost i da za sada ne postoje standardi za objašnjenje zajednice, korišteni su oni indeksi za koje smatram da su neophodni jer se najčešće koriste u novijoj literaturi iz područja ovih istraživanja.

Najvažniji od njih je **Shannon-Weaver indeks** izračunat po formuli (SHANNON i WEAVER, 1949):

$$H' = -\sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

gdje je: H' = indeks raznolikosti (informacijski sadržaj uzorka izražen u bitovima po jedinki),

p = proporcija i-te vrste u uzorku, a

s = je broj vrsta u uzorku.

Shannon-Weaver indeks pripada **tipu I** indeksa raznolikosti, koji su najosjetljiviji na promjene rijetkih vrsta u uzorku iz neke zajednice, dok su indeksi **tipa II** najosjetljiviji na promjene učestalijih vrsta (PEET, 1974). Kako bi procjena raznolikosti istraživanih zajednica makrozoobentosa bila što preciznija, u ovom radu korišten je i Simpsonov indeks raznolikosti, predstavnik indeksa tipa II.

Simpsonov indeks, kao neparametrička mjera vrlo je jednostavan i koristi se kao alternativa ostalim indeksima koji se teško izračunavaju, što je bilo važno u prošlosti, prije pojave računala. Ideja indeksa jest da se raznolikost objasni vjerojatnošću da dvije slučajno sakupljene jedinke pripadaju istoj vrsti. Izračunava se po formuli (SIMPSON, 1949):

$$D = \sum p_i^2$$

gdje je: D = Simpsonov indeks, a

p_i = je udio jedinki i-te vrste u zajednici.

Većina autora koristi komplement Simpsonova indeksa jer u tom obliku izražava vjerojatnost da dvije slučajno sakupljene jedinke pripadaju različitim vrstama. Taj oblik Simpsonova indeksa, koji je korišten i u ovom radu, naziva se **Simpsonov indeks raznolikosti**, a izračunava se po formuli (KREBS, 1999):

$$1 - D = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

gdje je: **(1 - D)** = Simpsonov indeks raznolikosti,
 p_i = je udio jedinki i-te vrste u zajednici, a
s = broj vrsta u uzorku.

Ujednačenosti za sve indekse definirane su kao odnos uočene raznolikosti, prema maksimalno dobivenoj raznolikosti. U radu je korištena vrlo jednostavna mjera ujednačenosti, koja je izračunavana po formuli (PIELOU, 1969):

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

gdje je: **E** = ujednačenost (engl. Evenness, equitability) vrsta u uzorku,
H' = Shannon-Weaver indeks raznolikosti vrsta u uzorku, a
S = broj vrsta u uzorku.

Od dvije zajednice s istim brojem vrsta raznolikija je ona u kojoj su vrste zastupljene svojim jedinkama podjednako obilno, a manje je raznolika ona u kojoj neke vrste dominiraju, a druge su nazočne s vrlo malom gustoćom populacija (PIELOU, 1974).

Svi gore navedeni indeksi izračunati su pomoću programskog paketa **PC-ORD Version 4.14** tvrtke "MjM Software Design" (McCUNE i MEFFORD, 1999).

Isti program korišten je i za **multivarijantne statističke analize** rezultata ovog istraživanja. Hijerarhijsko grupiranje uzoraka makrozoobentosa po sličnosti/udaljenosti testirano je **Bray-Curtis klaster analizom** (BRAY i CURTIS, 1957), unutar koje je metoda povezivanja po prosjeku grupa (group average linkage method) korištena za formiranje klastera ili grupa najbližijih uzoraka. Korelacijske matrice između broja jedinki (gustoće) pojedinih svojti makrozoobentosa (zavisna varijabla) i vrijednosti čimbenika okoliša (nezavisne varijable)

testirane su **kanoničkom analizom korespondencije (CCA** - Canonical Correspondence Analysis) (TER BRAAK, 1986, 1994). Vrijednosti broja jedinki makrozoobentosa bile su logaritamski transformirane [$\log(x+1)$] prije svih analiza. Vrijednosti varijabli okoliša bile su prije CCA analize standardizirane centriranjem prema srednjoj vrijednosti. Iz analize su uklonjena dva uzorka iz akumulacije Jezero (s postaje N3 od ožujka i listopada) u kojima nije pronađen niti jedan pripadnik makrozoobentosa. Rezultati dobiveni CCA analizom prikazani su u obliku korelacijskog biplota/joint plot, u kojem su korelacije s ordinacijskim osima zavisne i nezavisne varijable ispisane zajedno.

U numeričkoj i grafičkoj obradi podataka korišten je **Microsoft Excel XP**, kojim su načinjene sve tablice i grafikoni u ovom radu.

4. REZULTATI

4.1. Fizikalno-kemijska obilježja vode

4.1.1. Fizikalno-kemijska obilježja vode u akumulaciji Jezero

Rezultati mjerenja fizikalno-kemijskih parametara vode u akumulaciji Jezero prikazani su u Tablici 1 te Slikama 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33 i 37.

U plićem dijelu akumulacije, tijekom godine, nema većih razlika u koncentraciji kisika, zasićenosti kisikom i temperaturi vode pojedinih slojeva. Ovi se parametri na cijelom stupcu vode mijenjaju sezonski.

U najdubljem dijelu akumulacije pojavila se vertikalna termalna stratifikacija slojeva vode od svibnja do srpnja. Termoklina se nalazila ispod 5-6 m dubine, gdje je zabilježen pad temperature za 7-10°C (Tablica 1).

Najviše temperature vode utvrđene su ljeti, a najmanje zimi (Slika 17), tj. u rasponu su od najniže 8.1°C (5 m, veljača 2001) do najviše 28°C (0.5 m, srpanj 2000).

Količine kisika u površinskom sloju vode (do 3 m dubine) kreću se u rasponu od 7.6 do 9.85 mg l⁻¹ (Slika 17). U pridnom sloju (ispod 5 m dubine), količine kisika tijekom ljeta znatno se smanjuju i kreću se između 2.7 i 4.5 mg l⁻¹. U razdoblju 1997-1998 godine koncentracije kisika na površini pokazivale su vrijednosti od 5.8 do 11.4 mg l⁻¹, a pri dnu količina kisika pada na vrijednosti od 3.5 do 4.5 mg l⁻¹.

Sukladno tome, zasićenje kisikom u površinskom sloju vode (do 3 m dubine) kreće se u rasponu od 70 do 89.1% (Slika 19). U pridnom sloju (ispod 5 m dubine), zasićenje kisikom tijekom ljeta znatno se smanjuje i kreće se između 30 i 46%. U razdoblju 1997-1998 godine koncentracije kisika na površini pokazivale su vrijednosti od 56 do 98%, a pri dnu količina kisika pada na vrijednosti od 37 do 43%.

Vrijednosti biološke potrošnja kisika (BPK_5) su uglavnom na analitičkoj nuli (Slika 19). Vrlo visoke vrijednosti izmjerene su samo u pojedinim mjesecima i pojedinim slojevima vode. Tako primjerice u rujnu na dubini od 5 m BPK_5 iznosi čak 19 mg l^{-1} , a u listopadu su u cijelom stupcu vode zabilježene količine između $6\text{--}7 \text{ mg l}^{-1}$, dok je u studenom na dnu zabilježena najviša vrijednost od 20 mg l^{-1} .

Od hranjivih soli, dinamika nitrata je ujednačena, sa vrlo malim promjenama tijekom godine (Slika 21). Nitriti nisu utvrđeni (Tablica 1). Izraženu sezonsku dinamiku pokazuje amonij sa maksimumima u travnju i srpnju.

Količina orto-fosfata ima karakterističan godišnji hod (Slika 25) koji je komplementaran s promjenama vrijednosti klorofila *a* (Slika 27). Tako niže vrijednosti fosfata alterniraju s višim vrijednostima klorofila *a* i obrnuto. Maksimalna izmjerena vrijednost klorofila *a* u akumulaciji Jezero iznosila je $59.8 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ na dubini od 8 m u srpnju, a srednje mjesečne vrijednosti do početka ljeta ne prelaze $3 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$, dok kroz čitavo ljeto i jesen često iznose i preko $30 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ (Slika 27).

Provodljivost i ukupna količina soli (TDS) u vodi značajno se povećavaju tijekom početka vegetacijske sezone (Slika 23). U jesen opadaju, a tijekom zime njihove su vrijednosti vrlo male (ispod 200 mg l^{-1} i $200 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$).

pH se tijekom cijele godine održava u granicama od 7.2 do 8.5 (Slika 23).

Vrijednosti prozirnosti vode kretale su se tijekom istraživanih razdoblja od najniže 2 m u studenom, ožujku i rujnu do najviše 5 m u travnju i svibnju, a većinom se kretala između 2 i 4 m dubine (Slika 29).

Vrijednosti intenziteta svjetlosti mjerene na vertikalnom profilu u svibnju i listopadu prikazane su na Slikama 31 i 33. Mjerenja u listopadu pokazuju pravilan i glatki stepenasti pad (Slika 33), povećanjem dubine za svaki metar, dok podaci mjereni u svibnju pokazuju nešto nepravilniji pad s dubinom, uz povremene skokove na više vrijednosti (Slika 31).

U akumulaciji Jezero mjerena je i koncentracija aluminija u vodi (od 1995. godine kad bio vrhunac od $0.47 \text{ mg Al l}^{-1}$), na površini i uz dno, te su rezultati prikazani na Slici 37.

2001. godine izmjerena je i koncentracija aluminija u sedimentu akumulacije Jezero. U sedimentu plićeg dijela akumulacije izmjereno je 4.1 g Al kg^{-1} suhe težine⁻¹, a $14.77 \text{ g Al kg}^{-1}$ suhe težine⁻¹ na najdubljem mjestu akumulacije Jezero.

4.1.2. Fizikalno-kemijska obilježja vode u akumulaciji Ponikve

Rezultati mjerenja fizikalno-kemijskih parametara vode u akumulaciji Ponikve prikazani su u Tablici 2 te Slikama 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 35 i 36.

Budući da se radi o plitkoj akumulaciji izloženoj vjetrovima, tijekom godine nema većih razlika u koncentraciji kisika, zasićenosti kisikom i temperaturi vode pojedinih slojeva (Tablica 2).

Ovi se parametri na cijelom stupcu vode mijenjaju sezonski: najviše temperature utvrđene su ljeti, a najmanje zimi (Slika 18), tj. u rasponu su od najniže 8.7°C (veljača 2001) do najviše 27.6°C (srpanj 2000).

Količine kisika kreću se u rasponu 7.2 do 13.32 mg l^{-1} , uglavnom su ovisne o temperaturnim prilikama (Slika 18). Najniže su vrijednosti zabilježene u ranojesenskom razdoblju (listopad), kod još uvijek relativno više temperature vode (oko 19.0°C), a najviše u proljetnom razdoblju (svibanj), kod nešto viših temperatura (22.1°C). Te su razlike posljedica proljetne pojačane primarne organske proizvodnje, tj. aktivnosti fitoplanktona i bujne vodene makrovegetacije, te pojačane jesenske razgradnje organskog materijala.

Iz istog razloga u proljetnom su razdoblju zabilježene najviše (152%), a u jesenskom razdoblju najniže (72%) vrijednosti zasićenja kisikom (Slika 20).

Srednje mjesečne vrijednosti biološke potrošnja kisika (BPK_5) su male. Maksimumi od 3.5 mg l^{-1} , 5 mg l^{-1} i 7 mg l^{-1} zabilježeni su u travnju, rujnu i listopadu (Slika 20).

Od hranjivih soli, dinamika nitrata pokazuje manje fluktuacije, ali količina nitrata ukupno gledano je mala (Slika 22). Tijekom cjelokupnog istraživanja nitriti nisu utvrđeni (Tablica 2). Općenito gledajući i vrijednosti amonijaka su relativno male. Maksimalne vrijednosti

izmjerene su na početku i kraju istraživanja u studenom 2000. i listopadu 2001, tj. u jesenskom razdoblju (Slika 22).

Količina orto-fosfata skokovito se mijenja (Slika 26). Najviše izmjerene vrijednosti od 0.10-0.12 mg l⁻¹ pojavile su se u studenom, veljači, svibnju i srpnju. Nakon ovog maksimuma količina orto-fosfata naglo opada, a to korelira s povećanjem količine fitoplanktona na koju nam ukazuje porast klorofila *a*. I ostali utvrđeni porasti vrijednosti orto-fosfata tijekom godine, komplementarni su s porastom vrijednosti klorofila *a*. Maksimalna izmjerena vrijednost klorofila *a* u akumulaciji Ponikve iznosila je 44.9 µg l⁻¹, a srednje mjesečne vrijednosti ne prelaze 20 µg l⁻¹ (Slika 28).

Provodljivost i ukupna količina soli u vodi značajno se povećavaju tijekom početka vegetacijske sezone (Slika 24). Te vrijednosti u lipnju naglo opadaju, a u kolovozu i listopadu utvrđeni su mali porasti vrijednosti provodljivosti i ukupnih soli. Provodljivost se kreće od 150 do 750 µS cm⁻¹, a ukupne soli od 150 do 750 mg l⁻¹.

Tijekom cijele godine pH vrijednosti su uglavnom niže od 8 (od 7.47 do 7.95), a samo su u lipnju zabilježene vrijednosti više od 8 (8.12-8.14) (Slika 24).

Vrijednosti prozirnosti vode kretale su se tijekom istraživanih razdoblja od najniže 2 m u lipnju do najviše 6 m u cijelom zimsko-proljetnom razdoblju (Slika 30).

Vrijednosti intenziteta svjetlosti mjerene na vertikalnom profilu u svibnju i listopadu prikazane su na Slikama 32 i 34. Mjerenja u listopadu pokazuju pravilan i glatki stepenasti pad (Slika 34), povećanjem dubine za svaki metar, dok podaci mjereni u svibnju pokazuju nešto nepravilniji pad s dubinom, uz povremene skokove na više vrijednosti (Slika 32).

Rezultati cjelogodišnjih neprekidnih mjerenja temperature u akumulaciji Ponikve, na 0.5, 3 i 4 m od dna, prikazani su na Slikama 35 i 36.

Tablica 1. Fizikalno-kemijska obilježja vode u akumulaciji Jezero tijekom 2000/2001. godine.

	XI				II				III				IV				V			
	0.5 m	3 m	5 m	9 m	0.5 m	3 m	5 m	9 m	0.5 m	3 m	5 m	8 m	0.5 m	3 m	5 m	8 m	0.5 m	3 m	5 m	9 m
temperatura vode (°C)	14.2	13.3	13.2	13.3	8.6	8.2	8.1	8.3	11.0	10.4	10.3	9.2	12.7	12.2	12.5	11.6	20.0	19.9	17.7	13.7
kisik (mg l ⁻¹)	7.70	7.60	7.20	6.80	-	-	-	-	9.98	9.85	9.65	9.43	8.81	9.00	9.02	6.81	7.40	7.89	7.58	5.50
zasićenje kisikom (%)	72.0	70.0	66.0	65.0	-	-	-	-	91.0	89.1	86.8	83.3	83.1	83.6	84.5	62.6	81.0	86.2	79.2	53.0
provodljivost (μS cm ⁻¹)	99.2	99.8	101.0	105.4	100.2	100.5	100.2	101.0	95.0	97.2	97.9	100.0	557.0	560.0	560.0	568.0	582.0	584.0	578.0	576.0
otopljene soli (mg l ⁻¹)	97.0	98.0	100.0	103.0	113.0	113.0	113.0	114.0	106.0	109.0	110.0	112.0	546.0	548.0	549.0	557.0	571.0	572.0	566.0	564.0
pH	7.53	7.40	7.20	7.06	7.54	7.33	7.33	7.37	7.53	7.67	7.57	7.37	7.76	7.68	7.60	7.41	7.76	7.82	7.70	7.45
P-PO ₄ ³⁻ (mg l ⁻¹)	0.07	0.00	0.00	0.10	0.08	0.11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.14	0.11	0.00	0.09
N-NH ₄ ⁺ (mg l ⁻¹)	0.07	0.07	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.09	0.00	0.05	> 1.0	0.65	0.13	0.65	0.34	0.21	0.06	0.09
N-NO ₂ ⁻ (mg l ⁻¹)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N-NO ₃ ⁻ (mg l ⁻¹)	0.39	0.48	0.44	0.44	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.40	0.57	0.48	0.40	0.40	0.48	0.48	0.44	0.48	0.40	0.40
BPK ₅ (mg l ⁻¹)	13.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.0
klorofil <i>a</i> (μg l ⁻¹)	-	-	-	-	4.9	-	-	6.5	10.4	-	-	6.0	0.6	0.2	0.6	0.4	2.2	0.6	1.1	1.1
prozirnost (m)	2.0				3.2				2.0				5.0				5.0			

	VI				VII				VIII				IX				X			
	0.5 m	3 m	5 m	9 m	0.5 m	3 m	5 m	8 m	0.5 m	3 m	6 m	0.5 m	3 m	5 m	9 m	0.5 m	2 m	4 m	7 m	
temperatura vode (°C)	23.7	23.1	20.7	16.5	28.0	27.1	24.8	17.9	27.4	26.7	23.0	18.8	18.2	18.1	17.7	18.4	18.4	18.4	18.3	
kisik (mg l ⁻¹)	9.50	8.60	6.90	4.50	8.60	8.30	7.70	2.70	8.90	8.90	3.90	8.80	9.50	8.80	8.60	7.90	8.00	7.90	7.80	
zasićenje kisikom (%)	112	99	73	46	111	105	94	30	112	111	45	93	103	92	91	84	85	84	83	
provodljivost (μS cm ⁻¹)	580	582	581	579	536	592	571	503	550	545	529	436	434	434	429	443	443	443	443	
otopljene soli (mg l ⁻¹)	568	572	570	567	557	555	564	570	513	516	540	498	498	498	497	507	507	507	509	
pH	7.90	7.87	7.73	7.60	-	-	-	-	8.07	8.07	7.55	8.27	8.34	8.27	8.55	8.33	8.23	8.09	7.86	
P-PO ₄ ³⁻ (mg l ⁻¹)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.11	0.06	0.07	0.12	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.09	0.00	0.06	0.08	
N-NH ₄ ⁺ (mg l ⁻¹)	0.06	0.06	0.08	0.15	0.09	0.03	0.09	0.89	0.09	0.06	0.27	0.04	0.19	0.09	0.25	0.04	0.00	0.10	0.08	
N-NO ₂ ⁻ (mg l ⁻¹)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N-NO ₃ ⁻ (mg l ⁻¹)	0.40	0.40	0.40	0.35	0.40	0.40	0.35	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.35	0.40	0.40	0.40	0.35	0.40	0.40	
BPK ₅ (mg l ⁻¹)	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.8	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	2.0	6.0	6.0	7.0	6.0	
klorofil <i>a</i> (μg l ⁻¹)	7.7	7.7	9.9	9.3	7.7	6.0	9.3	59.8	14.8	12.1	34.0	34.5	35.4	37.0	26.3	-	-	-	-	
prozirnost (m)	4.0				3.0				4.3			2.0				3.5				

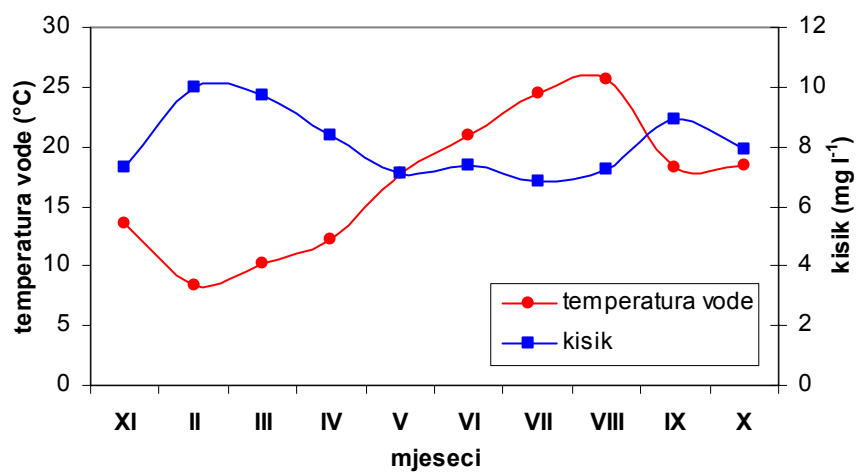
0 vrijednosti su na analitičkoj nuli
 - vrijednosti nisu izmjerene
 > vrijednosti veće od granica mjerljivosti za određeni parametar

Tablica 2. Fizikalno-kemijska obilježja vode u akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.

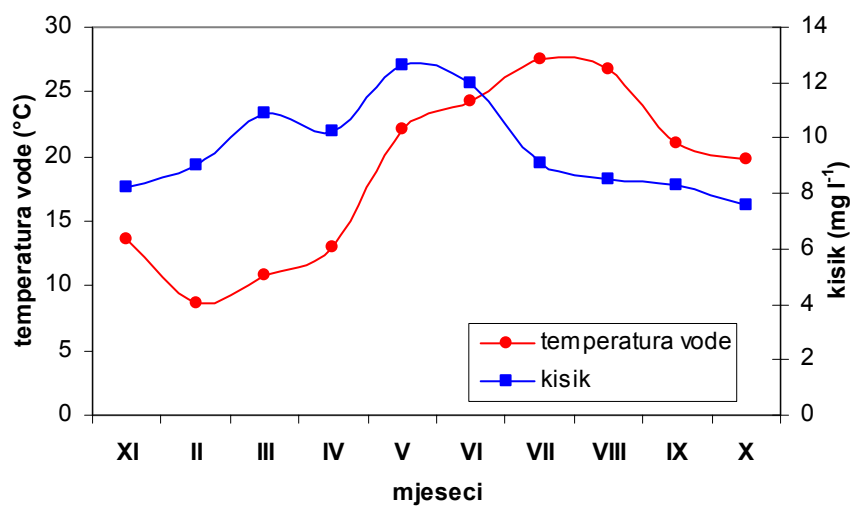
	XI			II			III			IV			V		
	0.5 m	3 m	5 m	0.5 m	3 m	5 m	0.5 m	3 m	5 m	0.5 m	3 m	5 m	0.5 m	3 m	5 m
temperatura vode (°C)	13.6	13.7	13.5	8.7	8.7	8.8	10.9	11.1	10.7	13.1	13.2	12.9	22.1	22.1	22.1
kisik (mg l ⁻¹)	7.70	8.40	8.50	-	-	-	10.70	10.98	11.03	10.27	10.20	10.36	13.32	12.38	12.20
zasićenje kisikom (%)	72.0	81.0	82.0	-	-	-	96.7	100.6	100.4	98.1	91.7	98.7	152.0	141.5	139.7
provodljivost (μS cm ⁻¹)	141.3	140.8	141.2	139.9	140.1	139.3	135.5	135.6	135.8	743.0	742.0	743.0	622.0	623.0	626.0
otopljene soli (mg l ⁻¹)	138	138	138	157	157	157	151	151	152	728	727	728	610	611	614
pH	7.60	7.58	7.52	7.79	7.76	7.47	7.71	7.70	7.72	7.59	7.70	7.60	7.92	7.95	7.94
P-PO ₄ ³⁻ (mg l ⁻¹)	0.00	0.00	0.12	0.11	0.00	0.00	0.06	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
N-NH ₄ ⁺ (mg l ⁻¹)	> 1.0	> 1.0	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.09	0.06	0.18
N-NO ₂ ⁻ (mg l ⁻¹)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N-NO ₃ ⁻ (mg l ⁻¹)	0.36	0.35	0.35	0.48	0.44	0.39	0.48	0.57	0.48	0.44	0.53	0.48	0.40	0.40	0.40
BPK ₅ (mg l ⁻¹)	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.7	0.0	9.0	0.0	1.0	5.0	6.0	2.0	2.0	2.0
klorofil <i>a</i> (μg l ⁻¹)	-	-	-	3.2	-	2.7	7.1	-	1.6	0.4	1.6	1.6	1.6	0.6	1.6
prozirnost (m)	6.0			6.0			6.0			6.0			6.0		

	VI			VII			VIII			IX		X	
	0.5 m	3 m	5 m	0.5 m	3 m	5 m	0.5 m	1.5 m	3 m	0.5 m	2 m	0.5 m	2 m
temperatura vode (°C)	24.5	24.3	24.2	27.6	27.4	27.5	26.7	26.8	26.8	18.3	18.1	19.5	18.8
kisik (mg l ⁻¹)	12.20	11.70	11.98	9.20	9.00	9.00	8.60	8.60	8.30	8.00	8.30	7.30	7.20
zasićenje kisikom (%)	104.1	141.0	143.5	117.0	114.0	114.0	107.0	107.0	107.0	85.0	88.0	78.0	77.0
provodljivost (μS cm ⁻¹)	478.0	478.0	476.0	493.0	493.0	494.0	534.0	537.0	535.0	455.0	456.0	491.0	496.0
otopljene soli (mg l ⁻¹)	468	468	466	460	459	461	505	507	507	522	524	555	563
pH	8.12	8.14	8.13	-	-	-	7.90	7.95	7.88	7.86	7.83	7.89	7.81
P-PO ₄ ³⁻ (mg l ⁻¹)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.10	0.00	0.04	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00
N-NH ₄ ⁺ (mg l ⁻¹)	0.08	0.08	0.04	0.08	0.00	0.04	0.00	0.05	0.06	0.15	0.08	0.32	0.23
N-NO ₂ ⁻ (mg l ⁻¹)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N-NO ₃ ⁻ (mg l ⁻¹)	0.48	0.48	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.06	0.06	0.40	0.40
BPK ₅ (mg l ⁻¹)	3.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	1.4	1.2	1.8	13.0	0.0	8.0	8.0
klorofil <i>a</i> (μg l ⁻¹)	2.2	1.1	5.5	9.8	11.0	14.0	21.0	19.2	44.9	13.2	18.9	-	-
prozirnost (m)	2.0			6.0			2.3			3.0		3.0	

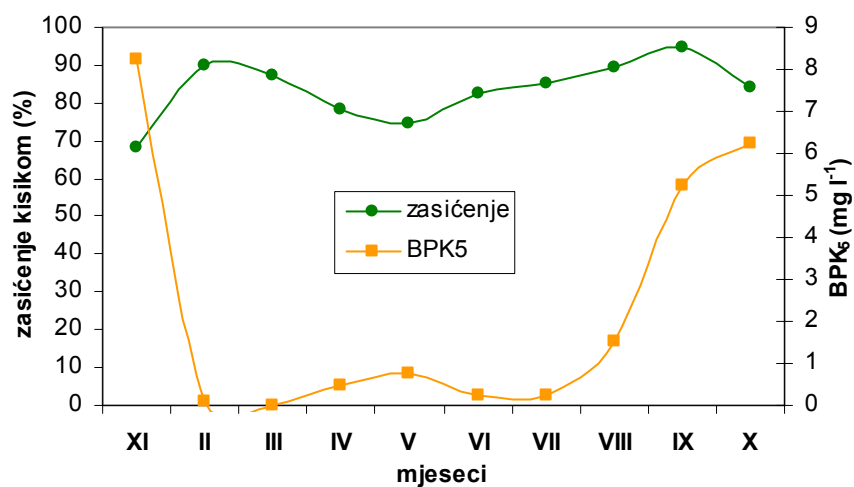
0 vrijednosti su na analitičkoj nuli
 - vrijednosti nisu izmjerene
 > vrijednosti veće od granica mjerljivosti za određeni parametar



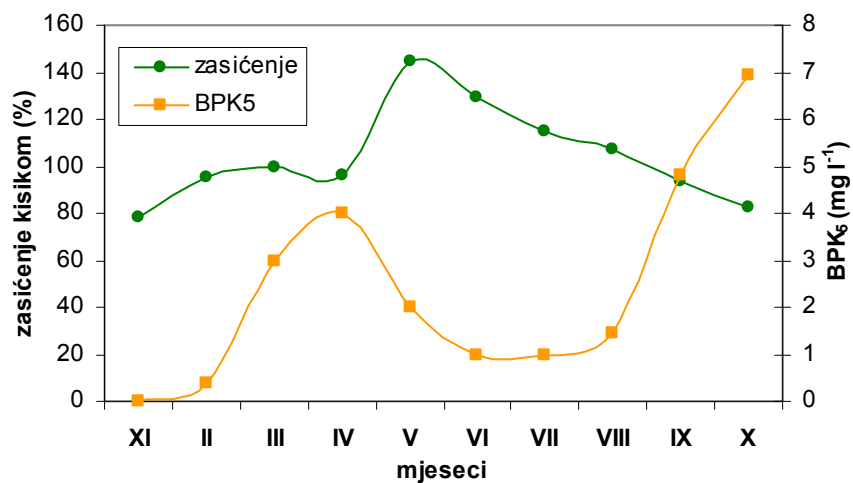
Slika 17. Prosječne vrijednosti temperature vode i količine otopljenog kisika izmjerene u akumulaciji Jezero tijekom 2000/2001. godine.



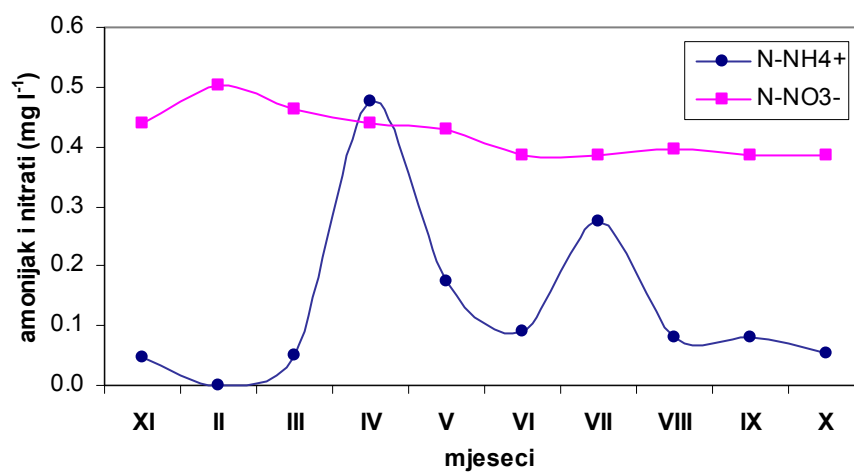
Slika 18. Prosječne vrijednosti temperature vode i količine otopljenog kisika izmjerene u akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.



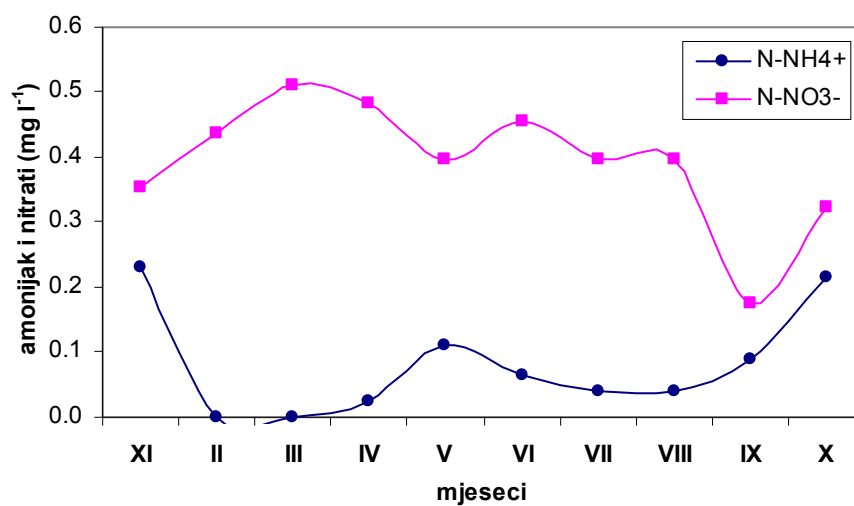
Slika 19. Prosječne vrijednosti biološke potrošnje kisika (BPK₅) i zasićenja kisikom izmjerene u akumulaciji Jezero tijekom 2000/2001. godine.



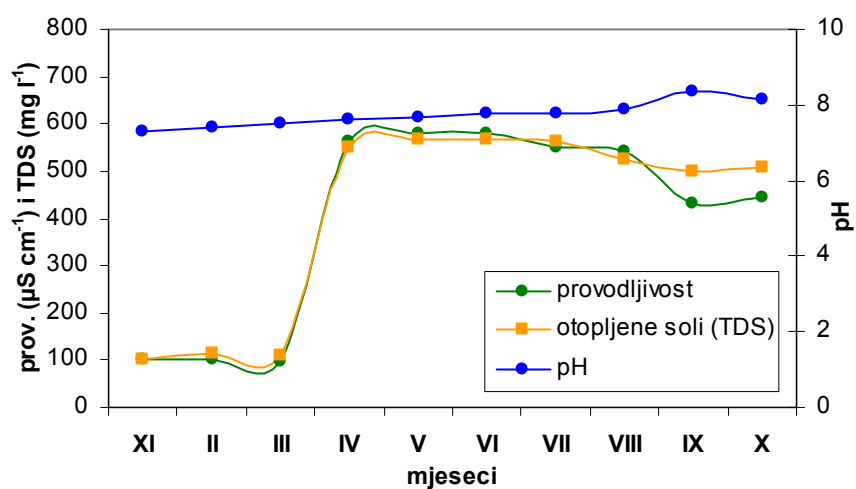
Slika 20. Prosječne vrijednosti biološke potrošnje kisika (BPK₅) i zasićenja kisikom izmjerene u akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.



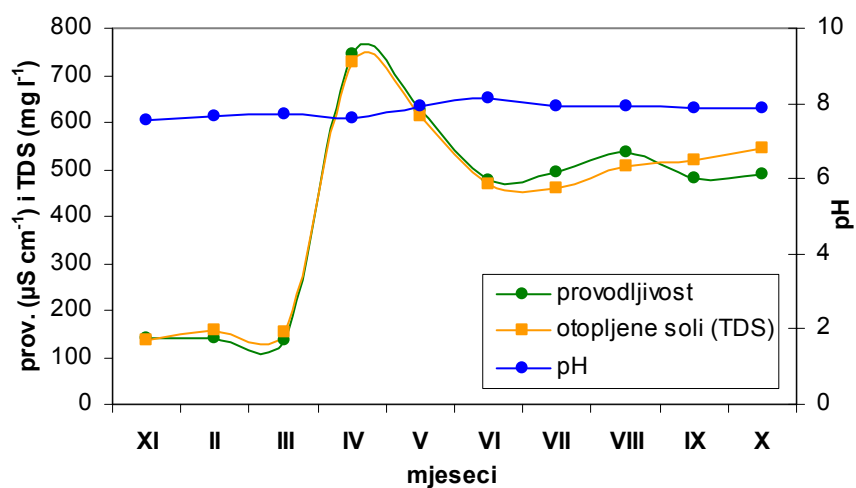
Slika 21. Prosječne vrijednosti nitrata i amonijaka izmjerene u akumulaciji Jezero tijekom 2000/2001. godine.



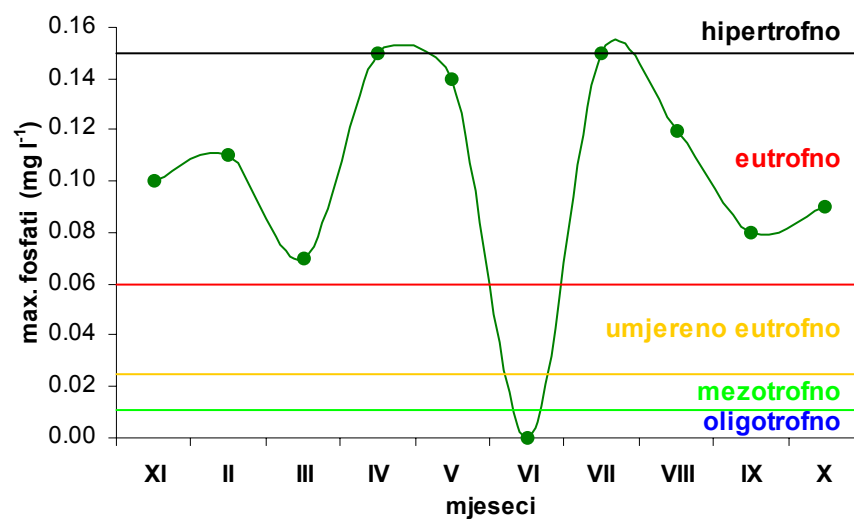
Slika 22. Prosječne vrijednosti nitrata i amonijaka izmjerene u akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.



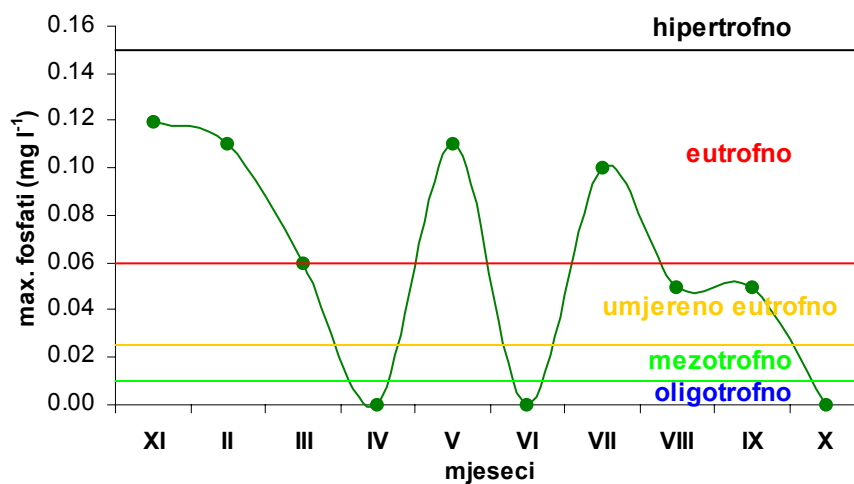
Slika 23. Prosječne vrijednosti pH, provodljivosti i ukupno otopljenih soli (TDS) izmjerene u akumulaciji Jezero tijekom 2000/2001. godine.



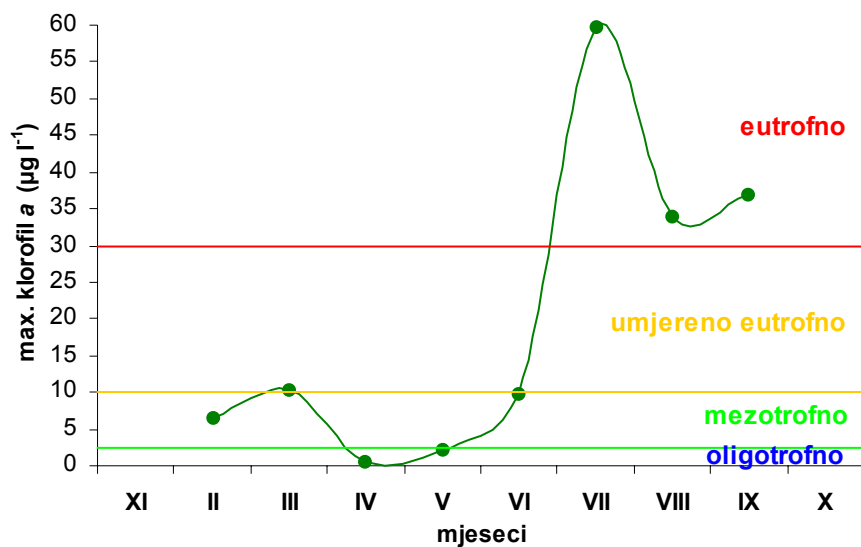
Slika 24. Prosječne vrijednosti pH, provodljivosti i ukupno otopljenih soli (TDS) izmjerene u akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.



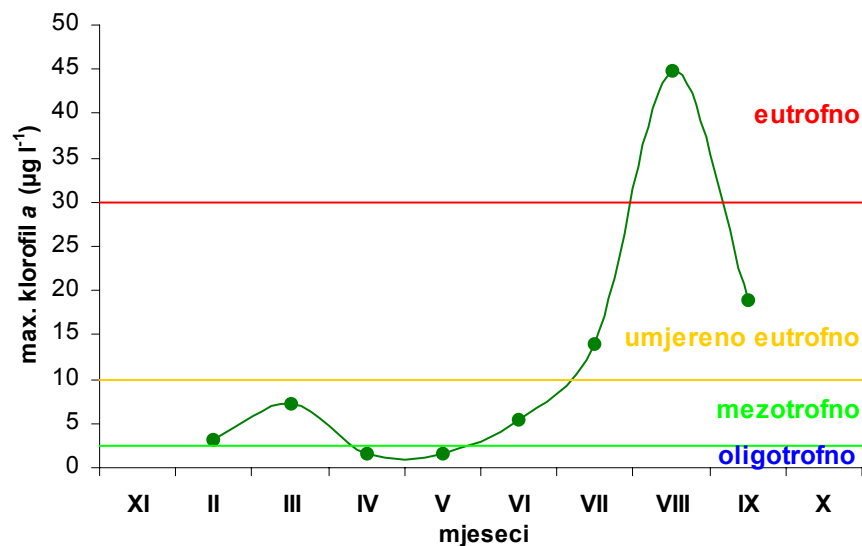
Slika 25. Maksimalne vrijednosti orto-fosfata izmjerene u akumulaciji Jezero tijekom 2000/2001. godine. Granice stupnjeva trofije prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98).



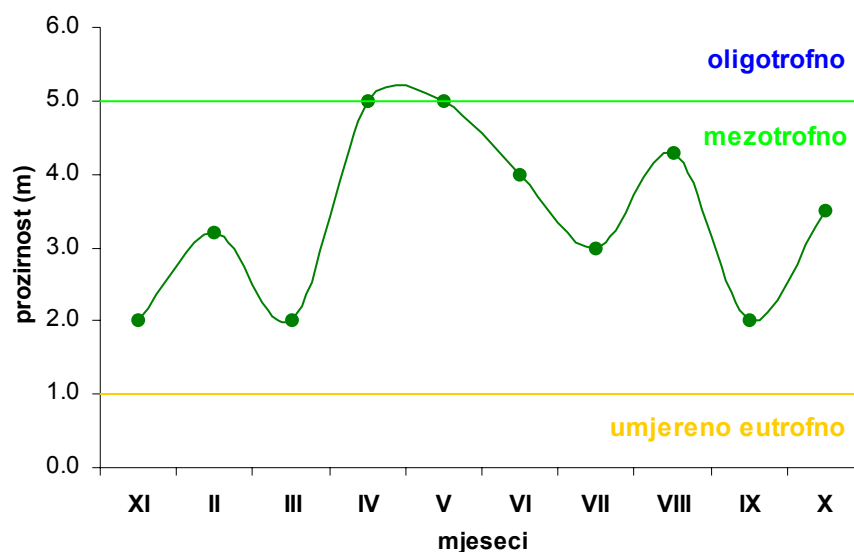
Slika 26. Maksimalne vrijednosti orto-fosfata izmjerene u akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine. Granice stupnjeva trofije prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98).



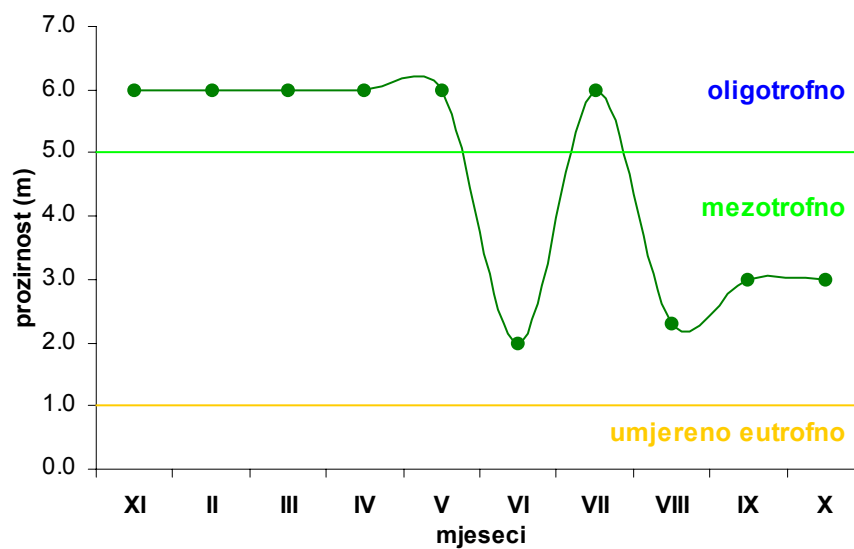
Slika 27. Maksimalne vrijednosti klorofila *a* izmjerene u akumulaciji Jezero tijekom 2000/2001. godine. Granice stupnjeva trofije prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98).



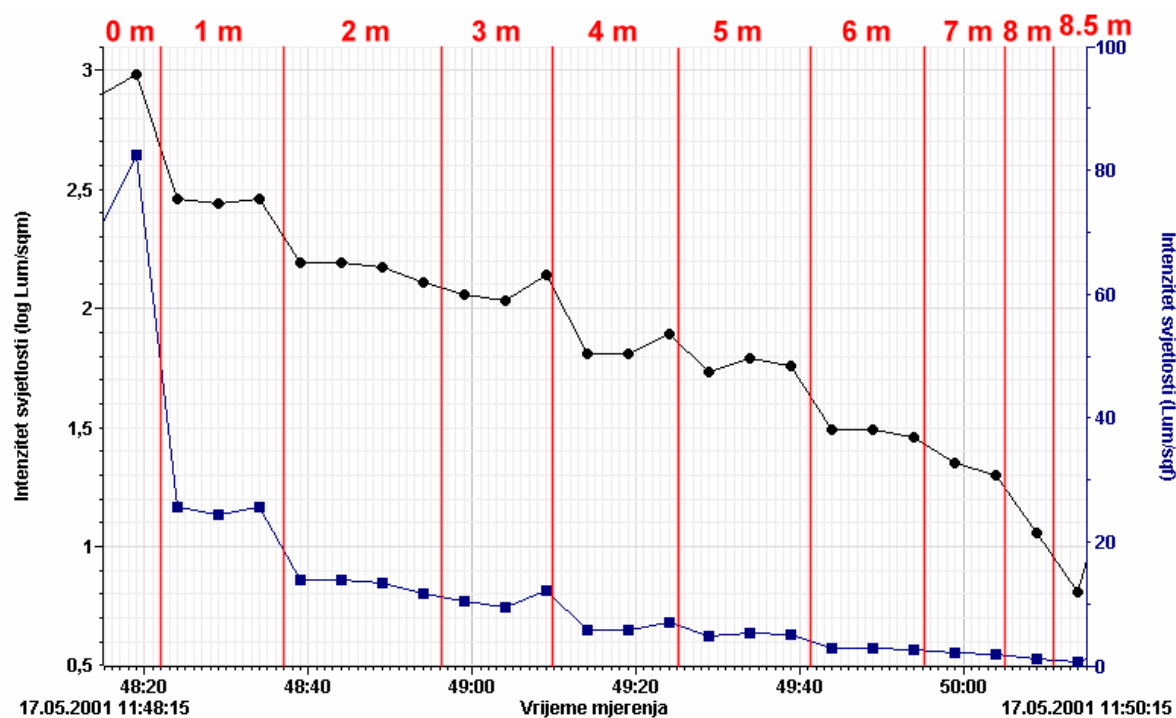
Slika 28. Maksimalne vrijednosti klorofila *a* izmjerene u akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine. Granice stupnjeva trofije prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98).



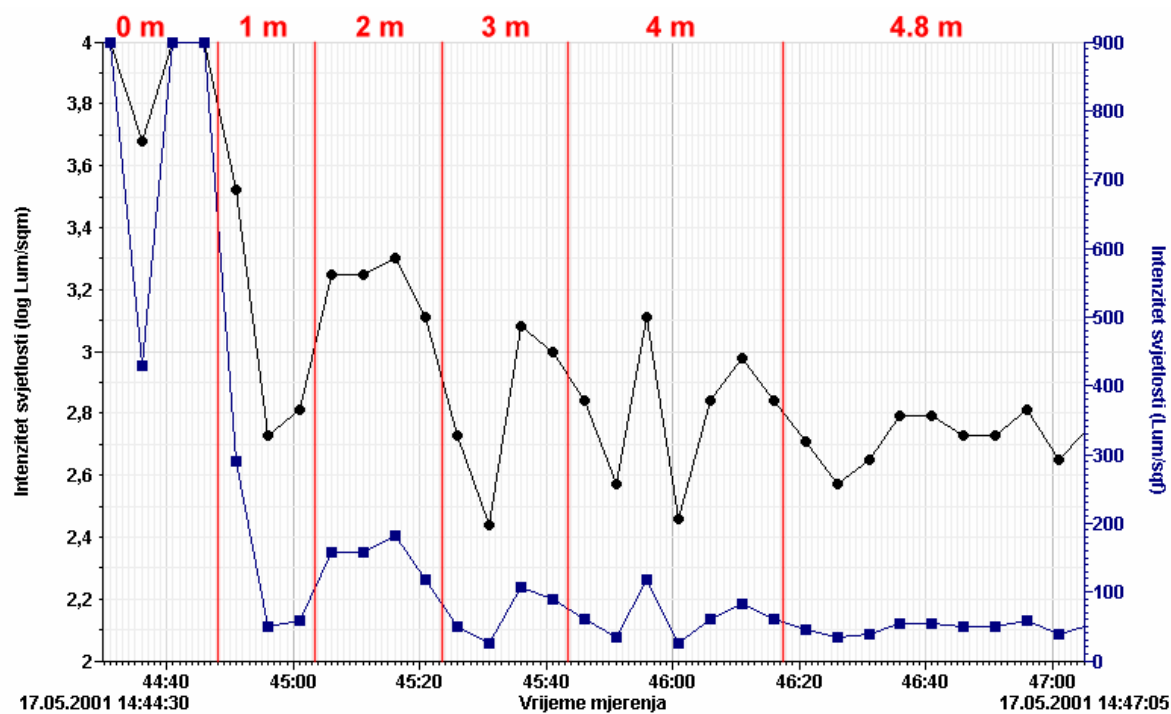
Slika 29. Prozirnost vode izmjerena u akumulaciji Jezero tijekom 2000/2001. godine.
Granice stupnjeva trofije prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98).



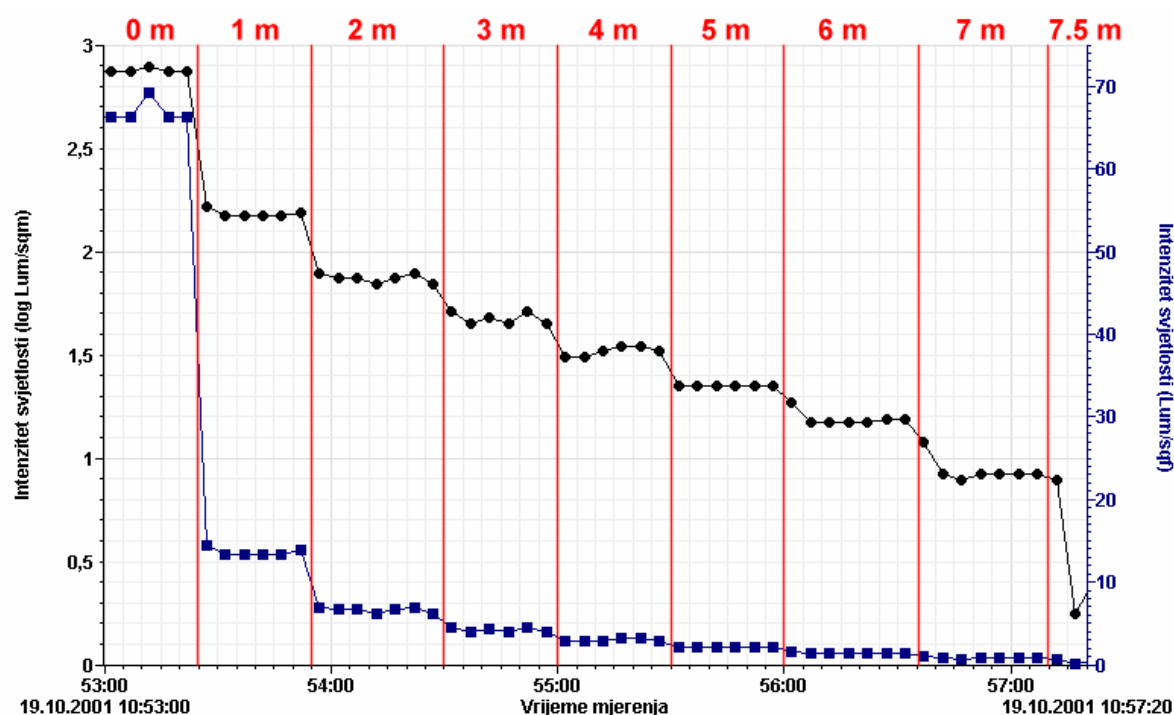
Slika 30. Prozirnost vode izmjerena u akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.
Granice stupnjeva trofije prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98).



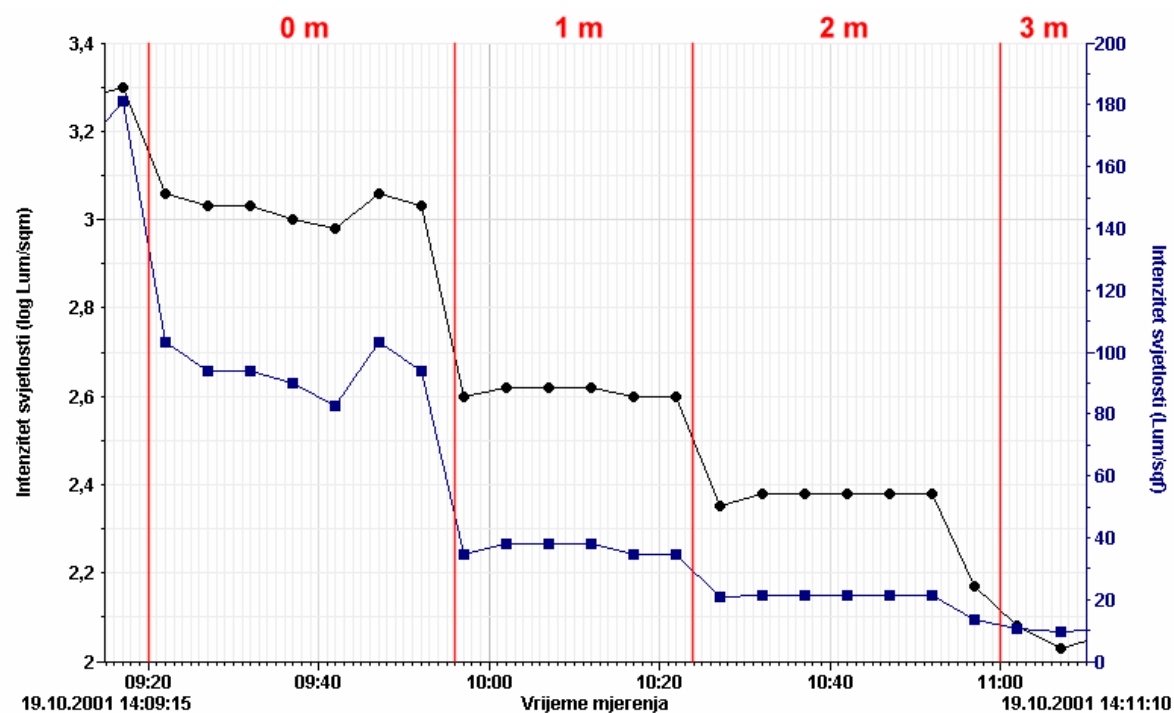
Slika 31. Intenzitet svjetlosti izmjeren u akumulaciji Jezero 17. svibnja 2001. godine.



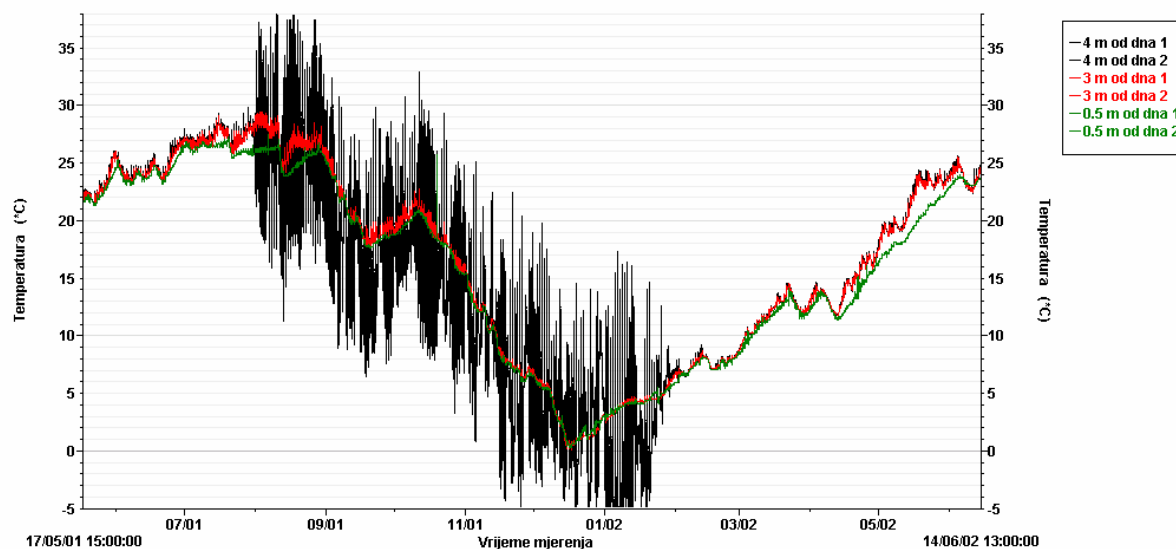
Slika 32. Intenzitet svjetlosti izmjeren u akumulaciji Ponikve 17. svibnja 2001. godine.



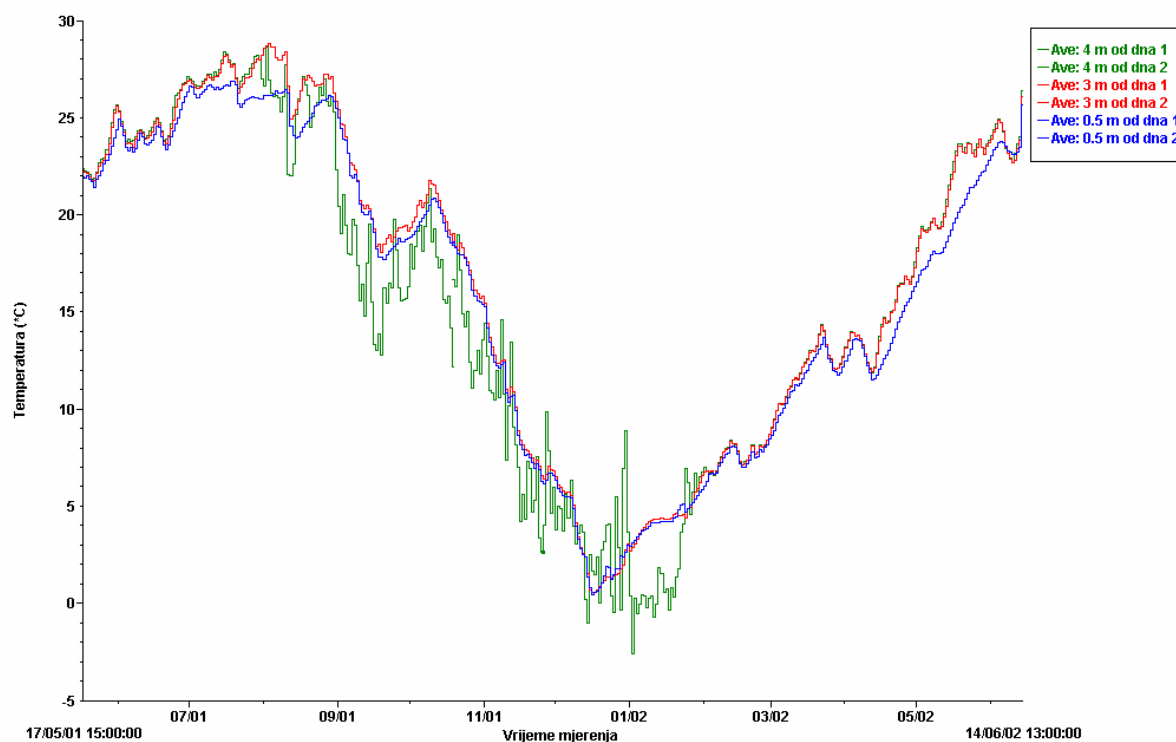
Slika 33. Intenzitet svjetlosti izmjeren u akumulaciji Jezero 19. listopada 2001. godine.



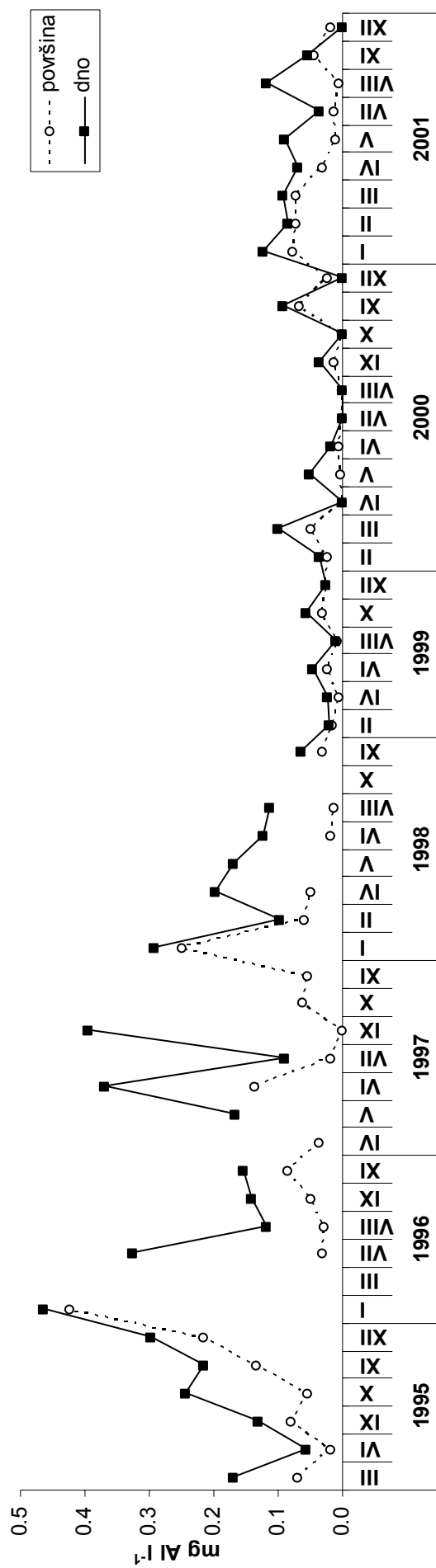
Slika 34. Intenzitet svjetlosti izmjeren u akumulaciji Ponikve 19. listopada 2001. godine.



Slika 35. Cjelogodišnje kretanje temperature vode mjerene svakih 15 minuta na postaji P1 u akumulaciji Ponikve od 17. svibnja 2001. godine do 14. lipnja 2002. godine, na 0.5, 3 i 4 m od dna.



Slika 36. Cjelogodišnje kretanje prosječne dnevne temperature vode mjerene svakih 15 minuta na postaji P1 u akumulaciji Ponikve od 17. svibnja 2001. godine do 14. lipnja 2002. godine, na 0.5, 3 i 4 m od dna.



Slika 37. Koncentracije aluminija u vodi akumulacije Jezero od 1995. do 2001. godine.

4.2. Makrozoobentos

Rezultati uzorkovanja makrofaune bentosa u akumulacijama Jezero i Ponikve tijekom 2000/2001. godine prikazani su brojem jedinki pojedinih svojti po m^2 (jed. m^{-2}) (Tablice 3, 4 i 5), brojem jedinki pojedinih skupina po m^2 (Tablice 6 i 7; Slike 38 i 40) te postotnim udjelom pojedinih skupina po m^2 sedimenta (Tablice 6 i 7; Slike 39 i 41).

Ukupna gustoća i raznolikost makrozoobentosa (broj vrsta po postaji, ujednačenost, Shannon-Weaver indeks raznolikosti i Simpsonov indeks raznolikosti) na svim postajama u akumulaciji Jezero i akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine prikazane su maksimalnom, minimalnom i srednjom vrijednošću te standardnom devijacijom (Tablica 8; Slike 44, 45, 47 i 48). Sve vrijednosti mnogo su veće u akumulaciji Ponikve. Samo je ujednačenost podjednaka u obje akumulacije, a najveća je na postaji N1 u akumulaciji Jezero, u kojoj mnogo jače varira (od 0 do 1) na postajama N2-N5 (Slika 46).

Rezultati Bray-Curtis (group average linkage) klaster analize međusobne sličnosti/udaljenosti svih uzoraka iz akumulacije Jezero (N) i akumulacije Ponikve (P) po postajama (N1-N5 i P1-P4) i mjesecima uzorkovanja (10) tijekom 2000/2001. godine pokazuju generalnu podjelu uzoraka na dvije velike grupe (klastera), tj. na dvije akumulacije, Jezero i Ponikve (Slika 49). Na dnu dendrograma iz te su podjele izdvojeni uzorci koji pokazuju najveću udaljenost (najmanju sličnost) prema ostalim uzorcima (postaja N3 od travnja, svibnja i kolovoza). U grupi uzoraka iz akumulacije Jezero našla su se i tri uzorka iz akumulacije Ponikve (postaja P2 od srpnja, kolovoza i listopada). Grupa uzoraka iz akumulacije Ponikve je jedinstvena, bez umetnutih uzoraka iz akumulacije Jezero. Unutar grupa uzoraka iz pojedinih akumulacija, uzorci su se uglavnom grupirali po sličnoj dubini (plići i dublji) te po sličnim mjesecima uzorkovanja (godišnjim dobima).

Kanonička analiza korespondencije (CCA) gustoće pojedinih svojti makrozoobentosa i čimbenika okoliša rezultirala je ordinacijskim dijagramima, u kojima su okolišne varijable prikazane pravcima (vektorima) čija dužina i smjer pokazuju u kakvoj su međusobnoj ovisnosti. Pozitivna korelacija očituje se u približno jednakoj dužini vektora i istom smjeru, a negativna u njihovom suprotnom smjeru i različitoj dužini. Prikazani su zasebni ordinacijski CCA dijagrami za svaku akumulaciju s točkama uzoraka (Slike 50 i 52) i s točkama svojti (Slike 51 i 53) posebno, a na kraju ista takva dva dijagrama za zbrojene uzorke i svojte iz

obje akumulacije (Slike 54 i 55). Ordinacijski dijagrami za akumulaciju Jezero prikazuju vektor dubine kao najznačajniji čimbenik okoliša (na 1. osi), zatim je koncentracija ortofosfata (na 1. osi) u suprotnom smjeru (negativna korelacija) i s duplo kraćim vektorom, a treći čimbenik po važnosti je koncentracija klorofila *a*, koja je na 2. osi i u pozitivnoj korelaciji s vektorom dubine. Ordinacijski dijagrami za akumulaciju Ponikve prikazuju vektor koncentracije klorofila *a* kao najznačajniji čimbenik okoliša (na 1. osi), zatim je vektor dubine (na 2. osi), a u uglavnom suprotnom smjeru od njega na 2. osi su vektor temperature i vektor zasićenja kisikom. Ordinacijski dijagrami za akumulacije Jezero i Ponikve zajedno prikazuju vektor dubine kao najznačajniji čimbenik okoliša (na 1. osi), a u suprotnom smjeru na 2. osi po značajnosti su poredani vektori temperature, zasićenja kisikom i koncentracije otopljenog kisika. U ordinacijskom dijagramu za obje akumulacije zajedno nedostaje *Echinogammarus* sp. jer je rastezao lijevi donji ugao dijagrama pa je maknut iz tablice gustoća.

4.2.1. Makrozoobentos u akumulaciji Jezero

U uzorcima iz akumulacije Jezero utvrđeno je 25 svojti makroskopskih beskralješnjaka s prosječnom gustoćom od 545 jed. m⁻², te s najvećom gustoćom od 2850 jed. m⁻² na najdubljjoj postaji N1 (9 m dubine) u ožujku. Skoro jednaka gustoća (2650 jed. m⁻²) makrozoobentosa zabilježena je još i u srpnju na istoj postaji (8 m), dok je ostatak godine gustoća makrofaune bliža prosječnoj gustoći (Tablica 6). Tijekom cijele godine, najveća gustoća makrofaune je većinom uvijek na postaji N1, osim u veljači na postaji N2 (850 jed. m⁻², 8 m) i u lipnju na postaji N5 (1400 jed. m⁻², 2 m).

Među uzorkovanom makrofaunom u akumulaciji Jezero najbrojniji su maločetinaši (Oligochaeta) s 39.08%. Slijedeće po brojnosti su ličinke dvokrilaca iz porodice Chaoboridae s 28.62%, ličinke dvokrilaca iz porodice trzalaca (Chironomidae) 26.79%, rakovi veslonošci (Copepoda) s 2.2%, a ostale skupine su prisutne s manje od 1% (Tablica 6; Slika 42). U akumulaciji Jezero ukupno su zabilježeni predstavnici 13 skupina makroskopskih beskralješnjaka i uglavnom s dosta malom brojnošću.

4.2.2. Makrozoobentos u akumulaciji Ponikve

U uzorcima iz akumulacije Ponikve utvrđeno je 57 svojti makroskopskih beskralješnjaka s prosječnom gustoćom od 9340 jed. m⁻², te s najvećom gustoćom od 28550 jed. m⁻² na postaji

P2 (5 m) u veljači. Vrlo visoke (iznad 20000 jed. m⁻²) gustoće makrozoobentosa zabilježene su još i u veljači na postaji P1 (24250 jed. m⁻², 5 m) te na postajama P1 (24000 jed. m⁻², 5 m) i P4 (22950 jed. m⁻², 2 m) u studenome.

Više od polovice (51.14%) uzorkovane makrofaune u akumulaciji Ponikve čine ličinke dvokrilaca iz porodice trzalaca (Chironomidae). Slijedeći po brojnosti su maločetinaši (Oligochaeta) s 16.32%, rakovi ljuskari (Ostracoda) s 9.87%, školjkaši (Bivalvia) s 5.96%, ličinke tulara (Trichoptera) s 5.15%, rakovi rašljoticalci (Cladocera) s 3.42%, ličinke dvokrilaca iz porodice Chaoboridae s 2.97%, ličinke vretenaca (Odonata) s 1.19%, ličinke dvokrilaca iz porodice Ceratopogonidae s 1%, a ostale skupine su prisutne s manje od 1% (Tablica 7; Slika 43). U akumulaciji Ponikve ukupno su zabilježeni predstavnici 27 skupina makroskopskih beskralješnjaka. Nema većih razlika u prisutnosti predstavnika pojedinih skupina na pojedinim postajama.

Tablica 3. Broj jedinki po m² pojedinih svojiti makrofaune u akumulaciji Jezero tijekom 2000/2001. godine.

Mjesec		Dubina (m)																				
Postaja		XI			II			III			IV			V								
Svojta		N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5	
		11	9	4	2	2.5	9	8	2	1.3	2	9	9	1.5	2	3	8	8	4	1.5	2	
Oligochaeta																						
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparède 1862				150																		
<i>Limnodrilus udekemianus</i> Claparède 1862				50																		
<i>Potamothrix hammoniensis</i> (Michaelsen 1901)		250	200	50		150	150	300			150	2450	1100			500	500	400				
<i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube 1861)																						
Tubificidae gen. sp.								200									200		100	50		
Gastropoda																						
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus 1758)																						
Crustacea																						
Cladocera																						
<i>Daphnia pulex</i> Leydig 1860													50									
Copepoda																						
<i>Cyclops</i> sp.																						
Ostracoda																						
Amphipoda																						
<i>Echinogammarus</i> sp. (juv.)																						
Hydracarina		100																				
Heteroptera - Corixidae																						
Diptera - Ceratopogonidae								50														
Diptera - Chaoboridae																						
<i>Chaoborus flavicans</i> (Meigen 1818)		550	550				200	250				200	50				100	100			50	
kukuljice																						
Diptera - Chironomidae																						
<i>Chironomus plumosus</i> (Linnaeus 1758)		50																				
<i>Chironomus salinarius</i> Kieffer 1915							100															
<i>Cryptochironomus defectus</i> (Kieffer 1913)																						
<i>Limnochironomus nervosus</i> (Staeger 1839)																						
<i>Micropectra junci</i> (Meigen 1818)																						
<i>Procladius choreus</i> (Meigen 1804)																						
<i>Polypedium laetum</i> (Meigen 1818)																						
<i>Thienemannimyia</i> gr. <i>lentiginosa</i> (Fries 1832)																						
kukuljice																						
Odonata																						
Anisoptera																						
Corduliidae																						
<i>Cordulia aenea</i> (Linnaeus 1758)																						
Libellulidae																						
<i>Orthetrum brunneum</i> (Fonscolombe 1837)																						
Ephemeroptera																						
Baetidae																						
<i>Cloeon</i> sp.																						
Ukupno		950	750	250	200	350	550	850	100	500	450	2850	1450	0	750	200	650	400	100	200	350	100

Tablica 3. nastavak

Svojta	Mjesec Postaja Dubina (m)	VI					VII					VIII					IX					X				
		N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5
Oligochaeta		9	9	3	1	2	8	6	0.5	0.5	1.5	7	5.5	0.5	0.5	0.7	7	6	0.5	1	1	7	6	0.5	0.5	0.8
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparède 1862							100						50													
<i>Limnodrilus udekemianus</i> Claparède 1862																										
<i>Potamothrix hammonensis</i> (Michaelsen 1901)		400					350					400					550	450				400	50		150	
<i>Psammoretyides barbatus</i> (Grube 1861)																										
Tubificidae gen. sp.							50																		100	
Gastropoda																										
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus 1758)																100										
Crustacea																										
Cladocera																										
<i>Daphnia pulex</i> Leydig 1860																										
Copepoda																										
<i>Cyclops</i> sp.							500																			
Ostracoda																										
Amphipoda																										
<i>Echinogammarus</i> sp. (juv.)																										
Hydracarina																										
Heteroptera - Corixidae																										
Diptera - Ceratopogonidae																										
Diptera - Chaoboridae																										
<i>Chaoborus flavicans</i> (Meigen 1818)		400	700			50	1600	100			50	1300	50				650	50				650	50			
kukuljice			50									50														
Diptera - Chironomidae																										
<i>Chironomus plumosus</i> (Linnaeus 1758)																										
<i>Chironomus salinarum</i> Kieffer 1915																										
<i>Cryptochironomus defectus</i> (Kieffer 1913)						450																				
<i>Limnochironomus nervosus</i> (Staeger 1839)																										
<i>Micropectra junci</i> (Meigen 1818)																										
<i>Procladius choreus</i> (Meigen 1804)																										
<i>Polyphemus laetum</i> (Meigen 1818)																										
<i>Thienemannimyia</i> gr. <i>lentiginosa</i> (Fries 1832)																										
kukuljice						50																				
Odonata																										
Anisoptera																										
Corduliidae																										
<i>Cordulia aenea</i> (Linnaeus 1758)																										
Libellulidae																										
<i>Orthetrum brunneum</i> (Fonscolombe 1837)																										
Ephemeroptera																										
Baetidae																										
<i>Cloeon</i> sp.																										
Ukupno		800	750	400	550	1400	2650	150	150	500	50	1850	250	50	200	50	1200	550	150	100	200	1050	150	0	350	150

Tablica 4. Broj jedinki po m² pojedinih svojti makrofaune na dubljim postajama u akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.

[illegible]

Tablica 4. nastavak

Svoja	Mjesec Postaja	Dubina (m)	XI		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X	
			P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Diptera - Dolichopodidae				150		100	450		450		50											
Diptera - Ceratopogonidae																						
Diptera - Chaoboridae				50					250		200											
Chaoborus flavicans (Meigen 1818)																						
kukuljice																						
Diptera - Chironomidae																						
Chironomus plumosus (Linnaeus 1758)		2050	1450		2600	400	1200	2600		150	100	4200										
Cricotopus bichinctus (Meigen 1818)					100																	
Cryptochironomus defectus (Kieffer 1913)		350	6000		12750																	
Limnochironomus nervosus (Staeger 1839)		18250	850	11350	1650	7550	1650	1800	750												200	
Microspectra junci (Meigen 1818)		250	100	950	500	250	500	100			1450										100	
Procladius choreus (Meigen 1804)																						
Polypedium laetum (Meigen 1818)																						
Synorthocladius semivirens (Kieffer 1909)																						
Thienemannimyia gr. lentiginosa (Fries 1832)																						
kukuljice																						
Trichoptera																						
Ecnomidae																						
Ecnomus tenellus (Rambur 1842)		50		100	650					250		50										
Leptoceridae																						
Leptocerus tineiformis Curtis 1834		150	100	200	450	900	450	950	100		450	100	750	50	300	50	750		1350	150	750	
Phryganeidae																						
Agrypnia varia (Fabricius 1793)		50				50																
Odonata																						
Zygoptera																						
Coenagrionidae																						
Enallagma cyathigerum (Charpentier 1840)		50			150					100												
Lestidae																						
Chalcolestes viridis (Van der Linden 1825)																						
Anisoptera																						
Cordulidae																						
Cordulia aenea (Linnaeus 1758)																						
Libellulidae																						
Crocothemis erythraea (Brullé 1832)																						
Libellula quadrimaculata Linnaeus 1758																						
Orthetrum brunneum (Fonscolombe 1837)																						
Orthetrum cancellatum (Linnaeus 1758)		50									50									50		
Ephemeroptera																						
Baetidae																						
Cloeon sp.		50	100		150																	
Ukupno		24000	9800	24400	28550	13600	4600	11700	2850	11800	11050	5100	850	2100	150	3050	1800	9100	1250	4550	4800	

Tablica 5. Broj jedinki po m² pojedinih svojiti makrofaune na plićim postajama u akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.

Svojita	Mjesec Postaja Dubina (m)	XI		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X	
		P3	P4	P3	P4	P3	P4	P3	P4	P3	P4	P3	P4	P3	P4	P3	P4	P3	P4	P3	P4
Oligochaeta																					
Lumbricidae gen. sp.				700				100													
<i>Eiseniella terraedra</i> (Savigny 1826)					150																
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede 1862			300		50		2750	200			50		300		50					100	
<i>Potamothrix bavaricus</i> (Öschmann 1913)		2450	4000	400	750		2450	100		2600	300	8050	150		150	2650	100	1400		300	350
Tubificidae gen. sp.																					
<i>Nais behnigii</i> Michaelson 1923																					
<i>Nais communis</i> Piguet 1906																					
<i>Nais pardalis</i> Piguet 1906											50							250			50
<i>Dero</i> sp.																					
<i>Pristina bilobata</i> (Bretscher 1903)				400			2450				100										
<i>Psammoryctides moravicus</i> (Hrabe 1934)				600																	
<i>Sylodrilus heringianus</i> (Claparede 1862)		50		300			350														
Lumbriculidae gen. sp.							50	450		400	1650	200			50						
Nematoda																					
Gastropoda																					
<i>Ferissia wautieri</i> (Miroli 1960)																					
<i>Radix ovata</i> (Draparnaud 1805)																					
Bivalvia		150		500	1200		1050	300			150	50									
Crustacea																					
Cladocera																					
<i>Daphnia pulex</i> Leydig 1860				50				2500													
<i>Kurzia</i> sp.		150																			
<i>Simoccephalus ventulus</i> Schoedler 1858		250	150	400	50		5700	50		400	100	100	300					350	100		100
Copepoda																					
<i>Cyclops</i> sp.																					
<i>Eudiaptomus padanus etruscus</i> Losito 1901																					
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine 1820)																					
<i>Megacyclus viridis</i> (Jurine 1820)		100					150	50		100	50	50	150		100			100	50		
Ostracoda																					
Ostracoda indet. 1		50	500	1200	500		1050	300		800	950				100					50	
Ostracoda indet. 2				50			150						50		50						
Ostracoda indet. 3		200	550	350	50		2100	50		100	100		100		150			150			700
Isopoda																					
<i>Proasellus coxalis lucifugus</i> Deeleman-Reinhold 1965				400																	
Hydracarina																					
Heteroptera - Corixidae																					
Coleoptera																					
Dytiscidae																					
<i>Hyphidrus</i> sp.																					
Halipidae																					
<i>Halipus (Liaphlus)</i> sp.		50																			
Hydrophilidae																					
<i>Berosus</i> sp.																					
Noteridae																					
<i>Noterus</i> sp.				50				50													

Tablica 5. nastavak

Svoja	Mjesec Postaja	XI		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X	
		P3	P4	P3	P4	P3	P4	P3	P4	P3	P4	P3	P4	P3	P4	P3	P4	P3	P4	P3	P4
Diptera - Dolichopodidae	Dubina (m)	1.5	2	2	3	2.5	3	2	2.5	1.5	1.3	2	3	2	2	1	1	0.5	1.3	0.5	1
Diptera - Ceratopogonidae		50		150	1150	100	250	150	350	50						50					50
Diptera - Chaoboridae		50	450			50						300		700				50			
<i>Chaoborus flavicans</i> (Meigen 1818)																					
kukuljice																					
Diptera - Chironomidae																					
<i>Chironomus plumosus</i> (Linnaeus 1758)			200		200	200	1250	350	1900	50	200			1500	3850	200	1500	200	600		9600
<i>Cricotopus bicornatus</i> (Meigen 1818)							1250														
<i>Cryptochironomus deflexus</i> (Kieffer 1913)																					
<i>Limnochironomus nervosus</i> (Staeger 1839)																					
<i>Microspectra junci</i> (Meigen 1818)		14100			5050	350	4350	3200	1250	100	150	3300	550	150	200	950	14100	100	1500	150	250
<i>Procladius choreus</i> (Meigen 1804)		500		200	100	350	750	250	250	5250	5350	150				1250	150	250	1000	150	
<i>Polypedium laetum</i> (Meigen 1818)				50																	
<i>Synorthocladius semivirens</i> (Kieffer 1909)		800						50		100	50	100	450	100	400	100		900			
<i>Thienemanniya</i> gr. <i>lentiginosa</i> (Fries 1832)										50	50	50	250	150	100	150	1050	100	150		
kukuljice					50	150		200	200	50											
Trichoptera																					
Enomidae																					
<i>Enomus tenellus</i> (Rambur 1842)		300		50	200	50	450	50	100		50	250	50	100		100		500		200	50
Leptoceridae																					
<i>Leptocerus tineiformis</i> Curtis 1834		300		200		100	350	150		200	50	550		300	300	1750	500	1300	500	300	700
Phryganeidae																					
<i>Agrypnia varia</i> (Fabricius 1793)									100							100					
Odonata																					
Zygoptera																					
Coenagrionidae																					
<i>Enallagma cyathigerum</i> (Charpentier 1840)		100				150	100	50		50	100	200	150		50	150	250	700		150	
Lestidae																					
<i>Chalcolestes viridis</i> (Van der Linden 1825)						150		150	100	50											
Anisoptera																					
Cordulidae																					
<i>Cordulia aenea</i> (Linnaeus 1758)		100										50		150	50	100		150			50
Libellulidae																					
<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé 1832)																					
<i>Libellula quadrimaculata</i> Linnaeus 1758		50					50											200	50		
<i>Orthetrum brunneum</i> (Fonscolombe 1837)						100		50		50											
<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus 1758)		50										50									
Ephemeroptera																					
Baetidae																					
<i>Cloen</i> sp.		100	400		50	200	50		50			50		200	250	100		100	50		
Ukupno		4050	22900	5850	9750	16250	16450	11450	6500	10700	9450	12850	6150	4350	5650	6750	21200	8550	4050	3450	12150

Tablica 6. Broj jedinki po m² pojedinih skupina makrofaune u akumulaciji Jezero tijekom 2000/2001. godine.

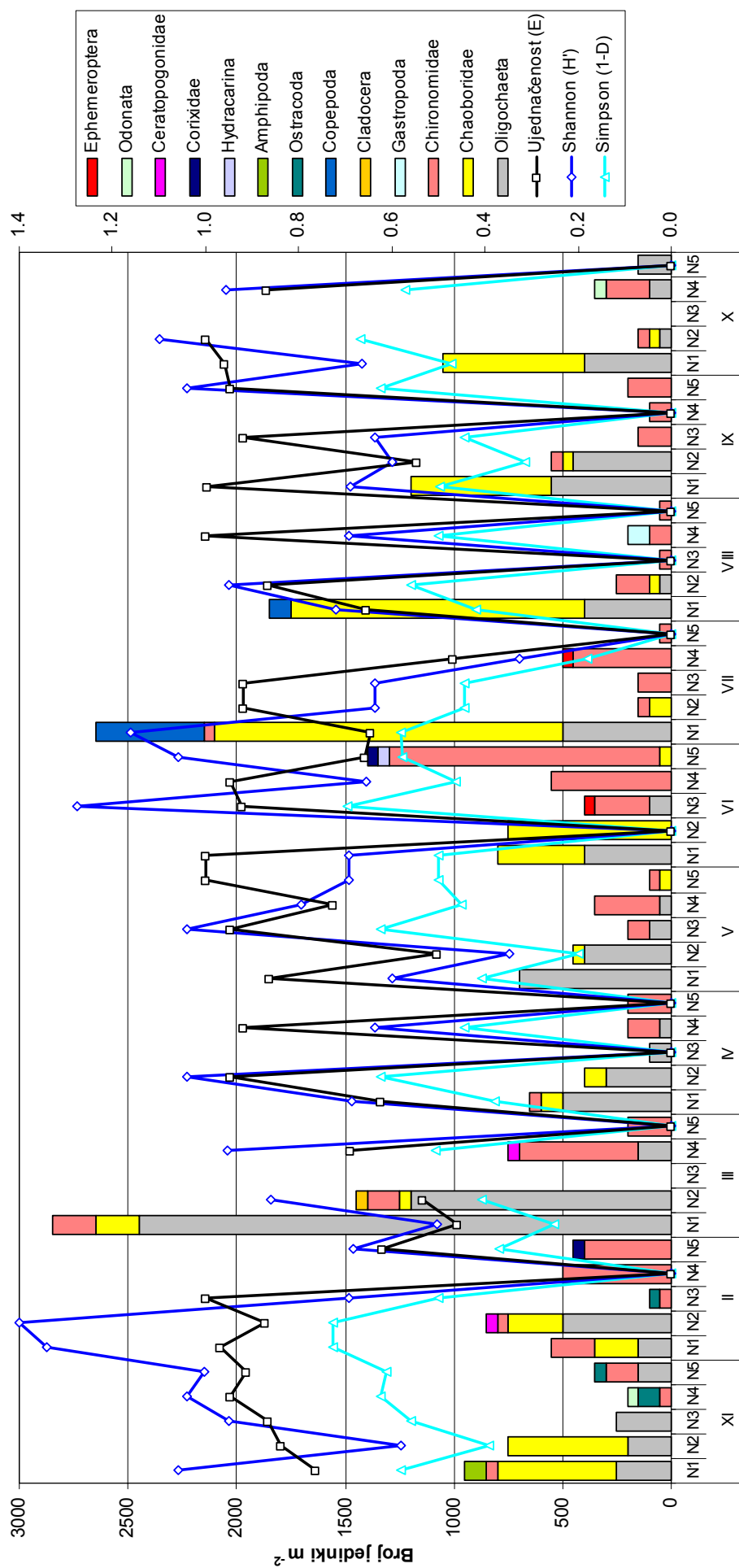
Skupina	Mjesec Postaja Dubina (m)	XI					II					III					IV					V				
		N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5
Oligochaeta	Dubina (m)	11	9	4	2	2.5	9	8	2	1.3	2	9	9	1.5	2	3	8	8	1.5	2	2.5	9	8	4	1.5	2
Gastropoda		250	200	250		150	150	500				2450	1200		150		500	300	100	50		700	400	100	50	
Cladocera													50													
Copepoda																										
Ostracoda					100	50																				
Amphipoda		100																								
Hydracarina																										
Heteroptera - Corixidae											50															
Diptera - Ceratopogonidae							200	250				200	50		50		100	100				50			50	
Diptera - Chaoboridae		550	550				200	50	50	500	400	200	150		550	200	50			150	200				300	50
Diptera - Chironomidae		50			50	150	200	50																		
Odonata					50																					
Ephemeroptera																										
Ukupno		950	750	250	200	350	550	850	150	500	450	2850	1450	0	750	200	650	400	100	200	200	700	450	200	350	100

Skupina	Mjesec		Postaja		VI					VII					VIII					IX					X					Ukupno	Udio
	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5						
	9	9	3	1	2	8	6	0.5	0.5	1.5	7	5.5	0.5	0.5	0.7	7	6	0.5	1	1	7	6	0.5	0.5	0.8						
Oligochaeta	400		100			500					400	50				550	450				400	50		100	150	10650	37.83%				
Gastropoda															100											100	0.36%				
Cladocera																										50	0.18%				
Copepoda											100															600	2.13%				
Ostracoda																										200	0.71%				
Amphipoda																										100	0.36%				
Hydracarina										50																50	0.18%				
Heteroptera - Corixidae										50																100	0.36%				
Diptera - Ceratopogonidae																										100	0.36%				
Diptera - Chaoboridae	400	750			50	1600	100				1350	50				650	50			650	50				7800	27.71%					
Diptera - Chironomidae			250	550	1250	50	50	150	450	50		150	50	100	50		50	150	100	200		50		200	50	7300	25.93%				
Odonata																										100	0.36%				
Ephemeroptera										50																100	0.36%				
Ukupno	800	750	400	550	1400	2650	150	150	500	50	1850	250	50	750	50	1200	800	150	100	200	1050	150	0	350	200	28150	100.00%				

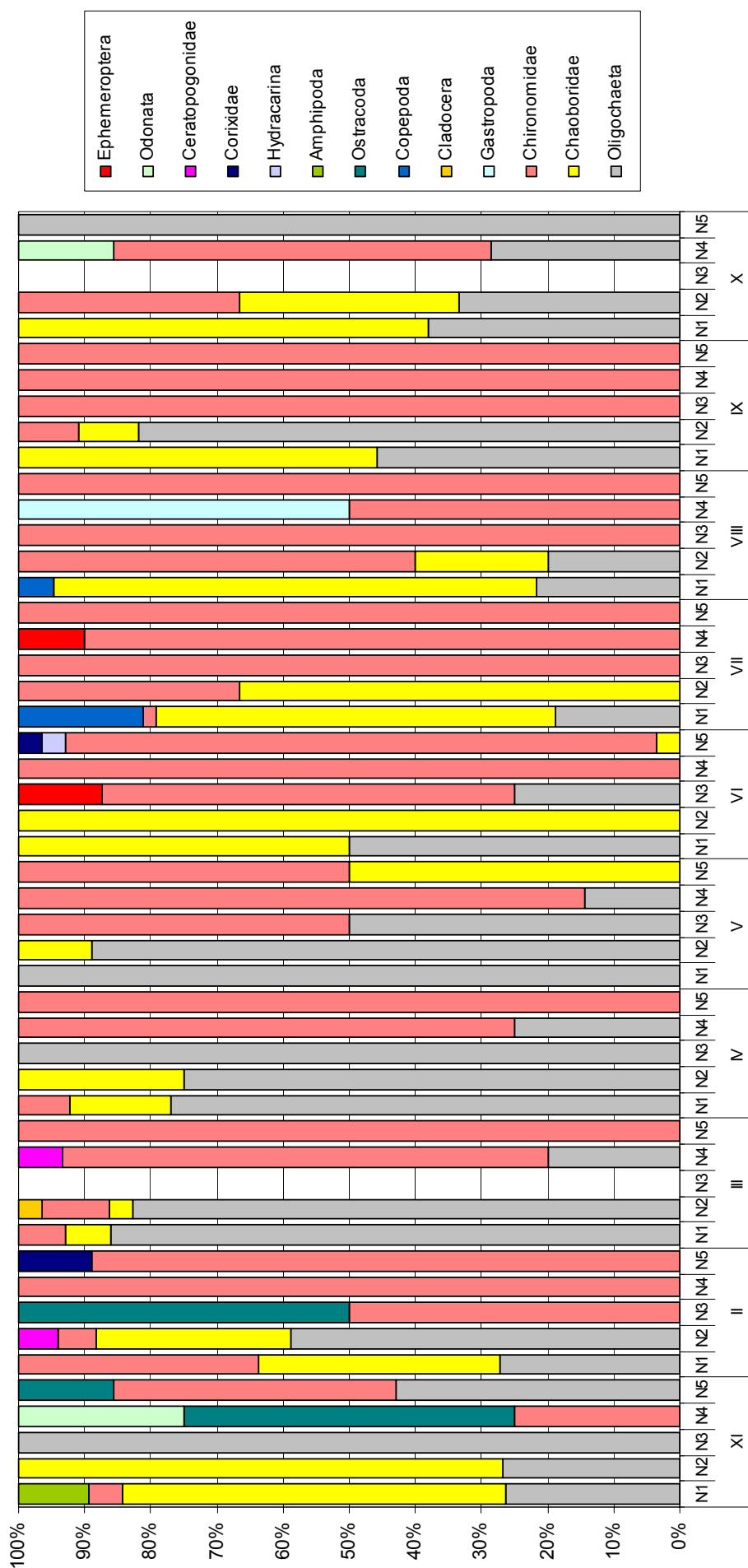
Tablica 7. Broj jedinki po m² pojedinih skupina makrofaune u akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.

Skupina	Mjesec Postaja	XI				II				III				IV				V			
		P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
Dubina (m)		5	4	1.5	2	5	5	2	3	6	7	2.5	3	5	6	2	2.5	5	5	1.5	1.3
Oligochaeta		2650	200	2500	4300	7050	1050	2400	950	2650	250	5250	5550	1200	950	1600	400	850	1250	2600	500
Nematoda			50									50	350				450			400	1650
Gastropoda																				50	150
Bivalvia					150		4600	500	1200	750			1050	4050	150		300	4250		250	
Cladocera			400	250	300	50	50	450	50			5700	50	50		3100	550		150	400	100
Copepoda			50		100		200			100		150	100	50		150	50		300	150	
Ostracoda		50	300	250	1050	1900	5500	1600	550	150	950	3300	350	1650	350	1850	350	4350	5000	900	1050
Isopoda							400										50				
Hydracarina																	50				
Heteroptera - Corixidae					50											50					50
Coleoptera (lič.)																					
Diptera - Tabanidae					50																
Diptera - Ceratopogonidae			150	50		100	450	150	1150	450	100	250		150	50	150	350		50	50	
Diptera - Chaoboridae			50		450					250	50			50	200						
Diptera - Chironomidae		20900	8400	800	15250	15000	15300	250	5400	9000	2700	850	7750	3200	1050	4050	3600	1750	4200	5550	5750
Trichoptera		250	150		650	150	1100	50	400	950		150	850	1150	100	200	250	650	100	200	100
Odonata		100		50	250		150					400	150	100		250	100	100		100	100
Ephemeroptera		50	100	100	400		150		50			200	50				50				
Ukupno		24000	9850	4050	22950	24250	28550	5850	9750	13600	4600	16200	16500	11650	2850	11450	6550	11950	11050	10650	9450

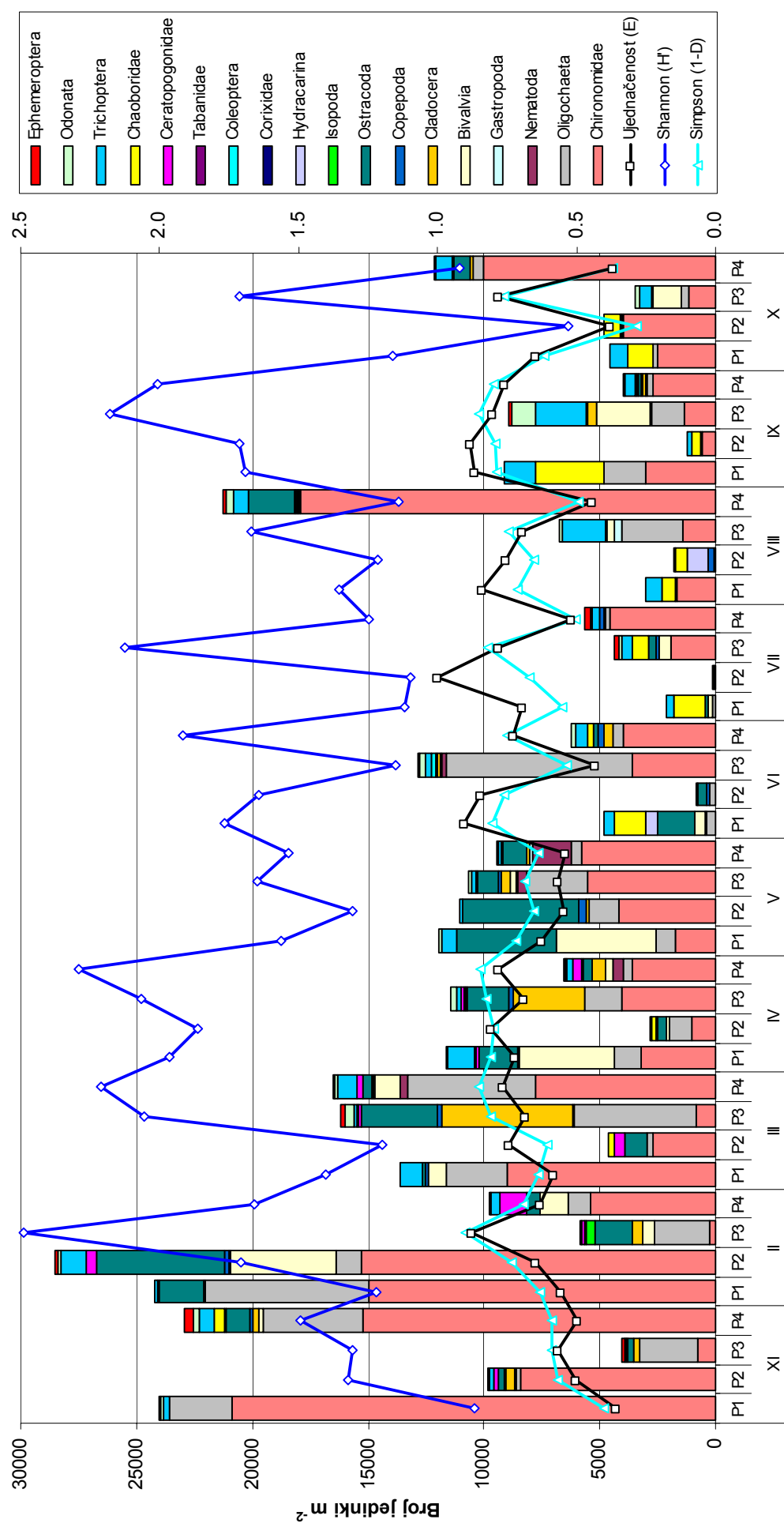
Skupina	Mjesec Postaja	VI				VII				VIII				IX				X				Ukupno	Udio
		P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4		
Dubina (m)		4	4	2	3	4.5	4.5	2	2	3	4	1	1	3	2.5	0.5	1.3	3	3	0.5	3		
Oligochaeta		400	250	8050	450	150		50	200	50		2650	100	1750	50	1400	250	200	50	300	500	61000	16.32%
Nematoda				200					50				50				50					3300	0.88%
Gastropoda		50		50								300	50				100					750	0.20%
Bivalvia		450				200		500				350					2300			1250		22300	5.96%
Cladocera				100	400								50				150				100	12800	3.42%
Copepoda			150	50	250		50	150	200							100	50			50	700	2700	0.72%
Ostracoda		1600	400		150	100		300			300		2000				150					36900	9.87%
Isopoda																						450	0.12%
Hydracarina		500									850							50				1450	0.39%
Heteroptera - Corixidae																	50					50	0.01%
Coleoptera (lič.)				200																		450	0.12%
Diptera - Tabanidae																						50	0.01%
Diptera - Ceratopogonidae					300		50	700			550	50			400		50				50	3750	1.00%
Diptera - Chaoboridae				3600	4000		1900	4550			50	1400	17900		600	1350	2700		700			11100	2.97%
Diptera - Chironomidae			50	250	500	300	50	300		1700	50	1850	650	3050	600	4000	1150	2500	4000	1150	10000	191200	51.14%
Trichoptera		500	50							750	50	150	450	1350	150	2150	450	750	500	500	750	19250	5.15%
Odonata				300	150		150	100			150	350			50	1050	50		200		50	4450	1.19%
Ephemeroptera				50			200	250				100			100	50						1900	0.51%
Ukupno		4850	850	12850	6200	2100	150	4400	5650	3050	1800	6750	21250	9100	1250	8900	4000	4550	4800	3450	12150	373850	100.00%



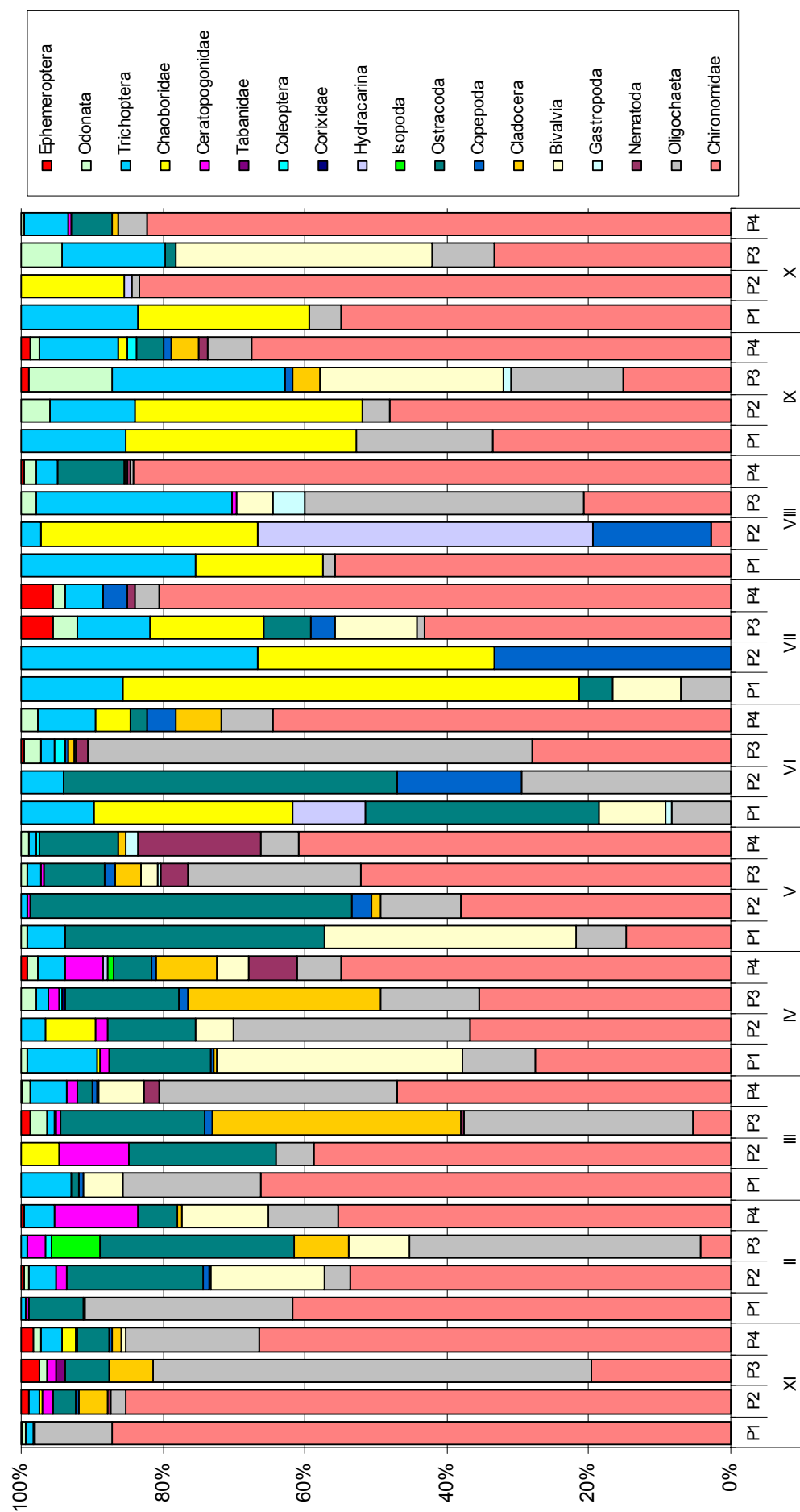
Slika 38. Broj jedinki po m² pojedinih skupina makrofaune u akumulaciji Jezero tijekom 2000/2001. godine.



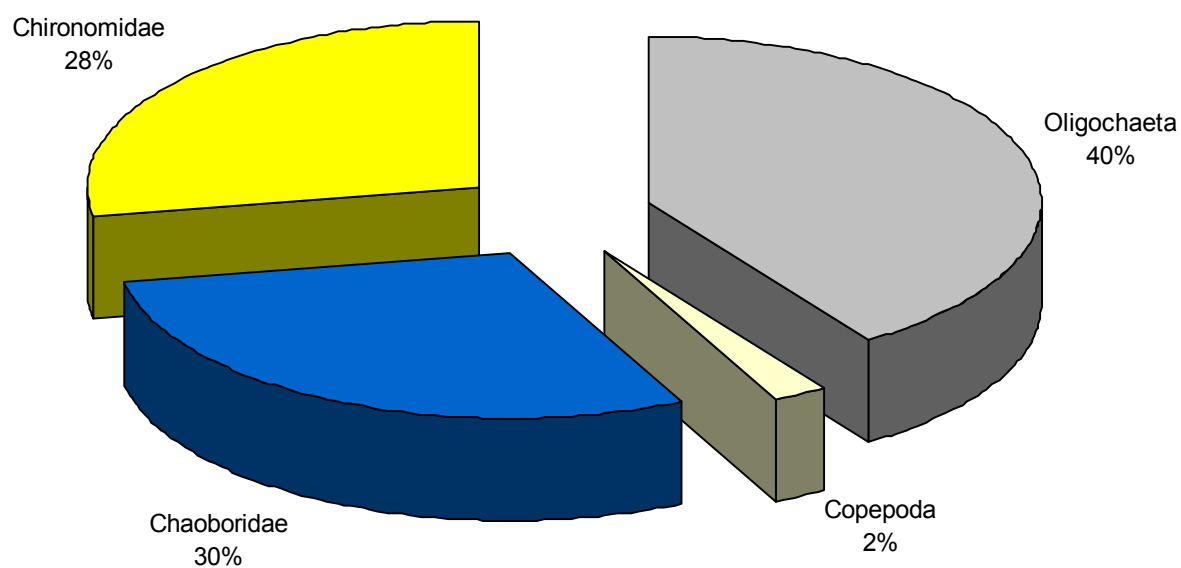
Slika 39. Postotni udio po m² pojedinih skupina makrofaune u akumulaciji Jezero tijekom 2000/2001. godine.



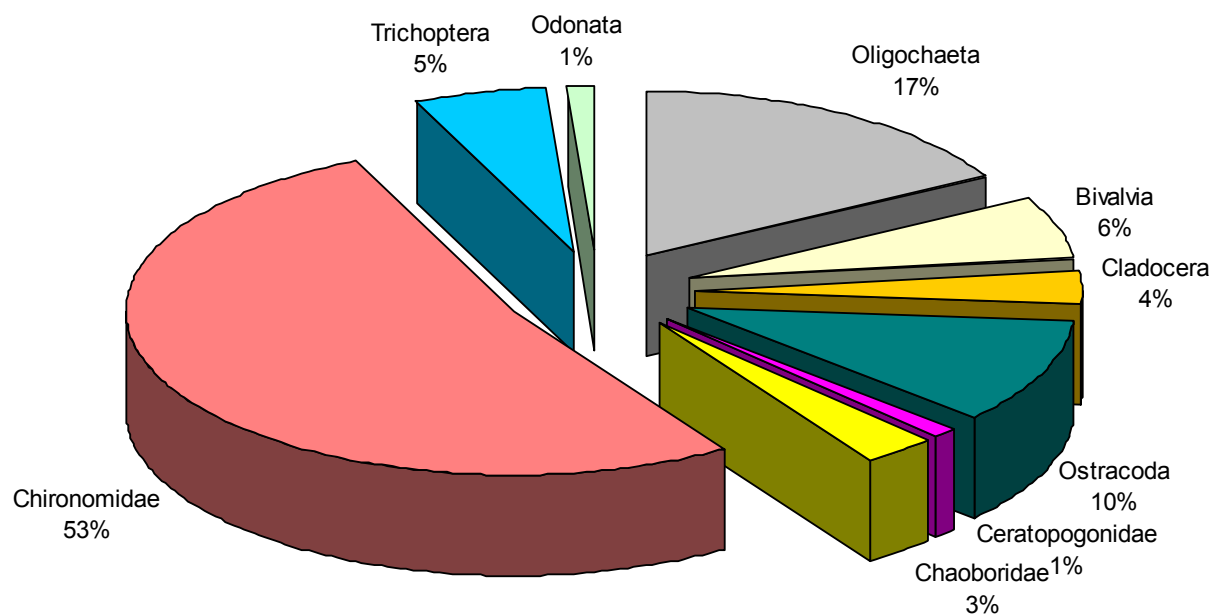
Slika 40. Broj jedinki po m² pojedinih skupina makrofaune u akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.



Slika 41. Postotni udio po m² pojedinih skupina makrofaune u akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.



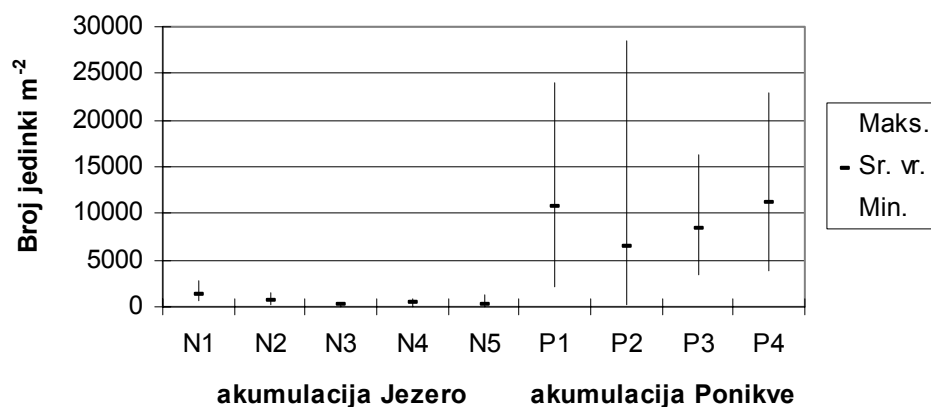
Slika 42. Postotni udjeli pojedinih skupina makrofaune (s udjelom $\geq 1\%$) u bentosu akumulacije Jezero.



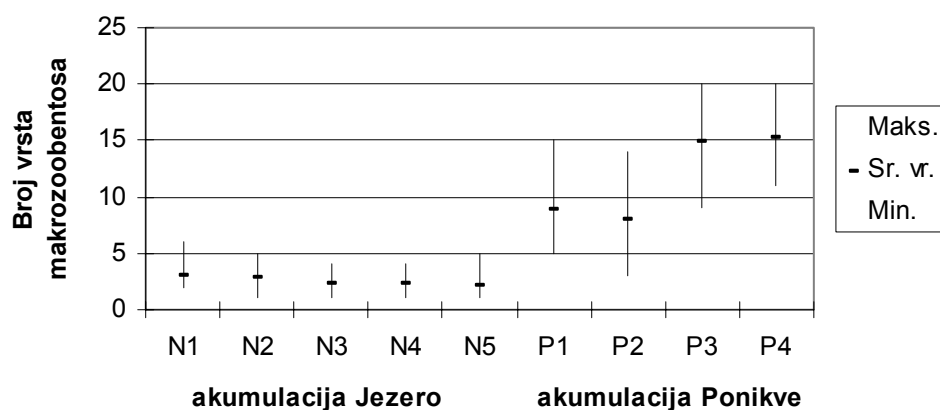
Slika 43. Postotni udjeli pojedinih skupina makrofaune (s udjelom $\geq 1\%$) u bentosu akumulacije Ponikve.

Tablica 8. Ukupna gustoća i raznolikost makrozoobentosa na svim postajama u akumulaciji Jezero i akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine (izražene maksimalnom, minimalnom i srednjom vrijednošću te standardnom devijacijom, a izračunate po postajama od rezultata za sve datume uzorkovanja).

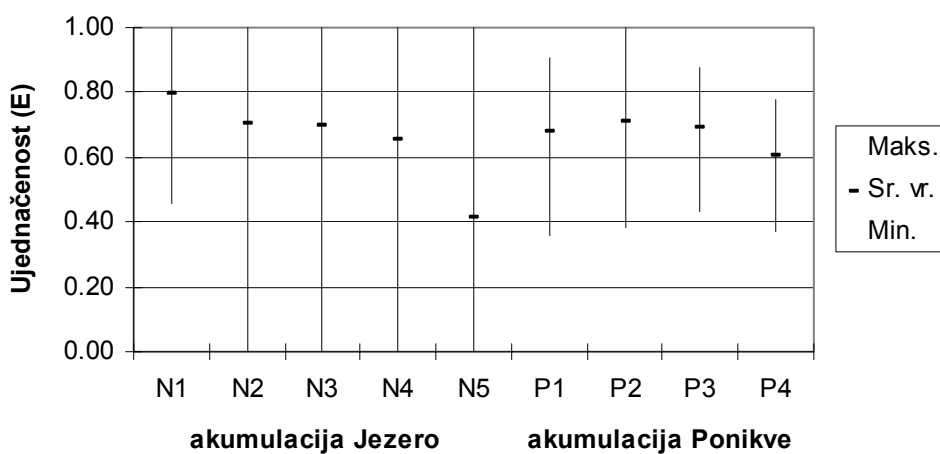
Indeks	Postaja	Maks.	Min.	Sr. vr.	Std. dev.
Ukupna gustoća po postaji	N1	2850	550	1325	837.41
	N2	1450	150	575	396.69
	N3	350	0	135	110.68
	N4	750	100	365	208.23
	N5	1350	50	310	386.44
	P1	23950	2100	10635	7711.50
	P2	28550	150	6525	8552.95
	P3	16250	3450	8355	4281.19
	P4	22900	3900	11230	6553.38
Broj vrsta po postaji	N1	6	2	3.1	1.29
	N2	5	1	2.9	1.29
	N3	4	1	2.3	1.04
	N4	4	1	2.3	0.95
	N5	5	1	2.1	1.37
	P1	15	5	8.8	3.36
	P2	14	3	8.0	4.03
	P3	20	9	14.9	3.96
	P4	20	11	15.2	3.08
Ujednačenost (E)	N1	1.00	0.46	0.79	0.19
	N2	1.00	0.00	0.70	0.31
	N3	1.00	0.00	0.70	0.43
	N4	1.00	0.00	0.66	0.38
	N5	1.00	0.00	0.41	0.45
	P1	0.91	0.36	0.68	0.17
	P2	1.00	0.38	0.71	0.19
	P3	0.88	0.44	0.69	0.13
	P4	0.78	0.37	0.60	0.15
Shannon-Weaver indeks raznolikosti (H')	N1	1.34	0.50	0.81	0.27
	N2	1.40	0.00	0.75	0.40
	N3	1.28	0.00	0.65	0.46
	N4	1.04	0.00	0.61	0.38
	N5	1.06	0.00	0.45	0.49
	P1	1.96	0.87	1.41	0.34
	P2	1.86	0.53	1.36	0.39
	P3	2.49	1.15	1.84	0.42
	P4	2.29	0.92	1.64	0.46
Simpsonov indeks raznolikosti (1 - D)	N1	0.73	0.25	0.48	0.13
	N2	0.73	0.00	0.43	0.22
	N3	0.69	0.00	0.41	0.27
	N4	0.63	0.00	0.37	0.23
	N5	0.63	0.00	0.27	0.29
	P1	0.81	0.40	0.67	0.13
	P2	0.80	0.28	0.65	0.15
	P3	0.90	0.54	0.75	0.12
	P4	0.85	0.37	0.65	0.16



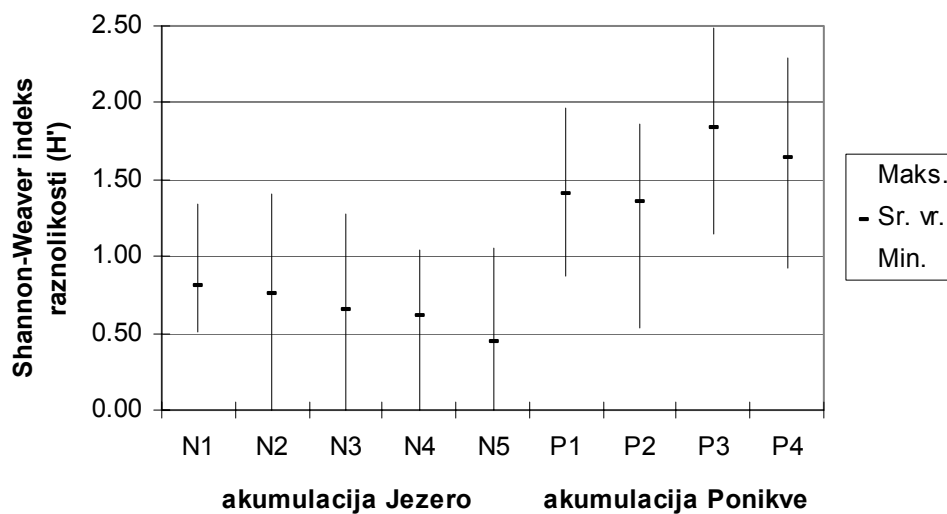
Slika 44. Ukupna gustoća makrozoobentosa po postajama u akumulaciji Jezero i akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.



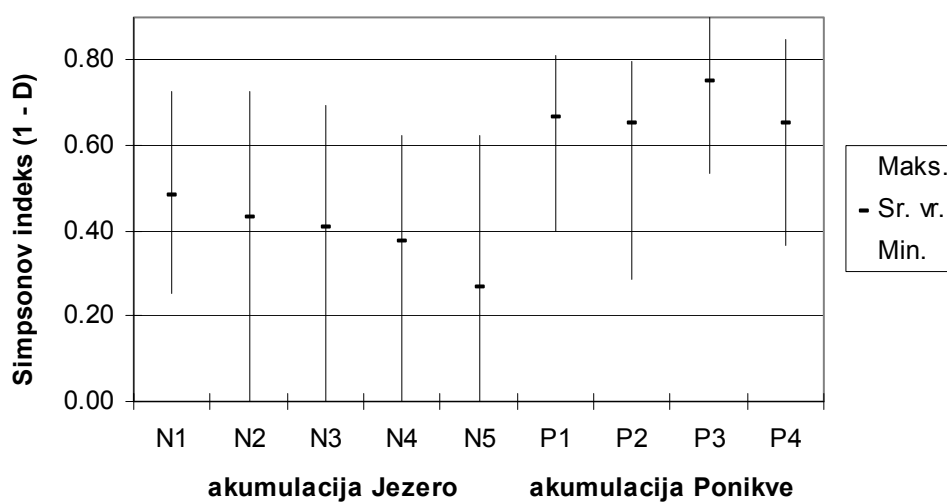
Slika 45. Broj vrsta makrozoobentosa po postajama u akumulaciji Jezero i akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.



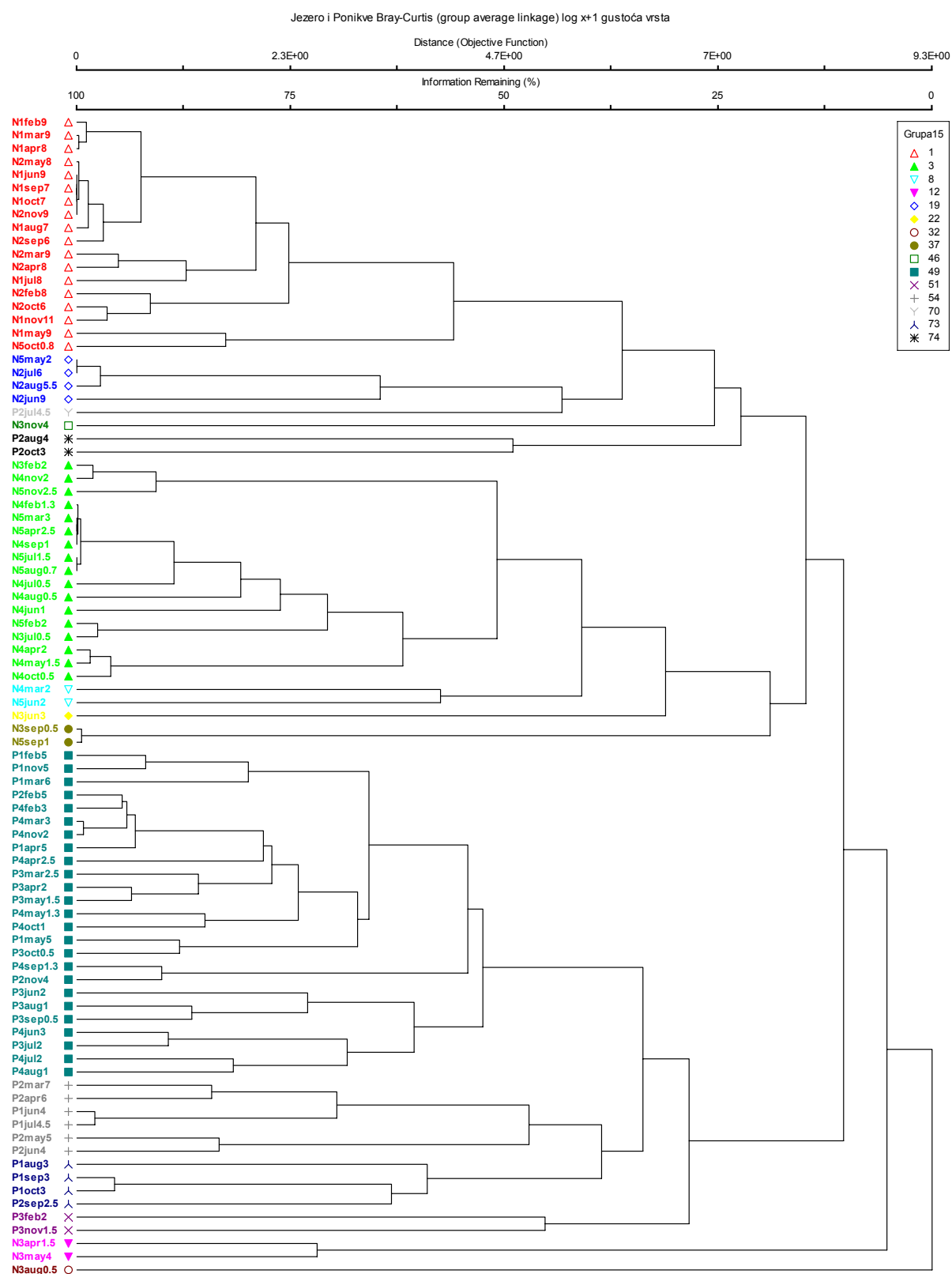
Slika 46. Ujednačenost (Evenness, Equitability) vrsta makrozoobentosa po postajama u akumulaciji Jezero i akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.



Slika 47. Shannon-Weaver indeks po postajama u akumulaciji Jezero i akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.



Slika 48. Simpsonov indeks raznolikosti po postajama u akumulaciji Jezero i akumulaciji Ponikve tijekom 2000/2001. godine.



Slika 49. Dendrogram dobiven Bray-Curtis (povezivanje po prosjeku grupa) klaster analizom sličnosti/udaljenosti svih uzoraka makrozoobentosa iz akumulacije Jezero (N) i akumulacije Ponikve (P) po postajama (N1-N5 i P1-P4) i mjesecima uzorkovanja (10) tijekom 2000/2001. godine (na osnovu tablice logaritmiranih vrijednosti gustoća pronađenih svojti u uzorcima).

68

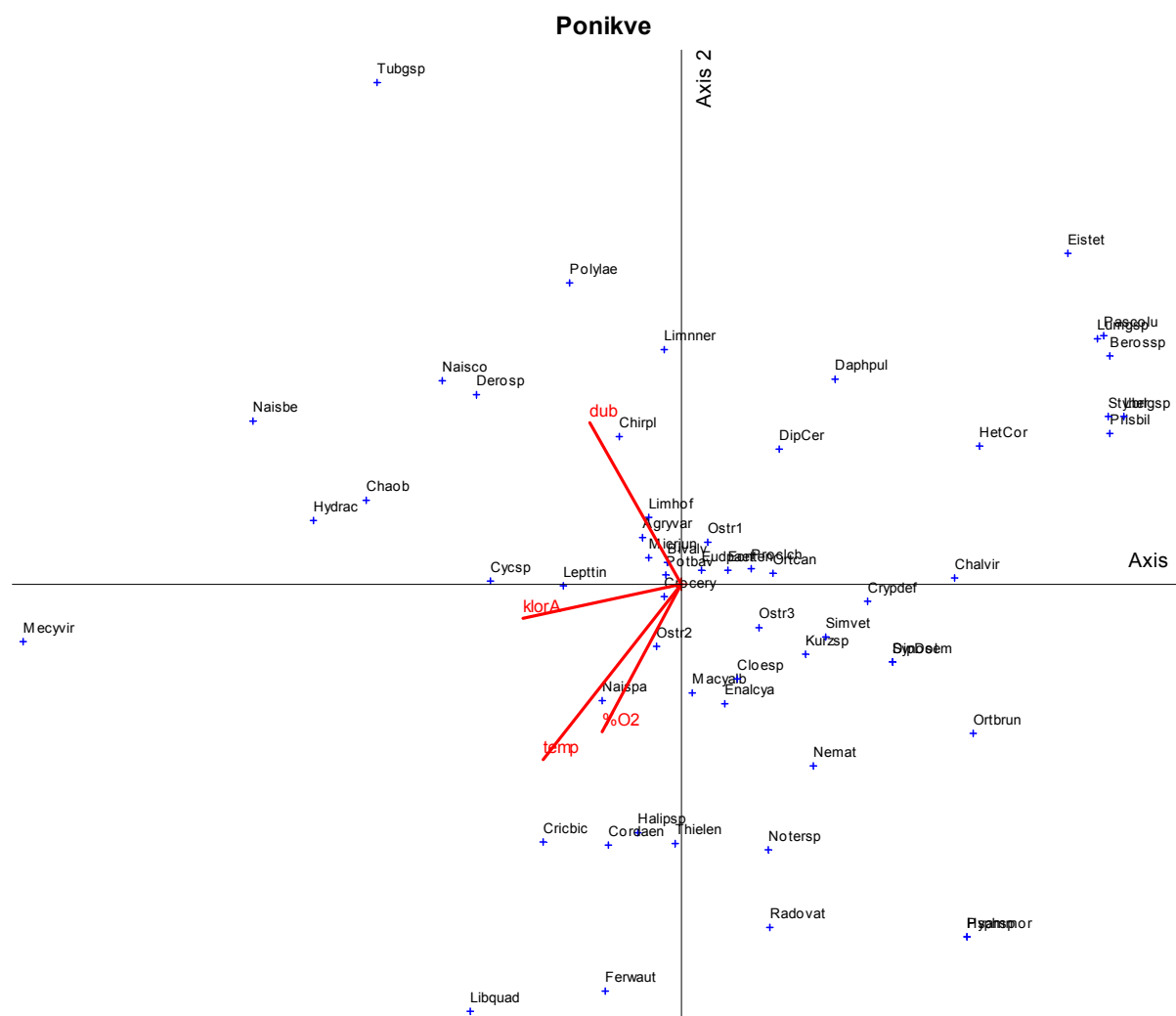


Slika 51. Ordinacijski dijagram kanoničke analiza korespondencije (CCA) gustoće pojedinih svojti makrozoobentosa i čimbenika okoliša u akumulaciji Jezero, s prikazom istraživanih svojti.

LEGENDA SVOJTI:

Limhof	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	Chaob	<i>Chaoborus flavicans</i>
Limud	<i>Limnodrilus udekemianus</i>	Chirpl	<i>Chironomus plumosus</i>
Potham	<i>Potamotheirus hammoniensis</i>	Chirsal	<i>Chironomus salinarius</i>
Psambar	<i>Psammoryctides barbatus</i>	Crypdef	<i>Cryptochironomus defectus</i>
Tubgsp	<i>Tubificidae</i> gen. sp.	Limnner	<i>Limnochironomus nervosus</i>
Bitret	<i>Bithynia tentaculata</i>	Micrjun	<i>Micropsectra junci</i>
Daphpul	<i>Daphnia pulex</i>	Proclch	<i>Procladius choreus</i>
Cycsp	<i>Cyclops</i> sp.	Polylae	<i>Polypedilum laetum</i>
Ostr	Ostracoda	Thielen	<i>Thienemannimyia</i> gr. <i>lentiginosa</i>
Echinog	<i>Echinogammarus</i> sp. (juv.)	Cordeen	<i>Cordulia aenea</i>
Hydrac	Hydracarina	Ortbrun	<i>Orthetrum brunneum</i>
HetCor	Heteroptera - Corixidae	Cloesp	<i>Cloeon</i> sp.
DipCer	Diptera - Ceratopogonidae		

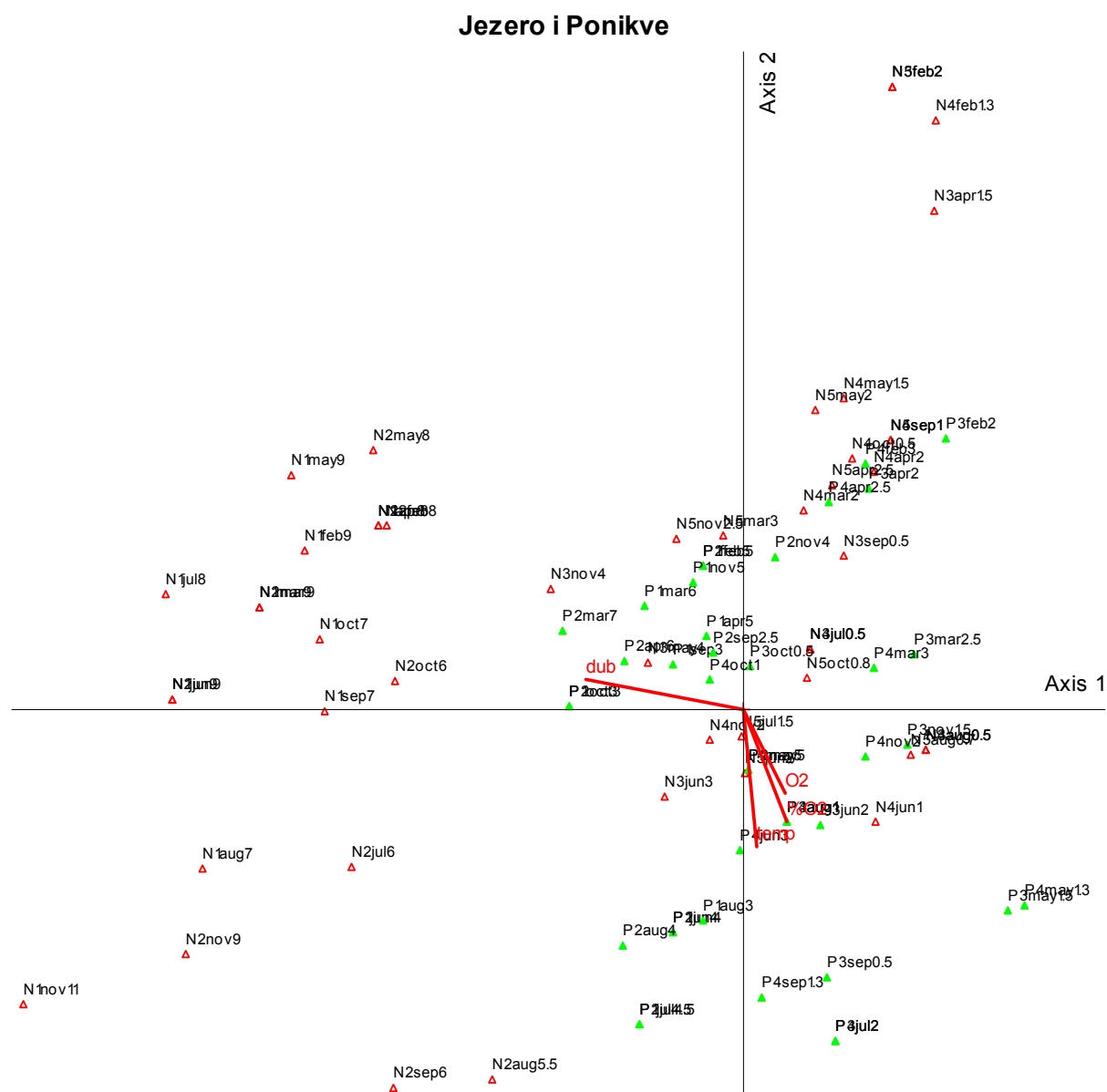
70



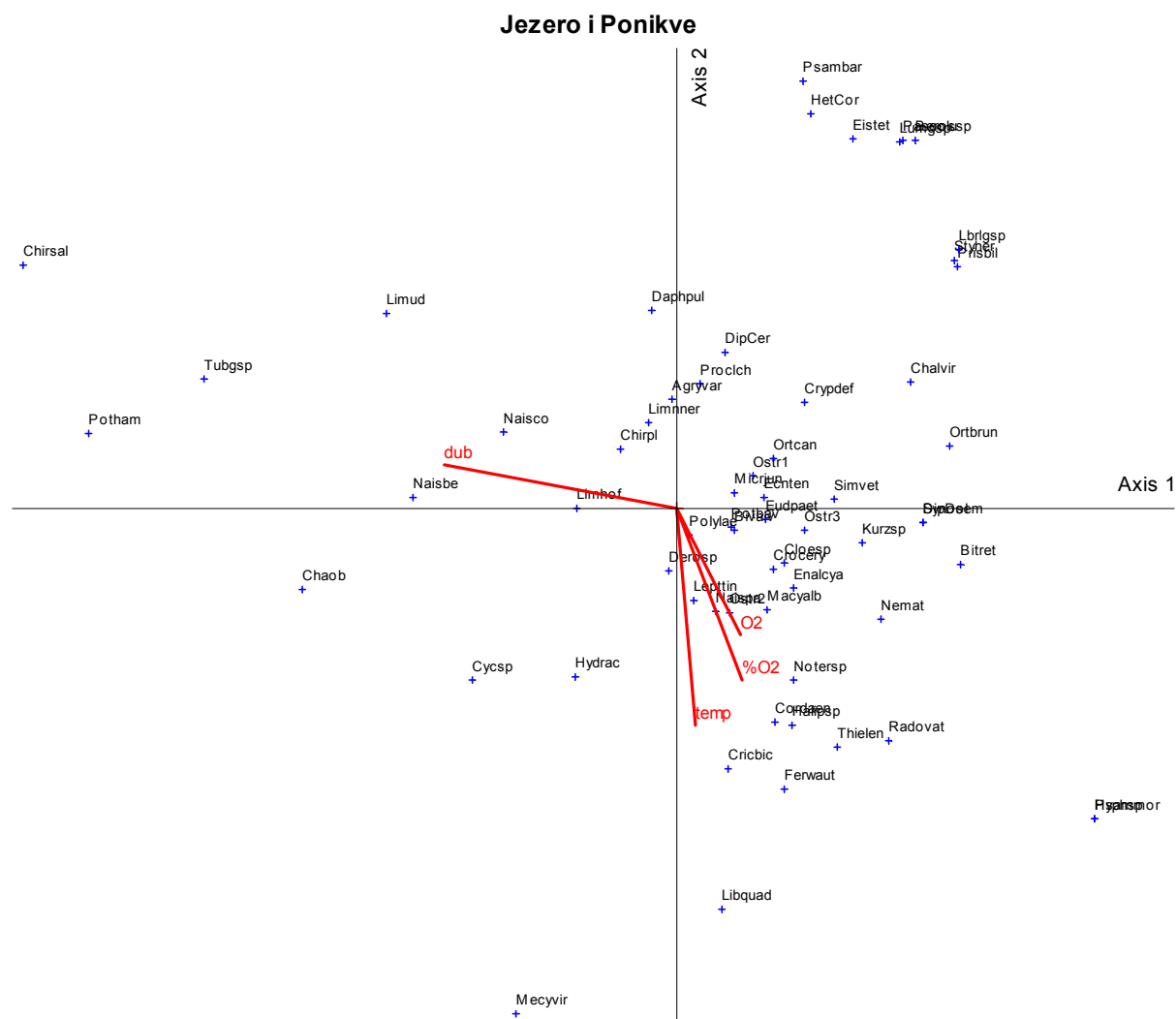
Slika 53. Ordinacijski dijagram kanoničke analiza korespondencije (CCA) gustoće pojedinih svojti makrozoobentosa i čimbenika okoliša u akumulaciji Ponikve, s prikazom istraživanih svojti.

LEGENDA SVOJTI:

Lumgsp	Lumbricidae gen. sp.	Simvet	<i>Simocephalus vetulus</i>	Cricbic	<i>Cricotopus bicinctus</i>
Eistet	<i>Eiseniella tetraedra</i>	Cyscp	<i>Cyclops</i> sp.	Crypdef	<i>Cryptochironomus defectus</i>
Limhof	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	Eudpaet	<i>Eudiaptomus padanus etruscus</i>	Limnner	<i>Limnochironomus nervosus</i>
Potbav	<i>Potamothenis bavaricus</i>	Macyalb	<i>Macrocyclus albidus</i>	Micrjun	<i>Microsetra junci</i>
Tubgsp	Tubificidae gen. sp.	Mecyvir	<i>Megacyclus viridis</i>	Proclch	<i>Procladius choreus</i>
Naisbe	<i>Nais behnigii</i>	Ostr1	Ostracoda indet. 1	Polylae	<i>Polypedilum laetum</i>
Naisco	<i>Nais communis</i>	Ostr2	Ostracoda indet. 2	Synosem	<i>Synorthocladus semivirens</i>
Naispa	<i>Nais pardalis</i>	Ostr3	Ostracoda indet. 3	Thielen	<i>Thienemannimyia</i> gr. <i>lentiginosa</i>
Derosp	<i>Dero</i> sp.	Pascolu	<i>Proasellus coxalis lucifugus</i>	Ecnten	<i>Ecnomus tenellus</i>
Prisbil	<i>Pristina bilobata</i>	Hydrac	Hydracarina	Lepttin	<i>Leptocerus tineiformis</i>
Psammor	<i>Psammoryctides moravicus</i>	HetCor	Heteroptera - Corixidae	Agryvar	<i>Agrypnia varia</i>
Styher	<i>Stylodrilus heringianus</i>	Hyphsp	<i>Hyphydrus</i> sp.	Enalcya	<i>Enallagma cyathigerum</i>
Lbrlgsp	Lumbricidae gen. sp.	Halipsp	<i>Haliphys (Liaphys)</i> sp.	Chalvir	<i>Chalcolestes viridis</i>
Nemat	Nematoda	Berosp	<i>Berosus</i> sp.	Cordaen	<i>Cordulia aenea</i>
Ferwaut	<i>Ferissia wautieri</i>	Notersp	<i>Noterus</i> sp.	Crocery	<i>Crocothemis erythraea</i>
Radovat	<i>Radix ovata</i>	DipDol	Diptera - Dolichopodidae	Libquad	<i>Libellula quadrimaculata</i>
Bivalv	Bivalvia	DipCer	Diptera - Ceratopogonidae	Ortbrun	<i>Orthetrum brunneum</i>
Daphpul	<i>Daphnia pulex</i>	Chaob	<i>Chaoborus flavicans</i>	Ortcan	<i>Orthetrum cancellatum</i>
Kurzsp	<i>Kurzia</i> sp.	Chirpl	<i>Chironomus plumosus</i>	Cloesp	<i>Cloeon</i> sp.



Slika 54. Ordinacijski dijagram kanoničke analiza korespondencije (CCA) gustoće pojedinih svojti makrozoobentosa i čimbenika okoliša u akumulacijama Jezero i Ponikve, s prikazom istraživanih postaja.



Slika 55. Ordinacijski dijagram kanoničke analiza korespondencije (CCA) gustoće pojedinih svojti makrozoobentosa i čimbenika okoliša u akumulacijama Jezero i Ponikve, s prikazom istraživanih svojti (*Echinogammarus* sp. je maknut iz tablice gustoća jer je rastezao lijevi donji ugao dijagrama).

LEGENDA SVOJTI:

Lumgsp	Lumbricidae gen. sp.	Daphpul	<i>Daphnia pulex</i>	Chirpl	<i>Chironomus plumosus</i>
Eistet	<i>Eiseniella tetraedra</i>	Kurzsp	<i>Kurzia</i> sp.	Chirsal	<i>Chironomus salinarius</i>
Limhof	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	Simvet	<i>Simocephalus vetulus</i>	Cricbic	<i>Cricotopus binctus</i>
Limud	<i>Limnodrilus udekemianus</i>	Cycsp	<i>Cyclops</i> sp.	Crypdef	<i>Cryptochironomus defectus</i>
Potbav	<i>Potamotheirus bavaricus</i>	Eudpaet	<i>Eudiaptomus padanus etruscus</i>	Limnner	<i>Limnochironomus nervosus</i>
Potham	<i>Potamotheirus hammoniensis</i>	Macyalb	<i>Macrocyclus albidus</i>	Micrjun	<i>Micropsectra junci</i>
Tubgsp	Tubificidae gen. sp.	Mecyvir	<i>Megacyclops viridis</i>	Proclch	<i>Procladius choreus</i>
Naisbe	<i>Nais behnigui</i>	Ostr1	Ostracoda indet. 1	Polylae	<i>Polypedium laetum</i>
Naisco	<i>Nais communis</i>	Ostr2	Ostracoda indet. 2	Synosem	<i>Synorthocladus semivirens</i>
Naispa	<i>Nais pardalis</i>	Ostr3	Ostracoda indet. 3	Thielen	<i>Thienemannimyia gr. lentiginosa</i>
Derosp	<i>Dero</i> sp.	Echinog	<i>Echinogammarus</i> sp. (juv.)	Ecnten	<i>Ecnomus tenellus</i>
Prisbil	<i>Pristina bilobata</i>	Pascolu	<i>Proasellus coxalis lucifugus</i>	Lepttin	<i>Leptocerus tineiformis</i>
Psambar	<i>Psammoryctides barbatus</i>	Hydrac	Hydracarina	Agryvar	<i>Agrypnia varia</i>
Psammor	<i>Psammoryctides moravicus</i>	HetCor	Heteroptera - Corixidae	Enalcya	<i>Enallagma cyathigerum</i>
Styher	<i>Stylodrilus heringianus</i>	Hyphsp	<i>Hyphydrus</i> sp.	Chalvir	<i>Chalcolestes viridis</i>
Lbrlgsp	Lumbricidae gen. sp.	Halipsp	<i>Haliphus (Liaphus)</i> sp.	Cordaen	<i>Cordulia aenea</i>
Nemat	Nematoda	Berosp	<i>Berosus</i> sp.	Crocery	<i>Crocothemis erythraea</i>
Bitret	<i>Bithynia tentaculata</i>	Notersp	<i>Noterus</i> sp.	Libquad	<i>Libellula quadrimaculata</i>
Ferwaut	<i>Ferissia wautieri</i>	DipDol	Diptera - Dolichopodidae	Ortbrun	<i>Orthetrum brunneum</i>
Radovat	<i>Radix ovata</i>	DipCer	Diptera - Ceratopogonidae	Ortcan	<i>Orthetrum cancellatum</i>
Bivalv	Bivalvia	Chaob	<i>Chaoborus flavicans</i>	Cloesp	<i>Cloeon</i> sp.

5. RASPRAVA

Budući da se radi o većinom plitkim akumulacijama (srednje dubine oko 2.5 m) izloženim vjetrovima, tijekom godine nema većih razlika u koncentraciji kisika, zasićenosti kisikom i temperaturi pojedinih slojeva vode. Izuzetak je najdublji dio akumulacije Jezero gdje se od svibnja do srpnja pojavila vertikalna termalna stratifikacija vode. Termoklina se nalazila ispod 5-6 m dubine, gdje je zabilježen pad temperature za 7-10°C. Slične pojave uglavnom su bilježene i za vrijeme ranijih istraživanja, samo je termoklina znala biti nešto pliće (JUSTIĆ, 1981). Očekivao bi se nastavak stratifikacije u najdubljem dijelu akumulacije Jezero i tijekom vrućeg kolovoza, ali je razina jezera pala pa je najveća dubina bila 6 m i razlika u temperaturi između površine i dna bila je samo 4.4°C. U rujnu se razina vode ponovo povećala te je na dnu (9 m) temperatura bila za samo 1°C niža od one na površini (zbog jesenskog miješanja slojeva vode).

U akumulaciji Ponikve do sada nije zabilježena vertikalna termalna stratifikacija slojeva vode, što je i razumljivo zbog premale dubine akumulacije (5-6 m), dok se u akumulaciji Jezero termoklina nalazi baš ispod tih dubina. Smatram da pojava termokline u akumulaciji Jezero nema nekog velikog učinka na metabolizam čitave akumulacije, pošto se radi o vrlo malom i ograničenom dijelu akumulacije, obuhvaća jako mali volumen vode i površinu sedimenta, te vremenski vrlo kratko traje.

Količina otopljenog kisika i zasićenost kisikom su tijekom cijele godine nešto viši u akumulaciji Ponikve što je posljedica bujne podvodne makrovegetacije, koja zajedno s fitoplanktonom intenzivno fotosintetizira u povoljnim svjetlosnim uvjetima tijekom proljeća i ljeta, a i općenito je bolji prodor svjetlosti u akumulaciji Ponikve.

Biološka potrošnja kisika (BPK₅) u obje je akumulacije vrlo niska skoro cijelu godinu, ali naglo poraste u jesen kad dolazi do intenzivne razgradnje proizvedene organske tvari (na 5-7 mg l⁻¹ u stupcu vode). U akumulaciji Ponikve dolazi još do manjeg porasta BPK₅ u travnju (3.5 mg l⁻¹), a u akumulaciji Jezero je u studenom na dnu zabilježena najviša vrijednost od 20 mg l⁻¹. Ovako velike vrijednosti u prethodnim istraživanjima nisu zabilježene, što ukazuje na postupno povećanje trofije u ovim akumulacijama.

Od hranjivih soli, dinamika nitrata je ujednačena u akumulaciji Jezero, s vrlo malim promjenama tijekom godine (Slika 21), a u akumulaciji Ponikve pokazuje manje fluktuacije, ali je ukupno gledano manja nego u akumulaciji Jezero (Slika 22). U obje akumulacije nitriti nisu utvrđeni (Tablica 1, 2). Izraženu sezonsku dinamiku pokazuje amonij u akumulaciji Jezero, s maksimumima u travnju i srpnju, a u akumulaciji Ponikve su vrijednosti amonijaka relativno male s maksimumima u jesenskom razdoblju. U usporedbi s istraživanjima iz 1997/1998. godine (KEROVEC i sur., 2000b) vrijednosti nitrata su u akumulaciji Jezero u prosjeku deset puta veće. Vrijednosti amonija nisu značajno različite.

Količina orto-fosfata ima u akumulaciji Jezero karakterističan godišnji hod (Slika 25), koji je komplementaran s promjenama vrijednosti klorofila *a* (Slika 27). Tako niže vrijednosti fosfata alterniraju s višim vrijednostima klorofila *a* i obrnuto. Ako znamo da je klorofil *a* jedan od dobrih pokazatelja primarne produkcije, razumljivo je da za vrijeme intenzivnog razvoja fitoplanktona dolazi do značajnog smanjenja hranjivih soli, posebno orto-fosfata. Međutim ono što je zanimljivo da su količine orto-fosfata oko deset puta veće od onih mjerenih u istim razdobljima u istraživanjima od prije nekoliko godina. Najviša izmjerena vrijednosti od 0.15 mg l^{-1} pojavila se u travnju i srpnju na dubini od 0.5 m. Količina orto-fosfata je jedan od glavnih pokazatelja eutrofikacije jezera, a po ovim vrijednostima akumulacija Jezero je veći dio godine eutrofna, dok u travnju i srpnju čak postaje i hipertrofna. Maksimalna izmjerena vrijednost klorofila *a* u akumulaciji Jezero iznosila je $59.8 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ na dubini od 8 m u srpnju, a srednje mjesečne vrijednosti prelaze $20 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ u srpnju i kolovozu, te $30 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ rujnu (Slika 28). Maksimalne vrijednosti klorofila *a* iznad $30 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ukazuju na eutrofno stanje akumulacije Jezero tijekom ljeta i jeseni, dok vrijednosti do $10 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ označavaju mezotrofno stanje akumulacije za vrijeme zime i proljeća. U akumulaciji Ponikve količine orto-fosfata je dosta manja nego u akumulaciji Jezero i skokovito se mijenja (Slika 26). Najviše izmjerene vrijednosti od $0.10\text{--}0.12 \text{ mg l}^{-1}$ pojavile su se u studenom, veljači, svibnju i srpnju, te označavaju eutrofno stanje akumulacije. Nakon ovog maksimuma količina orto-fosfata naglo opada, a to korelira s povećanjem količine fitoplanktona na koju nam ukazuje porast klorofila *a*. I ostali utvrđeni porasti vrijednosti orto-fosfata tijekom godine, komplementarni su s porastom vrijednosti klorofila *a*. Maksimalna izmjerena vrijednost klorofila *a* iznosila je $44.9 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ na 3 m dubine u kolovozu, a srednje mjesečne vrijednosti ispod $20 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ obilježavaju umjereno eutrofno stanje akumulacije Ponikve u jesen i na početku ljeta (srpanj). Zimu i proljeće obilježavaju vrijednosti klorofila *a* ispod $5 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$

pa se akumulacija Ponikve tada nalazi oko granice mezotrofnog i oligotrofnog stanja (Slika 28).

Provodljivost i ukupna količina soli (TDS) u vodi obje akumulacije značajno se povećavaju tijekom početka vegetacijske sezone (Slika 23, 24). U jesen opadaju, a tijekom zime njihove su vrijednosti vrlo male (ispod 200 mg l^{-1} i $200 \mu\text{S cm}^{-1}$) zbog velikog razrjeđenja vode jer se akumulacije pune kišnicom direktno na površini vode ili indirektno kroz podzemlje iz sliva.

Tijekom većeg dijela godine pH vrijednosti vode u obje akumulacije niže su od 8 (od 7.2 do 7.90 u akumulaciji Jezero te od 7.47 do 7.95 u akumulaciji Ponikve), a samo su u kolovozu, rujnu i listopadu (Slika 23) više od 8 u akumulaciji Jezero (8.07-8.55), te u lipnju (Slika 24) u akumulaciji Ponikve (8.12-8.14).

Značajan pokazatelj stupnja trofije je i prozirnost vode, a te su se vrijednosti tijekom istraživanog razdoblja kretale u akumulaciji Jezero od najniže 2 m u studenom, ožujku i rujnu do najviše 5 m u travnju i svibnju (Slika 29). Prozirnost akumulacije Jezero većinom se je kretala između 2 i 4 m dubine, što je dosta manje nego u akumulaciji Ponikve te upućuje na povećanu trofiju akumulacije i moguću prisutnost замуćenog stanja plitkog jezera. Vrijednosti prozirnosti vode akumulacije Ponikve kretale su se tijekom istraživanog razdoblja od najniže 2 m u lipnju do najviše 6 m (do dna) u cijelom zimsko-proljetnom razdoblju (Slika 30). S obzirom da je većinom prozirnost akumulacije bila do dna, vjerojatno su te vrijednosti još nešto više, tako da taj kriterij nije tijekom cijele godine najpouzdaniji za određivanje stupnja trofije akumulacije Ponikve.

Vrijednosti intenziteta svjetlosti mjerene na vertikalnom profilu obje akumulacije u svibnju i listopadu (Slike 31, 32, 33 i 34). Mjerenja u listopadu pokazuju pravilan i glatki stepenasti pad (Slika 33 i 34), povećanjem dubine za svaki metar, dok podaci mjereni u svibnju pokazuju nešto nepravilniji pad s dubinom, uz povremene skokove na više vrijednosti (Slika 31 i 32). Jedan od mogućih uzroka takvih rezultata je greška u mjerenju uređaja uslijed vertikalne termalne stratifikacije vode u akumulaciji Jezero u to vrijeme. Proizvođač navodi da je uređaj baždaren za sobnu temperaturu (25°C), a sa smanjenjem temperature mjerene vrijednosti su povećane (dvostruko veće na 0°C), dok su povećanjem temperature one smanjene (dvostruko manje na 50°C). U listopadu je vladala izotermija slojeva vode (Tablica 1) pa nema skokovitog smanjivanja intenziteta svjetlosti, već je krivulja glatka i stepenasta. U

akumulaciji Ponikve nije bilo termalne stratifikacije slojeva vode pa smanjenje temperature ne može biti razlog tih grešaka. Mogući razlog je prebrzo mijenjanje dubine pa se uređaj nije stigao ustaliti, a s time zajedno i vjerojatno jače ljuljanje uređaja pri bržem spuštanju pa kut mjerenja dosta varirao, a proizvođač navodi da s povećanjem kuta mjerenja krivulja sve strnije pada.

Rezultati cjelogodišnjih neprekidnih mjerenja temperature u akumulaciji Ponikve, na 0.5, 3 i 4 m od dna, prikazani su na Slikama 35 i 36. Podudarajuće krivulje dokazuju izotermiju slojeva vode u akumulaciji Ponikve. Jako varirajuća krivulja s 4 m (Slika 36) od dna je rezultat toga što je uređaj bio na zraku jer je nivo vode u to vrijeme bio niži od postavljenog uređaja.

U akumulaciji Jezero mjerena je i koncentracija aluminija u vodi (od 1995. godine kad je bio vrhunac od $0.47 \text{ mg Al l}^{-1}$), na površini i uz dno (Slika 37). Koncentracija aluminija je često prelazila maksimalnu dozvoljenu koncentraciju od $0.15 \text{ mg Al l}^{-1}$, određenu Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 46/94). Dodatno je još 2001. godine izmjerena je i koncentracija aluminija u sedimentu akumulacije Jezero. U sedimentu plićeg dijela akumulacije izmjereno je 4.1 g Al kg^{-1} suhe težine⁻¹, a $14.77 \text{ g Al kg}^{-1}$ suhe težine⁻¹ na najdubljem mjestu akumulacije Jezero. To su vrlo velike količine aluminija koje ukazuju na dugogodišnji unos aluminijevih spojeva u akumulaciju Jezero, koji traje još od 1970ih godina, kad je s radom započelo postrojenje za kondicioniranje pitke vode korištenjem vode iz jezera. Tada se počeo upotrebljavati aluminij-sulfat (alum) kao flokulant u procesima pročišćavanja vode od suspendiranih čestica pomoću koagulacije i flokulacije. Iskorišteni alum se je tada počeo ispuštati u samu akumulaciju i to je trajalo dugi niz godina. Tek je prije nekoliko godina alum zamijenjen kompleksnim spojevima željeza za istu namjenu, ali je iz rezultata vidljivo da je velika količina aluminija ostala nagomilana u akumulaciji Jezero. Poznato je toksično djelovanje aluminija na različite organizme.

Laboratorijska istraživanja s aluminijem često su pokazala njegovu toksičnost i povećanu smrtnost vodenih organizama. U nekim slučajevima vodene biljke uzimaju aluminij iz okoliša i time se smanjuje sposobnost njihovog korijenja za uzimanje fosfora (WOLTER, 1994). STANLEY (1974) je 32 dana držao klasasti krocanj (*Myriophyllum spicatum* L.) u otopini aluminija. Pri koncentracijama aluminija od 2.5, 5.1, 7.6 and $12.7 \text{ mg Al l}^{-1}$ došlo je do 50%-tnog smanjenja suhe biomase korijenja i stabljike, te dužine korijenja i stabljike.

Istraživanja toksičnosti aluminija za beskralješnjake uglavnom su usredotočena samo na akutnu toksičnost pri niskim pH vrijednostima (KALAFATIĆ i TOMAŠKOVIĆ, 1999; HAVENS, 1993; WADE i sur., 1989).

Kako je aluminij teško topiv pri neutralnom pH općenito se smatra da je slabo dostupan živim organizmima u slatkovodnom okolišu (DRISCOLL i SCHECHER, 1988). Pa ipak, neki vodeni organizmi, kao npr. puž *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758) mogu u svom mekom tkivu nagomilati značajne količine aluminija pri neutralnom pH (ELANGO VAN i sur., 1997). Izloženost aluminiju rezultirala je u promjenama ponašanja, kao npr. u promjenama pokretljivosti puža *L. stagnalis* (TRUSCOTT i sur., 1995). Dokazana je i raspoloživost i toksičnost aluminija za školjkaše pri neutralnom pH (KÁDÁR i sur., 2001).

Između pH 6.5 i 9.0, akutna toksičnost aluminija za beskralješnjake (LC₅₀ ili EC₅₀) kretala se od 1.8 za oblice *Caenorhabditis elegans* (Maupas, 1899) Dougherty, 1953 do više od 79.9 mg Al l⁻¹ za ličinke dvokrilaca trzalaca *Paratanytarsus dissimilis* (Johannsen, 1905) (EPA, 1988). Kronične vrijednosti toksičnosti (npr. utjecaji na životni ciklus ili testovi ranih životnih stadija) za aluminij kretale su se od 0.742 mg Al l⁻¹ za rakove rašljoticalce *Daphnia magna* Straus, 1820 do 3.29 mg Al l⁻¹ za ribe šaranke *Pimephales promelas* Rafinesque, 1820. Podaci o toksičnosti aluminija za faunu u sedimentu su rijetki i za aluminij ne postoje kriteriji za kvalitetu sedimenta (EPA, 1988).

Aluminij smatramo jednim od vrlo vjerojatnih čimbenika koji su uzrokovali velike promjene u izgledu cjelokupnog ekosustava akumulacije Jezero.

Mnogo manja raznolikost (12 nasuprot 23 vrste) i biomasa (8.65 mg l⁻¹ prema 108.52 mg l⁻¹) zelenih algi iz skupine Desmidiaceae u fitoplanktonu akumulacije Jezero u usporedbi s akumulacijom Ponikve najvjerojatnije je posljedica visokih koncentracija aluminija u vodi akumulacije Jezero (GLIGORA i PLENKOVIĆ-MORAJ, 2003). Desmidiaceae su poznate po jakoj ekološkoj osjetljivosti i najboljem razvoju u slabo produktivnim (oligo-mezotrofnim) vodama. HÖRNSTRÖM (1999) je ustanovio da su Desmidiaceae jako osjetljive na otopljeni aluminij u vodi, a PILLSBURY i KINGSTON (1990) su pokazali da su Dinophyta i Chrysophyceae (dominantne skupine algi u akumulaciji Jezero) neosjetljivi prema tom metalu. Usporedbom sa starijim florističkim i taksonomskim podacima o porodici

Desmidiaceae u akumulaciji Jezero, iz prve polovice 20. stoljeća (PEVALEK, 1929), vidi se da je raznolikost te skupine bila mnogo veća prije nego što je danas (29 vrsta nasuprot sadašnjih 12 vrsta).

Akumulacija Jezero i akumulacija Ponikve se značajno razlikuju i prema biomasi i florističkom sastavu čitavog fitoplanktona (GLIGORA i PLENKOVIĆ-MORAJ, 2003). U akumulaciji Ponikve biomasa fitoplanktona ima minimum od 8 mg l^{-1} u ožujku (na 3 m), a maksimum od 543 mg l^{-1} dostiže u lipnju (na 5 m). Sezonski razvoj fitoplanktona počinje u rano proljeće s dominacijom alga kremenjašica (Diatomeae), koju od svibnja do srpnja zamjenjuje skupina Dinophyta, a Chlorophyta prevladavaju od kolovoza do listopada. Biomasa fitoplanktona u akumulaciji Jezero bila je veća od one u akumulaciji Ponikve. Kretala se od 23 mg l^{-1} na 3m dubine u ožujku pa do 1027 mg l^{-1} na 5 m dubine u srpnju. Općenito, kroz cijelu godinu su prevladavali predstavnici skupine Dinophyta (posebno *Ceratium hirudinella* O.F. Müller) s kodominacijom predstavnika skupine Diatomeae u veljači i kratkim cvjetanjem vrsta roda *Dinobryon* u kolovozu.

MIŠETIĆ (2002) je istraživao mikrozooplankton akumulacije Ponikve i ustanovio da temeljem brojnosti faune Rotatoria, a koja je veća od 400 jed. l^{-1} samo u površinskom i središnjem sloju vode u srpnju, akumulacija Ponikve spada u slabo produktivna jezera. Naime, u jezerima visokog stupnja trofije brojnosti faune Rotatoria kreće se između 2000 i 3000 jed. l^{-1} . Iz analize spektra ishrane vidi se da u zajednici faune Rotatoria akumulacije Ponikve dominiraju vrste koje pripadaju hranidbenoj kategoriji makrofiltratora. Dominantnost makrofiltratora je uvjetovana raznolikošću dostupne hrane, a što je značajka voda nižeg stupnja trofije. U ljetnom razdoblju, koje je bitno za procjenu stupnja trofije nekog vodenog ekosistema, ukupna brojnost faune Rotatoria kreće se unutar graničnih vrijednosti za jezera nižeg stupnja trofije, osim u površinskom i središnjem sloju vode u srpnju, kada je utvrđena vrijednost bila neznatno veća od gornje granične vrijednosti značajne za jezera nižeg stupnja trofije. Pošto glavno obilježje u zajednici prema spektru ishrane pripada makrofiltratorima, a prema stupnju trofije euritopnim vrstama može se zaključiti da akumulacija Ponikve temeljem analize faune Rotatoria pripada jezerima nižeg stupnja trofije.

TERNJEJ (2002) je utvrdila ukupno deset vrsta planktonskih rakova (makrozooplankton) u akumulaciji Ponikve. Šest vrsta pripada skupini Cladocera (rašljoticalci), a preostalih četiri skupini Copepoda (veslonošci). Osim njih u planktonu je utvrđena i ličinka kukaca

dvokrilaca iz roda *Chaoborus*. Srednje mjesečne vrijednosti broja jedinki kreću se u rasponu su od 0.4 do 20.5 jed. l⁻¹, a biomase od 2.8 do 125 µg l⁻¹ te otkrivaju dva maksimuma. Maksimumi brojnosti utvrđeni su u travnju i listopadu, a u istom razdoblju utvrđeni su i maksimumi biomase. Najmanje vrijednosti broja jedinki zabilježene su zimi i iznosile su 0.4 jed. l⁻¹. Veća brojnost opažena je u sloju vode između 3 i 5 m dubine. Pogledamo li raspodjelu prema taksonomskim grupama, možemo primijetiti da tijekom cijele godine dominiraju veslonošci (Copepoda), a rašljoticalci (Cladocera) se pojavljuju u manjem broju. Jedino u veljači biomasa Cladocera na dubini od 5 m premašuje biomasu Copepoda.. Indikatori oligotrofije pojavljuju se tijekom proljeća u većem broju. Indikatori eutrofije dominiraju ljeti. To su uglavnom detritivorne vrste, a njihova veća zastupljenost pokazuje na veće količine mrtve organske tvari u stupcu vode. Usporedimo li podatke o brojnosti i biomasi planktonskih rakova ovog istraživanja sa ranijim istraživanjima (KEROVEC i sur., 2000a), vidimo da je utvrđen nešto veći broj jedinki, ali manja biomasa. Međutim, uzrok takovih razlika može biti u činjenici da istraživanja 1997/1998 nisu obuhvatila cjelogodišnju dinamiku, a ciklus planktonskih rakova vrlo je varijabilan i može se značajno razlikovati iz godine u godinu. Sastav i biomasa makrozooplanktona ukazuju na mezotrofni karakter akumulacije Ponikve.

TERNJEJ i suradnici (2003) utvrdili su ukupno jedanaest vrsta planktonskih rakova u akumulaciji Jezero. Sedam vrsta pripada skupini Cladocera (rašljoticalci), a preostalih četiri skupini Copepoda (veslonošci). Osim njih u planktonu je utvrđena i ličinka kukaca dvokrilaca iz roda *Chaoborus*. Srednje mjesečne vrijednosti broja jedinki u rasponu su od 5 do 20 jed. l⁻¹, a biomase od 15 do 346 µg l⁻¹ te otkrivaju dva maksimuma. Maksimumi brojnosti utvrđeni su u svibnju i listopadu, dok su maksimumi biomase utvrđeni u travnju i srpnju. Indikatori oligotrofije pojavljuju se tijekom proljeća u većem broju. Indikatori eutrofije dominiraju ljeti. To su uglavnom detritivorne vrste, a njihova veća zastupljenost pokazuje na veće količine mrtve organske tvari u stupcu vode. Uspoređujući nalaze ovog istraživanja s rezultatima prethodnih istraživanja (KEROVEC i sur., 2000b), utvrđene su različite vrijednosti broja i biomase, slično kao i u akumulaciji Ponikve. 1997/1998. je utvrđen nešto veći broj jedinki, ali manja biomasa. Udio pojedinih trofičkih kategorija je također drukčiji. Međutim, istraživanja 1997/1998. nisu obuhvatila cjelogodišnju dinamiku, a ciklus planktonskih rakova vrlo je varijabilan i može se značajno razlikovati iz godine u godinu.

Tijekom istraživanih razdoblja prosječna gustoća makrozoobentosa na svim postajama u akumulaciji Ponikve iznosi 9340 jed. m⁻², što je čak više od tri puta veća gustoća nego što je to utvrđeno tijekom istraživanja 1997/8. godine, kada iznosi 3044 jed. m⁻² (KEROVEC i sur., 2000a). Isto tako, tijekom ovih istraživanja utvrđena je gotovo dva puta veća prosječna gustoća makrozoobentosa na postaji P1 (10198 jed. m⁻²), nego što je to na postaji P2 (6575 jed. m⁻²), a slično je i kod plitkih postaja, P4 (11445 jed. m⁻²) i P3 (8455 jed. m⁻²). S obzirom na smještaj postaja (Slika 12), zamjetno je da su postaje P1 i P4 na zajedničkom transektu bliže brani, a postaje P2 i P3 na zajedničkom transektu dalje od brane, a u visini vodozahvata Vela Fontana, tj. na području izvorišta Vela Fontana. No, ukupno najveća gustoća makrozoobentosa u jednom uzorku utvrđena je na postaji P2 u veljači 2001. godine, kada je zabilježeno 28550 jed. m⁻². To je znatno više u usporedbi s prethodnim istraživanjima, kada je zabilježeno najviše 7200 jed. m⁻². Općenito, na obje duboke postaje (P1 i P2) znatno je više jedinki utvrđeno tijekom zimskog i proljetnog razdoblja, tj. u studenom, veljači, ožujku, travnju i svibnju. Suprotno, znatno je manje jedinki utvrđeno tijekom ljetnog i jesenskog razdoblja, posebno je to izraženo u mjesecu srpnju, kada je na postaji P2 zabilježeno svega 150 jed. m⁻² (Tablice 4, 5 i 7; Slike 40 i 41). Ranijim istraživanjima nisu bila obuhvaćene i pliće postaje (P3 i P4) na kojima se ne može primijetiti takav izraziti ljetni pad brojnosti zoobentosa, već njegove vrijednosti više-manje ujednačeno osciliraju tijekom godine, s izuzetkom proljetnog naglog rasta..

U akumulaciji Ponikve ukupno su zabilježeni predstavnici 18 skupina makroskopskih beskralješnjaka, od kojih su neki tipični planktonski oblici, kao npr. rakovi rašljoticalci (Cladocera) i veslonošci (Copepoda) te ličinka dvokrilaca vrste *Chaoborus flavicans* (Meigen, 1818). Nema većih razlika u prisutnosti predstavnika pojedinih skupina na pojedinim postajama. Ličinke dvokrilaca iz porodice trzalaca (Chironomidae) najbrojnija su skupina makrozoobentosa jer uglavnom na svakoj postaji čine barem oko 50% ukupnog broja jedinki faune dna tijekom istraživanih razdoblja. To je znatno manji udio nego u prethodnim istraživanjima kada je ova skupina činila oko 85% makrozoobentosa. Ujedno je ova skupina uz Oligochaeta i ličinke Trichoptera, najučestalija jer dolazi u preko 90% uzoraka.

Najbrojnija i najčešća vrsta trzalaca je *Micropsectra junci* (Meigen, 1818), koja je karakteristična za mezo-oligotrofna jezera. Ona je najčešća tijekom cijele godine na svim postajama, jedino nije nađena na dubokim postajama (P1 i P2) tijekom lipnja i srpnja. Na

dubokim postajama čest je i trzalac *Chironomus plumosus* (Linnaeus, 1758), karakterističan za eutrofna jezera, a nije nađen na niti jednoj postaji tijekom cijelog ljeta (od lipnja do kolovoza).

Za razliku od prethodnih istraživanja, tijekom ovih su u većini uzoraka utvrđeni maločetinaši (Oligochaeta), koji su po brojnosti druga skupina. U populacijama Oligochaeta dominiraju vrste *Potamothrix bavaricus* (Öschmann, 1913) i *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparède, 1862 iz porodice Tubificidae (karakteristične za eutrofna jezera) te više predstavnika iz porodice Naididae (karakteristične za mezotrofna jezera).

Za razliku od prethodnih istraživanja kada rakovi ljuskari (Ostracoda) nisu nađeni, tijekom ovih istraživanja njihov udio u makrozoobentosu je znan i iznosi oko 10%. Tijekom ovih istraživanja u znatnom broju uzoraka i s većim brojem jedinki (oko 3-6%), prisutne su i ličinke Diptera vrste *Chaoborus flavicans* (Meigen, 1818) koje također ukazuju na povišen stupanj trofije.

S druge strane, tijekom ovih istraživanja u preko 90% uzoraka su utvrđene ličinke tulara (Trichoptera), sa značajnijim brojčanim udjelom (oko 5%). Ta činjenica, uz povremeno prisustvo predstavnika skupina Odonata i Ephemeroptera na dubokim postajama, ali i njihovo uglavnom stalno prisustvo na plitkim postajama, ukazuje na nešto niži stupanj trofije nego u prethodnim istraživanjima.

Za vrijeme ranijih istraživanja akumulacije Jezero (JUSTIĆ, 1981) najbrojnije skupine bile su trzalci (Chironomidae), ljuskari (Ostracoda) i maločetinaši (Oligochaeta). Najveća gustoća beskrležnjaka bila je na postaji N3 (15400 jed. m⁻²) u listopadu. U litoralu akumulacije bili su najčešći trzalci *Procladius choreus* (Meigen, 1804) (29.8% od svih beskrležnjaka) i *Tanytarsus gregarius* Kieffer, 1909 (14.3%) te ljuskari (Ostracoda) s 25.3%. Prosječna gustoća makrozoobentosa u litoralnoj zoni bila je 8354 jed. m⁻². Makrozoobentos profundala akumulacije Jezero bio je kvantitativno i kvalitativno siromašniji od litoralne faune. Prosječna gustoća beskrležnjaka u profundalu bila je 5350 jed. m⁻², s dominacijom trzalca *Chironomus* gr. *thummi* (41.1% ukupne faune) i Ostracoda (29.9%). Važan član makrozoobentosa bio je još i *Potamothrix hammoniensis* (Michaelson, 1901), predstavljajući 17.9% ukupne faune u profundalu akumulacije.

Naši rezultati su u suprotnosti s ranijim istraživanjima jer nam je profundalna zona (postaja N1) obilježena s većom prosječnom gustoćom makrozoobentosa (1325 jed. m^{-2}) nego postaje u litoralnoj zoni akumulacije Jezero (296 jed. m^{-2}). Najveća gustoća beskralješnjaka zabilježena je u najdubljem dijelu akumulacije (postaja N1) u ožujku (2850 jed. m^{-2}). Zamjetno je izrazito smanjenje gustoće beskralješnjaka u litoralu akumulacije Jezero. Najčešća i najbrojnija vrsta u litoralu je još uvijek trzalac *Procladius choreus* (Meigen, 1804), ali se njegova prosječna gustoća značajno smanjila (179 jed. m^{-2}). U usporedbi s ranijim istraživanjima iz 1980/81. godine, na postaji N1 došlo je do smjene dominantnih vrsta. *Chaoborus flavicans* (Meigen, 1818) i *Potamothenix hammoniensis* (Michaelson, 1901) bili su najbrojnije i najčešće vrste u profundalu akumulacije Jezero tijekom zadnjih istraživanja. Zadnjim istraživanjima nisu zabilježene neke vrste koje su ranije bile dosta rasprostranjene u akumulaciji Jezero. Nema više puževa koji žive na vodenim biljkama (pošto su biljke nestale, ali ima mnogo ljuštura raznih vrsta puževa), niti ima vrsta koje žive na ili u mulju i koje se hrane detritusom (npr. *Tanytarsus gregarius* Kieffer, 1909 i *Caenis macrura* Stephens, 1835). S druge strane, pojavile su se neke nove vrste koje mogu izdržati široki raspon variranja okolišnih čimbenika (npr. *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparède, 1862 i *C. flavicans*).

Ukupna gustoća, broj svojiti po postaji, Shannon-Weaver indeks raznolikosti i Simpsonov indeks raznolikosti makrozoobentosa mnogo su veći u akumulaciji Ponikve nego u akumulaciji Jezero (Tablica 8; Slike 44, 45, 47 i 48) što ukazuje na mnogo veću organsku produkciju u bentosu akumulacije Ponikve nego u bentosu akumulacije Jezero. Samo je ujednačenost svojiti uglavnom podjednaka u obje akumulacije, a na postaji N1 je nešto veća u akumulaciji Jezero, u kojoj i mnogo jače varira tijekom godine (od 0 do 1) na postajama N2-N5 (Slika 46).

Rezultati Bray-Curtis (group average linkage) klaster analize međusobne sličnosti/udaljenosti svih uzoraka iz akumulacije Jezero (N) i akumulacije Ponikve (P) po postajama (N1-N5 i P1-P4) i mjesecima uzorkovanja (10) tijekom 2000/2001. godine pokazuju generalnu podjelu uzoraka na dvije velike grupe (klastera), tj. na dvije akumulacije, Jezero i Ponikve (Slika 49). Na dnu dendrograma iz te su podjele izdvojeni uzorci koji pokazuju najveću udaljenost (najmanju sličnost) prema ostalim uzorcima (postaja N3 od travnja, svibnja i kolovoza). Najudaljeniji od svih uzoraka i izdvojen sam na dnu dendrograma je uzorak s postaje N3 od kolovoza 2001. godine, u kojem je pronađena samo jedna ličinka trzalca *Thienemannimyia*

gr. *lentiginosa* (Fries, 1832), karakteristična za oligotrofna jezera. Uzorci s postaje N3 od travnja i svibnja 2001. godine su slijedeći i zajedno grupirani, a u njima su samo po dvije jedinke maločetinaša *Psammoryctides barbatus* (Grube, 1861), karakterističnog za mezotrofna jezera. U uzorku od svibnja su još i po jedna ličinka trzalaca *Polypedilum laetum* (Meigen, 1818) i *Limnochironomus nervosus* (Staeger, 1839), karakterističnih za mezotrofna jezera. U grupi uzoraka iz akumulacije Jezero našla su se i tri uzorka iz akumulacije Ponikve (postaja P2 od srpnja, kolovoza i listopada). Uzorci s postaje P2 od kolovoza i od listopada 2001. godine zajedno su se grupirali na rubu skupine dubokih postaja iz akumulacije Jezero. Zajedničko im je to da skoro jedini sadržavaju predstavnike vodengrinja (Hydracarina), koje su karakteristične za oligotrofne do mezotrofne vode. Vodengrinje su se pojavile još i pojedinačno na postaji P4 u travnju i na postaji N5 u lipnju, a brojnije su se pojavile samo još na postaji P1 u lipnju. Zajedničko za postaju P2 u kolovozu i listopadu je još i brojnije pojavljivanje ličinke dvokrilca *Chaoborus flavicans* (Meigen, 1818), karakterističnog za mezotrofne vode. Odvajanje postaje P2, naročito u ljetno doba, moglo bi se objasniti činjenicom da se ona nalazi na području izvorišta Vela Fontana, što znači da je pri dnu prisutan stalni dotok podzemne vode. To stvara lokalizirane posebne uvjete, naročito tijekom ljeta, kad je gornji sloj vode jako zagrijan, a ovaj pridneni je hladniji pa se na ovom položaju akumulacije Ponikve običava pojavljivati lokalna vertikalna termalna stratifikacija vode. Zbog te stratifikacije može dolaziti i do hipoksije ili čak anoksije, kada se stvara više amonijaka i sumporovodika. To potvrđuje i crna boja uzoraka na toj postaji, uzorkovanih tijekom ljeta.

Kanonička analiza korespondencije (CCA) gustoće pojedinih svojti makrozoobentosa i čimbenika okoliša rezultirala je ordinacijskim dijagramima, u kojima su okolišne varijable prikazane pravcima (vektorima) čija dužina i smjer pokazuju u kakvoj su međusobnoj ovisnosti. Pozitivna korelacija očituje se u približno jednakoj dužini vektora i istom smjeru, a negativna u njihovom suprotnom smjeru i različitoj dužini. Ordinacijski dijagrami za akumulaciju Jezero prikazuju vektor dubine kao najznačajniji čimbenik okoliša (na 1. osi), zatim je koncentracija orto-fosfata (na 1. osi) u suprotnom smjeru (negativna korelacija) i s duplo kraćim vektorom, a treći čimbenik po važnosti je koncentracija klorofila *a*, koja je na 2. osi i u pozitivnoj korelaciji s vektorom dubine. Takvi rezultati potvrđuju činjenicu da je stupac vode i plankton u njemu glavno mjesto organske produkcije i razgradnje u akumulaciji Jezero, a malobrojni bentos na dnu, izričito je ovisan o količini preostale organske tvari koja potone na dno. Ordinacijski dijagrami za akumulaciju Ponikve prikazuju vektor koncentracije

klorofila *a* kao najznačajniji čimbenik okoliša (na 1. osi), zatim je vektor dubine (na 2. osi), a u uglavnom suprotnom smjeru od njega na 2. osi su vektor temperature i vektor zasićenja kisikom. Iako je vektor klorofila *a* na 1. osi, on je dosta kratak prema ostalim vektorima, a i uz njega su grupirane samo vrste koje su tipične za plankton, npr. planktonski račići i ličinka dvokrilca roda *Chaoborus*. Za bentoske organizme u akumulaciji Ponikve su ipak najvažniji dubina, temperatura i količina otopljenog kisika, pošto je hrana na dnu prisutna u izobilju zahvaljujući jako razvijenoj podvodnoj makrovegetaciji, a plankton je puno slabije razvijen nego u akumulaciji Jezero. Ordinacijski dijagrami za akumulacije Jezero i Ponikve zajedno prikazuju vektor dubine kao najznačajniji čimbenik okoliša (na 1. osi), a u suprotnom smjeru na 2. osi po značajnosti su poredani vektori temperature, zasićenja kisikom i koncentracije otopljenog kisika. Time se potvrđuje da uvjeti života na dnu jezera prvenstveno variraju s dubinom. Povećanjem dubine mijenjaju se osnovni fizikalno-kemijski uvjeti na staništu, te izvori dostupne hrane. Tako npr. temperatura vode i prodor svjetla smanjuju se progresivno s povećanjem dubine, a s druge strane dolazi do taloženja sve finijih organskih i anorganskih čestica. To su općenita pravila koja važe za klasična jezera, u kakva bi se donekle mogao uvrstiti dublji bazen akumulacije Jezero, dok akumulacija Ponikve baš i ne slijedi u potpunosti takva pravila, nego se ponaša kao pravo plitko jezero obraslo makrovegetacijom.

Iz svega navedenog se vidi da je trenutno makrozoobentos u akumulaciji Jezero puno siromašniji nego u akumulaciji Ponikve, i brojem svojti (25 prema 57) i prosječnom gustoćom prisutne makrofaune (545 jed. m⁻² prema 9340 jed. m⁻²). Za to bi moglo biti odgovorno više čimbenika.

Kao prvo, poznato je da naselja vodene vegetacije obično udomljuju mnogo bogatije zajednice beskralješnjaka nego mjesta bez vegetacije, i u pogledu broja vrsta i ukupne biomase (GILINSKY, 1984; DIEHL, 1988; ENGEL, 1988; HARGEBY i sur., 1994). U akumulaciji Jezero trenutno nema ni traga od nekadašnje (JUSTIĆ, 1981) bujne podvodne vegetacije (*Myriophyllum spicatum* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Potamogeton fluitans* Roth, *Utricularia vulgaris* L., *Chara* sp. and *Nitella* sp.), dok je akumulacija Ponikve cijelom svojom površinom obrasla podvodnim biljem (*Chara* sp., *Potamogeton lucens* L., *Potamogeton nodosus* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Polygonum amphibium* L., *Utricularia vulgaris* L. i *Zanichellia palustris* L.). Takvo bujna podvodna vegetacija pruža veliki broj raznolikih ekoloških niša pa je logično da je i mjesto velike raznolikosti i brojnosti makrofaune beskralješnjaka. U akumulaciji Jezero je trenutna

podloga za makrozoobentos rahli flokulasti sediment, bogat spojevima aluminija. Sama priroda podloge razlog je za siromašniju faunu bentosa, a k tome se vjerojatno još pribraja i vrlo vjerojatan toksični učinak nagomilanog aluminija u akumulaciji.

Još je značajan i podatak da u akumulaciji Ponikve nema drugih riba osim dosta rijetke populacije sitnih riba vrste *Gambusia affinis holbrooki* (Baird & Girard, 1859) koje ne mogu utjecati na populaciju zoobentosa (KEROVEC i sur., 2000a), dok u akumulaciji Jezero ima nekoliko vrsta riba koje intenzivno koriste bentos u prehrani (KEROVEC i sur., 2000b). To su: šaran *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758; babuška *Carassius gibelio* (Bloch, 1782); linjak *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758) i jegulja *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758). Također su u više navrata, radi kontrole rasta vodenog bilja i fitoplanktona, ubacivane i fitofagne ribe: bijeli amur *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) i sivi glavaš *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844). Sivi glavaš se hrani fitoplanktonom, a bijeli amur se hrani višim vodenim biljem pa bi stoga i on mogao biti jedan od krivaca za nestanak podvodne makrovegetacije u akumulaciji Jezero.

6. ZAKLJUČAK

Prema izmjerenim maksimalnim vrijednostima otopljenih **orto-fosfata** u vodi, akumulacija Ponikve navodi na zaključak da je stupanj trofije u granicama **umjerene eutrofije** s povremenim prijelazom **prema eutrofiji**.

Tijekom većeg dijela godine vrijednosti **prozirnosti** vode akumulacije Ponikve pokazatelj su **oligotrofije**, a samo tijekom lipnja i kolovoza te su vrijednosti u granicama **mezotrofije**. S obzirom da je većinom prozirnost akumulacije bila do dna, vjerojatno su te vrijednosti još nešto više, tako da taj kriterij nije tijekom cijele godine najpouzdaniji za određivanje stupnja trofije akumulacije Ponikve.

Izmjerene količine **klorofila *a*** ukazuju na **oligotrofno-mezotrofni** karakter akumulacije Ponikve tijekom zime i proljeća, s tendencijom prelaska u **umjerenu eutrofiju** u ljetno-ranojesenskom razdoblju. Vidljiv je i kratkotrajni prijelaz u **eutrofiju**, ali samo pri dnu za vrijeme velikih vrućina i niskih vodostaja u kolovozu.

Prema vrijednostima praćenih spomenutih ekoloških parametara ova bi akumulacija i dalje pripadala kategoriji **mezotrofnih voda**, ali s **izraženom tendencijom porasta stupnja trofije u ljetno-ranojesenskom razdoblju**.

U odnosu na prethodna istraživanja, temeljem ovih parametara je moguće uočiti određeni porast stupnja trofije akumulacije Ponikve.

Većina ekoloških parametara u akumulaciji Jezero ne pokazuje značajne promjene u odnosu na istraživanja od prije nekoliko godina. Izuzetak su hranjive soli dušika i fosfora čije su vrijednosti značajno porasle. Ekološki parametri pokazuju uglavnom karakterističan sezonski hod vezan uz vrijednosti klorofila *a*, odnosno intenzivnu biološku aktivnost zajednice planktona u jezeru. Prema vrijednostima većine ekoloških parametara ovo bi jezero pripadalo i dalje kategoriji **mezotrofnih voda**. Međutim vrlo velike količine **orto-fosfata** i **klorofila *a*** (ljetno-jesen) pokazuju na **visok stupanj eutrofije** s povremenim skokovima ka **hipertrofiji**. Razloge gomilanja fosfata, trošenja i njegovog puta u hranidbenim lancima trebalo bi dodatno istražiti.

Temeljem analize **makrozoobentosa** možemo reći da se akumulacija Ponikve nalazi u granicama **mezotrofnog** stupnja te da je u proteklom razdoblju došlo do blagog pada stupnja trofije. Takvi zaključci mogli bi biti i posljedica češćeg uzorkovanja tijekom ovih istraživanja, čime je dobivena stvarnija slika dinamike i strukture makrozoobentosa u akumulaciji Ponikve.

Temeljem analize **makrozoobentosa** možemo reći da je akumulacija Jezero **eutrofna** stajaćica te da je u proteklom razdoblju došlo do blagog rasta stupnja trofije.

Akumulacija Ponikve razlikuje se od akumulacije Jezero po nižim koncentracijama klorofila *a* i orto-fosfata, dvostruko manjoj biomasi fitoplanktona i zooplanktona te većim vrijednostima prozirnosti. Očito je onda da je i produktivnost (trofički status) akumulacije Ponikve manja od produktivnosti akumulacije Jezero. To vrijedi za stupac slobodne vode, dok je obrnuto tome, bentos akumulacije Ponikve mnogo produktivniji nego bentos u akumulaciji Jezero. Tome najviše pridonosi bujna podvodna makrovegetacija, a kao posljedica toga i mnogo bogatiji makrozoobentos.

Rezultati su potvrdili da je makrozoobentos u akumulaciji Jezero puno siromašniji nego u akumulaciji Ponikve, kako brojem svojti (25 prema 57) tako i gustoćom populacija (546 jed. m⁻² prema 9340 jed. m⁻²). To su potvrdile i vrijednosti Simpsonovog (0.39 prema 0.68) i Shannon-Weaver indeksa raznolikosti (0.56 prema 1.56).

Rezultati klaster analize međusobne sličnosti makrozoobentosa svih uzoraka iz obje istraživane akumulacije pokazali su generalnu podjelu uzoraka na dvije velike grupe (klastera). U jednoj su grupi postaje iz akumulacije Jezero, a u drugoj one iz akumulacije Ponikve. Time je također dokazana velika razlika između makrozoobentosa akumulacije Jezero i makrozoobentosa akumulacije Ponikve.

Rezultati ovog istraživanja potvrdili su našu hipotezu da je akumulacija Ponikve tipično plitko jezero obraslo podvodnom makrovegetacijom i s bogatim makrozoobentosom, a da je akumulacija Jezero suprotno stanje plitkog jezera, bez podvodne makrovegetacije i sa zamućenom vodom, punom fito- i zooplanktona, a s vrlo siromašnim makrozoobentosom.

Uzroci dosta velikih razlika između akumulacija Jezero i Ponikve najvjerojatnije su mnogostruki, a mnogo je manja vjerojatnost da je odgovoran samo jedan čimbenik. Za glavne uzročnike pogoršanja stanja u akumulaciji Jezero, kao najvjerojatnije, istaknuo bih: povećani unos nutrijenata, unašanje fitofagnih i bentivornih riba, uklanjanje makrovegetacije od strane čovjeka, te ispiranje aluminijskih spojeva i njihovo gomilanje u jezeru. Dugogodišnja visoka koncentracija aluminija u vodi i sedimentu akumulacije Jezero dokaz je intenzivnog utjecaja čovjeka na akumulaciju od 1970ih do danas.

Kako se planira smanjivanje stupnja trofije u jezeru Ponikve, među ostalim i uklanjanjem vodene makrovegetacije, preporučio bih selektivno uklanjanje samo većih plivajućih i plutajućih biljaka, poput mrijesnjaka, a naselja višestaničnih algi *Chara* sp. da se u cijelosti ostave takva kakva jesu, jer su mnoga istraživanja dokazala da su ta naselja najkorisnija za održavanje kvalitete vode i odgovorna za najveću raznolikost i brojnost makrozoobentosa.

7. LITERATURA

1. ANDERSSON, G., GRANÉLI, W. i STENSON, J., 1988. The influence of animals on phosphorus cycling in lake ecosystems. *Hydrobiologia* 170: 267-284.
2. ASKEW, R. R., 1988. *The Dragonflies of Europe*. Harley Books, Colchester, 291 str.
3. BÍRÓ, K., 1988. Kleiner Bestimmungsschlüssel für Zuckmückenlarven (Diptera: Chironomidae). *Wasser und Abwasser, Supplementband 1/88*, Bundesanstalt für Wassergüte, Wien, 329 str.
4. BOLE, J., 1969. Ključi za določevanje živali – IV. Mehkužci (Mollusca). Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani; Društvo biologov Slovenije, Ljubljana, 115 str.
5. BRAY, J. R. i CURTIS, J. T., 1957. An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349.
6. BRINKHURST, R. O. i JAMIESON, B. G. M., 1971. *Aquatic Oligochaeta of the World*. Oliver & Boyd, Edinburgh, 860 str.
7. BRÖNMARK, C., 1985. Interactions between macrophytes, epiphytes and herbivores: an experimental approach. *Oikos* 45: 26-30.
8. BRÖNMARK, C., 1988. Effects of vertebrate predation on freshwater gastropods: an exclosure experiment. *Hydrobiologia* 169: 363-370.
9. BRÖNMARK, C., 1989. Interactions between epiphytes, macrophytes and freshwater snails: a review. *Journal of Molluscan Studies* 55: 299-311.
10. BRÖNMARK, C. i WEISNER, S. E. B., 1992. Indirect effects of fish community structure on submerged vegetation in shallow eutrophic lakes: an alternative mechanism. *Hydrobiologia* 243/244: 293-301.
11. BRÖNMARK, C., 1994. Effects of tench and perch on interactions in a freshwater, benthic food chain. *Ecology* 75: 1818-1828.
12. CAMPAIOLI, S., GHETTI, P. F., MINELLI, A. i RUFFO, S., 1994. *Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci Italiane, Vol. I*. APR&B, Trento, 357 str.
13. CARCHINI, G., 1983. Odonati (Odonata). *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane* No. 21. Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/198, Verona, 80 str.
14. CARPENTER, S. R. i LODGE, D. M., 1986. Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes. *Aquatic Botany* 26: 341-370.

15. CUBICH, G., 1874. Notizie naturali e storiche sull'isola di Veglia. S.T. Apolonio e Caprin, Trieste.
16. DALDORPH, P. W. G. i THOMAS, J. D., 1995. Factors influencing the stability of nutrient-enriched freshwater macrophyte communities: The role of sticklebacks *Pungitius pungitius* and freshwater snails. *Freshwater Biology* 33: 271-289.
17. DAVIS, R. B., 1974. Tubificids alter profiles of redox potential and pH in profundal lake sediment. *Limnology and Oceanography* 19: 342-346.
18. DIEHL, S., 1988. Foraging efficiency of three freshwater fishes: effects of structural complexity and light. *Oikos* 53: 207-214.
19. DRISCOLL, T. C. i SCHECHER, W. D., 1988. Aluminium in the environment. U: Sigel, H. (ur.) *Metal Ions in Biological Systems*, Volume 24: Aluminium and its Role in Biology. Marcel Dekker, New York: 74-104.
20. DVOŘÁK, J. i BEST, E. P. H., 1982. Macro-invertebrate communities associated with the macrophytes of Lake Vechten, the Netherlands: structural and functional relationships. *Hydrobiologia* 95: 115-126.
21. DVOŘÁK, J., 1987. Production-ecological relationships between aquatic vascular plants and invertebrates in shallow waters and wetlands - a review. *Archiv für Hydrobiologie - Advances in Limnology* 27: 181-184.
22. EDINGTON, J. M. i HILDREW, A. G., 1995. A Revised Key to the Caseless Caddis Larvae of the British Isles (with notes on their ecology). Scientific Publication No. 53. Freshwater Biological Association, Cumbria, 134 str.
23. ELANGO VAN, R., WHITE, K. N. i McCROHAN, C. R., 1997. Bioaccumulation of aluminium in the freshwater snail *Lymnaea stagnalis* at neutral pH. *Environmental Pollution* 96: 29-33.
24. ENGEL, S., 1988. The role and interactions of submersed macrophytes in a shallow Wisconsin Lake USA. *Journal of Freshwater Ecology* 4: 329-342.
25. EPA, 1988. Water Quality Criteria for Aluminium, 1988. EPA 440/5-86-008. Office of Water Regulations and Standards. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC.
26. FERRARESE, U. i ROSSARO, B., 1981. Chironimidi, 1 (Diptera, Chironomidae: Generalità, Diamesinae, Prodiamesinae). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane No. 12. Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/129, Verona, 96 str.

27. FERRARESE, U., 1983. Chironimidi, 3 (Diptera: Chironomidae: Tanypodinae). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane No. 26. Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/204, Verona, 67 str.
28. FRANKE, U., 1979. Bildbestimmungsschlüssel mitteleuropäischer Libellen-Larven (Insecta: Odonata). Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde Serie A (Biologie) 333: 1-17.
29. GALLEPP, G. W., 1979. Chironomid influence on phosphorus release in sediment-water microcosm. Ecology 60: 547-556.
30. GAVAZZI, A., 1904. Die Seen des Karstes. Abhandlungen der k.k. Geographischen Gesellschaft, Bd. V, 2, Wien, 136 str.
31. GILES, N., 1992. Wildlife After Gravel; Twenty Years of Practical Research by the Game Conservancy and ARC. Game Conservancy Limited, Fordingbridge, Hampshire, UK.
32. GILINSKY, E., 1984. The role of fish predation and spatial heterogeneity in determining benthic community structure. Ecology 65: 455-468.
33. GLIGORA, M. i PLENKOVIĆ-MORAJ, A., 2003. Contribution of desmids to phytoplankton assemblies in two Croatian karstic lakes. Biologia 58: 701-708.
34. GLIGORA, M., PLENKOVIĆ-MORAJ, A. i TERNJEJ, I., 2003. Seasonal Distribution and Morphological Changes of *Ceratium hirudinella* in Two Mediterranean Shallow Lakes. Hydrobiologia (u tisku).
35. GLÖER, P., MEIER-BROOK, C. i OSTERMANN, O., 1987. Süßwassermollusken – Ein Bestimmungsschlüssel für Die Bundesrepublik Deutschland. 6. erweiterte Auflage, Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, Hamburg, 85 str.
36. GOLUBOVIĆ, R., ŠTRCAJ, V., POPOVIĆ, Đ., SEDLAR, F. i HRABRIĆ, D., 1962. Ispitivanje vrela Vratak kod Jezera kraj Njivica. Studija, Opća vodna zajednica, Rijeka.
37. GRANÉLI, W., 1979. The influence of *Chironomus plumosus* larvae on the oxygen uptake of sediment. Archiv für Hydrobiologie 87: 385-403.
38. GREGG, W. W. i ROSE, F. L., 1985. Influences of aquatic macrophytes on invertebrate community structure, guild structure, and microdistribution in stream. Hydrobiologia 128: 45-56.
39. GRIMM, M. P. i BACKX, J. J. G. M., 1990. The restoration of shallow eutrophic lakes and the role of northern pike, aquatic vegetation and nutrient concentration. Hydrobiologia 200/201: 557-566.
40. HANSON, J. M. i LEGGETT, W. C., 1982. Empirical prediction of fish biomass and yield. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 39: 257-263.

41. HARGEBY, A., ANDERSSON, G., BLINDOW, I. i JOHANSSON, S., 1994. Trophic web structure in a shallow eutrophic lake during a dominance shift from phytoplankton to submerged macrophytes. *Hydrobiologia* 280: 83-90.
42. HAVENS, K. E., 1993. Acid and aluminium effects on the survival of littoral macroinvertebrates during acute bioassays. *Environmental Pollution* 80: 95-100.
43. HILL, D., WRIGHT, R. i STREET, M., 1987. Survival of mallard ducklings *Anas platyrhynchos* and competition with fish for invertebrates on a flooded gravel quarry in England UK. *Ibis* 129: 159-167.
44. HOLLAND, D. G., 1972. A Key to the larvae, pupae and adults of the British Species of Elminthidae. Scientific Publication No. 26, Freshwater Biological Association, 58 str.
45. HOLT, R. D., 1977. Predation apparent competition and the structure of prey communities. *Theoretical Population Biology* 12: 197-229.
46. HOOTSMANS, M. J. M. i VERMAAT, J. E., 1985. The effect of periphyton grazing by three epifaunal species on the growth of *Zostera marina* under experimental conditions. *Aquatic Botany* 22: 83-88.
47. HÖRNSTRÖM, E., 1999. Long-term phytoplankton changes in acid and limed lakes in SW Sweden. *Hydrobiologia* 394: 93-102.
48. HOWARD, R. K. i SHORT, F. T., 1986. Seagrass *Halodule wrightii* growth and survivorship under the influence of epiphyte grazers. *Aquatic Botany* 24: 287-302.
49. HOYER, M. V., GU, B. i SCHELSKE, C. L., 1997. Sources of organic carbon in the food-webs of two Florida lakes indicated by stable isotopes. U: Jeppesen, E., Søndergaard, M., Søndergaard, M. i Christoffersen, K. (ur.) *The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes*. Ecological Studies Series 131. Springer-Verlag, New York: 326-330.
50. HUNTER, M. L. J., JONES, J. J., GIBBS, K. E. i MORING, J. R., 1986. Duckling responses to lake acidification: do black ducks *Anas rubripes* and fish compete? *Oikos* 47: 26-32.
51. ILLIES, J., 1978. *Limnofauna Europaea: Eine Zusammenstellung alle die europäischen Binnengewässer bewohnenden mehrzelligen Tierarten mit Angaben über ihre Verbreitung und Ökologie*. Zweite, überarbeitete und ergänzte Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York; Swets & Zeitlinger B.V., Amsterdam, 532 str.
52. JAMES, A. i EVISON, L., (ur.) 1979. *Biological indicators of Water Quality*. John Wiley & Sons, Chichester, 613 str.

53. JEPPESEN, E., JENSEN, J. P., KRISTENSEN, P., SØNDERGAARD, M., MORTENSEN, E., SORTKJÆR, O. i OLRİK, K., 1990. Fish manipulation as a lake restoration tool in shallow, eutrophic, temperate lakes 2: threshold levels, long-term stability and conclusions. *Hydrobiologia* 200/201: 219-227.
54. JEPPESEN, E., JENSEN, J. P., SØNDERGAARD, M., LAURIDSEN, T. L., PEDERSEN, L. J. i JENSEN, L., 1996. Top-down control in freshwater lakes with special emphasis on the role of fish, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiologia* 342:151-164.
55. JUSTIĆ, D., 1981. Ekološke karakteristike Jezera na Krku. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 92 str.
56. JUSTIĆ, D., 1984. Utjecaj ekoloških faktora na dinamiku planktona u epilimniju Jezera na Krku. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 76 str.
57. JUSTIĆ, D., LEGOVIĆ, T. i MEŠTROV, M., 1986. Vertikalna raspodjela primarne produkcije u epilimniju akumulacije Jezero na Krku. *Ekologija* 21 (1): 31-40.
58. JUSTIĆ, D., MRAKOVČIĆ, M., BULJAN, J. i CVITAN, V., 1991. Trofičke značajke akumulacije Jezero na Krku. Studija, Zagreb.
59. KÁDÁR, E., SALÁNKI, J., JUGDAOHSINGH, R., POWELL, J. J., McCROHAN, C. R. i WHITE, K. N., 2001. Avoidance responses to aluminium in the freshwater bivalve *Anodonta cygnea*. *Aquatic Toxicology* 55: 137 -148.
60. KALAFATIĆ, M. i TOMAŠKOVIĆ, I., 1999. Toxic effects of aluminium in neutral and acidic media on the planarian *Polycelis felina*. *Biologia* 54: 713-718.
61. KEROVEC, M., 1986. Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 127 str.
62. KEROVEC, M., MEŠTROV, M., MRAKOVČIĆ, M., TAVČAR, V., PLENKOVIĆ-MORAJ, A., HRŠAK, V., TERNJEJ, I., MIHALJEVIĆ, Z. i BARTOVSKY, V., 2000a. Biološko-ekološka obilježja akumulacije Ponikve na otoku Krku tijekom 1997/98. godine. Studija, Biološki odjel PMF-a, Zagreb, 47 str.
63. KEROVEC, M., MEŠTROV, M., MRAKOVČIĆ, M., TAVČAR, V., PLENKOVIĆ-MORAJ, A., HRŠAK, V., TERNJEJ, I., MIHALJEVIĆ, Z., MUSTAFIĆ, P. i BARTOVSKY, V., 2000b. Biološko-ekološka obilježja jezera Njivice na otoku Krku tijekom 1997/98. godine. Studija, Biološki odjel PMF-a, Zagreb, 57 str.
64. KEROVEC, M., MEŠTROV, M., MRAKOVČIĆ, M., TAVČAR, V., MIŠETIĆ, S., PLENKOVIĆ-MORAJ, A., HRŠAK, V., TERNJEJ, I., MIHALJEVIĆ, Z., GOTTSTEIN MATOČEC, S., POPIJAČ, A., ŽGANEC, K., GLIGORA, M. i

- BARTOVSKY, V., 2002. Biološko-ekološka obilježja akumulacije Ponikve na otoku Krku tijekom 2000/1. godine. Studija, Biološki odjel PMF-a, Zagreb, 68 str.
65. KORNIJÓW, R., GULATI, R. D. i OZIMEK, T., 1995. Food preferences of freshwater invertebrates: Comparing fresh and decomposed angiosperm and a filamentous alga. *Freshwater Biology* 33: 205-212.
 66. KREBS, C. J., 1999. *Ecological Methodology*. Second Edition, Benjamin/Cummings, Menlo Park, 620 str.
 67. LAMMENS, E. H. R. R., 1985. A test of a model for planktivorous filter feeding by bream *Abramis brama*. *Environmental Biology of Fishes* 13: 289-296.
 68. LAMMENS, E. H. R. R., DENIE, H. W., VIJVERBERG, J. i DENSENS, W. L. T., 1985. Resource partitioning and niche shifts of bream (*Abramis brama*) and eel (*Anguilla anguilla*) mediated by predation of smelt (*Osmerus eperlanus*) on *Daphnia hyalina*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42: 1342-1351.
 69. LINDEGAARD, C., 1994. The role of zoobenthos in energy flow in two shallow lakes. *Hydrobiologia* 275/276: 313-322.
 70. LOUŠIN, J. i PRVANOVIĆ, M., 1965. Vodoistražni radovi na Krku - Geološki i hidrogeološki izvještaj. Studija, Elektrosond, Zagreb.
 71. MACAN, T. T., 1976. A Key to British Water Bugs (Hemiptera – Heteroptera). Second edition, Scientific Publication No. 16, Freshwater Biological Association, 77 str.
 72. MARTIN, T. H., CROWDER, L. B., DUMAS, C. F. i BURKHOLDER, J. M., 1992. Indirect effects of fish on macrophytes in Bays Mountain Lake: Evidence for a littoral trophic cascade. *Oecologia* 89: 476-481.
 73. McCUNE, B. i MEFFORD, M. J., 1999. PC-ORD - Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 4.14 for Windows, MjM Software Design, Gleneden Beach, 237 str.
 74. MEIJER, M.-L., DE HAAN, M. W., BREUKELAAR, A. W. i BUIITEVELD, H., 1990. Is reduction of the benthivorous fish an important cause of high transparency following biomanipulation in shallow lakes? *Hydrobiologia* 200/201: 303-316.
 75. MERRITT, R. W. i CUMMINS, K. W., (ur.) 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Third Edition, Kendall-Hunt Publishing Company, Dubuque, 862 str.
 76. MEŠTROV, M. i JUSTIĆ, D., 1983. Promjene ekoloških karakteristika akumulacije Jezero na Krku. *Ekologija* 18 (1): 65-74.

77. MEŠTROV, M., HABDIJA, I., STILINOVIĆ, B., PLENKOVIĆ-MORAJ, A., PRIMC HABDIJA, B., KEROVEC, M. i MRAKOVČIĆ, M., 1995. Biološko-ekološka obilježja akumulacije Ponikve na otoku Krku. Studija, Biološki odjel PMF-a, Zagreb, 67 str.
78. MIHALJEVIĆ, Z., 1999. Sezonske promjene u trofičkoj strukturi makrozoobentosa Visovačkog jezera. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 145 str.
79. MIŠETIĆ, 2002. Zooplankton akumulacije Ponikve – Fauna Rotatoria. U: Kerovec, M., Meštrov, M., Mrakovčić, M., Tavčar, V., Mišetić, S., Plenković-Moraj, A., Hršak, V., Ternjej, I., Mihaljević, Z., Gottstein Matočec, S., Popijač, A., Žganec, K., Gligora, M. i Bartovsky, V. Biološko-ekološka obilježja akumulacije Ponikve na otoku Krku tijekom 2000/1. godine. Studija, Biološki odjel PMF-a, Zagreb: 26-34.
80. MOSS, B., 1998. Ecology of Fresh Waters: Man and Medium, Past to Future. 3rd ed. Blackwell Science, Oxford, 557 str.
81. MULHOLLAND, P. J., STEINMAN, A. D., PALUMBO, A. V., ELWOOD, J. W. i KIRSCHTEL, D. B., 1991. Role of nutrient cycling and herbivory in regulating periphyton communities in laboratory streams. Ecology 72: 966-982.
82. NILSSON, A., 1996. Aquatic Insects of North Europe, Volume 1. Apollo Books, Stenstrup, 274 str.
83. NILSSON, A., 1997. Aquatic Insects of North Europe, Volume 2. Apollo Books, Stenstrup, 440 str.
84. NUSCH, E. A. i PALME, G., 1975. Biologische Methoden für die Praxis der Gewässer-untersuchung. GWF-Wasser/Abwasser 116: 562-565.
85. PAVLIN, B., 1968. Akumulacija Jezero za vodovod Njivice na otoku Krku. Tehničko idejno rješenje, Knjiga I, Elektroprojekt, Zagreb.
86. PAVLIN, B., STEPINAC, A., PETRIK, M. i KURTAGIĆ, M., 1968. Akumulacija Jezero za vodovod Njivice. Studija, Knjiga I-III, Elektroprojekt, Zagreb.
87. PEET, R. K., 1974. The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics 5: 285-307.
88. PETRIK, M. i MEŠTROV, M., 1968. Akumulacija Jezero za vodovod Njivice na otoku Krku. Izvještaj o opažanjima na Jezeru kod Njivica. Studija, Knjiga II, Elektroprojekt, Zagreb.
89. PETRIK, M., ZEBEC, M. i MEŠTROV, M., 1971. Limnološke karakteristike Jezera na otoku Krku. Krš Jugoslavije 7 (6): 189-206.

90. PEVALEK, I., 1929. Contribution to flora of freshwater algae of the Croatian Island Krk. Acta Botanica Instituti Botanici Universitatis Zagrebiensis 4: 1-16.
91. PIELOU, E. C., 1969. An Introduction to Mathematical Ecology. John Wiley and Sons, New York, 286 str.
92. PIELOU, E. C., 1974. Population Community Ecology: Principles and Methods. Gordon and Breach Science Publisher, New York, 424 str.
93. PILLSBURY, R. W. i KINGSTON, J. C., 1990. The pH-independent effect of aluminum on cultures of phytoplankton from an acidic Wisconsin lake. Hydrobiologia 194: 225-233.
94. PITSCHE, T., 1993. Zur Larvaltaxonomie, Faunistik und Ökologie mitteleuropäischer Fließwasser-Köcherfliegen (Insecta: Trichoptera). Sonderheft S 8, Fachbereich 14 – Landschaftsentwicklung – der Technischen Universität Berlin, Berlin, 316 str.
95. PLENKOVIĆ-MORAJ, A., PRIMC-HABDIJA, B. i HABDIJA, I., 1998. Sastav planktonske zajednice u akumulaciji Ponikve na otoku Krku. U: Arko-Pijevac, M., Kovačić, M. i Crnković, D. (ur.) Prirodoslovna istraživanja Riječkog područja. Prirodoslovna biblioteka 1. Prirodoslovni muzej Rijeka, Rijeka: 545-551.
96. PLENKOVIĆ-MORAJ, A., PRIMC-HABDIJA, B., HABDIJA, I., KEROVEC, M. i BUKVIĆ, I., 1999. Biocenotical structure of benthic communities in the Ponikve accumulation (the island of Krk). Periodicum Biologorum 101 (2): 157-164.
97. Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, 1994. Narodne novine br. 46/94.
98. RABE, F. W. i GIBSON, F., 1984. The effect of macrophyte removal on the distribution of selected invertebrates in a littoral environment. Journal of Freshwater Ecology 2: 359-372.
99. ROSENBERG, D. M. i RESH, H. V., (ur.) 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York, 488 str.
100. SAND-JENSEN, K. i BORUM, J., 1984. Epiphyte shading and its effect on photosynthesis and diel metabolism of *Lobelia dortmanna* L. during the spring bloom in a Danish lake. Aquatic Botany 20: 109-119.
101. SANSONI, G., 1992. Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua Italiani, 2^a edizione. APR&B, Trento, 190 str.
102. SCHEFFER, M., ACHTERBERG, A. A. i BELTMAN, B., 1984. Distribution of macroinvertebrates in a ditch in relation to the vegetation. Freshwater Biology 14: 367-370.

103. SCHEFFER, M., HOSPER, S. H., MEIJER, M.-L. i MOSS, B., 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 275-279.
104. SCHEFFER, M., BAVECO, J. M., DEANGELIS, D. L., LAMMENS, E. H. R. R. i SHUTER, B., 1995. Stunted growth and stepwise die-off in animal cohorts. *American Naturalist* 145: 376-388.
105. SCHEFFER, M., 1998. *Ecology of Shallow Lakes*. Chapman & Hall, London, 357 str.
106. SHANNON, C. i WEAVER, W., 1949. *The Mathematical Theory of Information*. University of Illinois Press, Urbana.
107. SIMPSON, E. H., 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
108. STANLEY, R. A., 1974. Toxicity of heavy metals and salts to Eurasian watermilfoil (*Myriophyllum spicatum* L.). *Archives of Environmental Contamination Toxicology* 2: 331-345.
109. STILINOVIĆ, B. i PLENKOVIĆ-MORAJ, A., 1995. Bacterial and phytoplanktonic research of Ponikve artificial lake on the island of Krk. *Periodicum Biologorum* 97 (4): 351-358.
110. STREET, M., 1977. The food of mallard ducklings in a wet gravel quarry and its relation to duckling survival. *Wildfowl* 28: 113-125.
111. SWAMIKANNU, X. i HOAGLAND, K. D., 1989. Effects of snail grazing on the diversity and structure of a periphyton community in a eutrophic pond. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46: 1698-1704.
112. ŠTEFANEK, Ž., MILINOVIĆ, M., MILER, Č. i FRITZ, F., 1994. Vodoopskrbni sustav Krka – Akumulacija Ponikve – Studija utjecaja brane i zavjese na vodni režim, Elaborat 15/94, Hidroinženjering Zagreb, Zagreb, 56 str.
113. TER BRAAK, C. J. F., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
114. TER BRAAK, C. J. F., 1994. Canonical community ordination. Part I: Basic theory and linear methods. *Ecoscience* 1: 127-140.
115. TERNJEJ, I., 2002. Zooplankton akumulacije Ponikve – Makrozooplankton. U: Kerovec, M., Meštrov, M., Mrakovčić, M., Tavčar, V., Mišetić, S., Plenković-Moraj, A., Hršak, V., Ternjej, I., Mihaljević, Z., Gottstein Matočec, S., Popijač, A., Žganec, K., Gligora, M. i Bartovsky, V. *Biološko-ekološka obilježja akumulacije Ponikve na otoku Krku tijekom 2000/1. godine*. Studija, Biološki odjel PMF-a, Zagreb: 35-42.
116. TERNJEJ, I., KEROVEC, M., MIHALJEVIĆ, Z., PLENKOVIĆ-MORAJ, A. i ŽGANEC, K., 2003. Long term changes in the crustacean plankton of the shallow

- mediterranean lake. U: Padisák, J. (ur.) Abstracts of Shallow Lakes 2002 – International Conference on Limnology of Shallow Lakes, Balatonfüred, Hungary, 25-30 May 2002. Veszprém University Press, Veszprém: 272.
117. THOMAS, J. D., 1987. An evaluation of the interactions between freshwater pulmonate snail hosts of human Schistosomes and macrophytes. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences 315: 75-125.
118. TRINAJSTIĆ, I., 1965. Vegetacija otoka Krka. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
119. TRUSCOTT, R., McCROHAN, C. R., BAILEY, S. E. R. i WHITE, K. N., 1995. Effect of aluminium and lead on activity in the fresh-water pond snail *Lymnaea stagnalis*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 52: 1623-1629.
120. UNDERWOOD, G. J. C., 1991. Growth enhancement of the macrophyte *Ceratophyllum demersum* in the presence of the snail *Planorbis planorbis*: The effect of grazing and chemical conditioning. Freshwater Biology 26: 325-334.
121. Uredba o klasifikaciji voda, 1998. Narodne novine br. 77/98.
122. WADE, K. R., ORMEROD, S. J. i GEE, A. S., 1989. Classification and ordination of macroinvertebrate assemblages to predict stream acidity in upland Wales. Hydrobiologia 171: 59-78.
123. WALLACE, I. D., WALLACE, B. i PHILIPSON, G. N., 1990. A Key to the Case-bearing Caddis Larvae of Britain and Ireland: Scientific Publication No. 51. Freshwater Biological Association, Cumbria, 237 str.
124. WARINGER, J. i GRAF, W., 1997. Atlas der österreichischen Köcherfliegenlarven: unter Einschluss der angrenzenden Gebiete. Facultas Universitätsverlag, Wien, 286 str.
125. WIŚNIEWSKI, R. i PLANTER, M., 1985. Exchange of phosphorus across the sediment-water interface (with special attention to the influence of biotic factors) in several lakes of different trophic status. Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 22: 3345-3349.
126. WOLTER, K. D., 1994. Restoration methods and techniques - Phosphorus precipitation. U: Eiseltová, M. (ur.) Restoration of lake ecosystems - a holistic approach. IWRB Publication 32: 63-68.

8. ŽIVOTOPIS

Rođen sam 28. listopada 1974. godine u Varaždinu, gdje sam završio osnovno i srednjoškolsko obrazovanje.

Studij biologije, inženjerski profil, smjer ekologija, upisao sam 1993. godine na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Diplomirao sam s izvrsnim uspjehom u srpnju 1998. godine. Diplomski rad "Biocenoza livada posidonije u području Nacionalnog parka Mljet" izradio sam u Zoologijskom zavodu PMF-a, pod stručnim vodstvom prof. dr. sc. Antoniete Požar-Domac.

Poslijediplomski studij prirodnih znanosti, iz polja biologije, smjer ekologija, upisao sam u travnju 1999. godine na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Kao student boravio sam na dva stručna usavršavanja u inozemstvu.

Od prosinca 1999. godine radim na Zoologijskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u svojstvu znanstvenog novaka na projektu "Biološko-ekološka obilježja Vranskog jezera na Cresu" (br. 119104) pod vodstvom prof. dr. sc. Milana Meštrova. Sudjelujem u pripremi i izvođenju praktikuma iz kolegija "Ekologija životinja s biocenologijom", "Ekologija životinja i zoogeografija" te "Opća ekologija".

Sudjelovao sam u radu četiri međunarodna i tri domaća znanstvena skupa s međunarodnim sudjelovanjem te u izradi nekoliko znanstvenih studija pri Zoologijskom zavodu PMF-a.