

Stanje treh visokogorskih jezer v TNP v letu 2019

(Dvojno jezero in Jezero na Planini pri jezeru)

Zaključno poročilo



Ljubljana, oktober 2019

Projekt: Stanje treh visokogorskih jezer v TNP v letu 2019 - Dvojno jezero in Jezero
na Planini pri jezeru

Naročnik: Javni zavod Triglavski narodni park, Ljubljanska cesta 27, 4260 Bled

Izvajalec: Nacionalni inštitut za biologijo, Večna pot 111, 1000 Ljubljana

Direktor: dr. Matjaž Kuntner

Vodja projekta: dr. Anton Brancelj

¹ NACIONALNI INŠTITUT ZA BIOLOGIJO
NATIONAL INSTITUTE OF BIOLOGY
Ljubljana, Slovenija

Avtorji poročila (po abecednem vrstnem redu): dr. Anton Brancelj, dr. Tina Eleršek,
dr. Janja France, dr. Mladen Franko, mag. Špela Remec Rekar

Za pomoč na terenu se zahvaljujemo:

- študentom: Behare Rexhepi, Klemen Levičnik, Nika Pišek Szillich
- sodelavcu TNP za logistično podporo: Sašo Hrovat

Povzetek:

Stanje nekaterih visokogorskih jezer v Triglavskem narodnem parku (TNP) se je v zadnjih treh desetletjih močno poslabšala. Glavna vzroka sta množičen turizem in naselitev rib. Planinske koče se nahajajo v neposrednem zaledju štirih jezer: Dupeljsko jezero, Srednje kriško jezero, Dvojno jezero in Jezero na Planini pri jezeru. Ribe so naseljene v Krnskem jezeru, Dupeljskem jezeru, Dvojnem jezeru, Jezeru na Planini pri jezeru ter Črnem jezeru. Najbolj sta izpostavljeni Dvojno jezero in Jezero na Planini pri jezeru, kjer se pojavlja tudi množica nitastih zelenih alg, ki konec poletja kvarijo estetski izgled jezer, ob razpadanju povzročajo smrad in močno vplivajo na jezerski ekosistem.

Konec avgusta 2019 je bila v Dvojnem jezeru (5. in 6. triglavsko jezero) ter Jezeru na Planini pri jezeru opravljena celovita analiza njihovega ekološkega stanja, ki je vključevala fizikalne, kemijske in biološke parametre in sledi navodilom MOP-a za ugotavljanje ekološkega stanja celinskih voda. Podobe analize so bile konec poletja v obdobju 1991 – 2013 opravljene za vsa jezera na območju TNP, zato je bilo možno narediti tudi primerjavo med sedanjim stanjem in tistim v preteklosti in tako oceniti trende sprememb.

Rezultati analiz so pokazali, da se stanje v vseh treh jezerih še naprej slabša, zlasti na račun močno zmanjšane oz. spremenjene biološke komponente (fitoplankton, zooplankton, perifiton in zoobentos), kar posledično vodi tudi v spremembe fizikalnih in kemijskih lastnosti jezerskega ekosistema.

Omilitveni ukrepi, kot so prepoved uporabe mila in/ali krem v jezerih (oz. kopanje), izboljšanje delovanja biološke čistilne naprave ter izlov rib, lahko slabšanje stanja omilijo, ne pa ustavijo ali celo obrnejo. Glavni problem je sedaj masa organskih snovi in hranil, ki so se v zadnjih desetletjih nabrali na dnu vseh treh jezer in ob razgradnji (gnitju) porabljajo kisik. To vodi v kemijske procese, ki (negativno) vplivajo na kakovost vode.

Kazalo:

Poglavja:

1) 1. Uvod	1
2) 2. Metode	3
3) 3. Rezultati	7
4) 4. Primerjava z raziskavami v obdobju 2002 – 2013	25
5) 5. Razprava	29
6) 6. Zaključki	39
7) 7. Literatura	40
8) 8. Priloge	43

Slike:

Slika 1: Položaj Dvojnega jezera in Jezera na Planini pri jezeru	8
Slika 2: Batimetrične karte treh jezer v TNP	9
Slika 3: Princip fosforjeve črpalke	36

Tabele:

Tabela 1: Koordinate odvzemnih mest v jezerih	7
Tabela 2: Vrednosti fizikalnih in kemijskih parametrov – teren	10
Tabela 3: Vrednosti fizikalnih, kemijskih in bioloških parametrov – lab	13
Tabela 4: Seznam planktonskih vrst alg	16
Tabela 5: Seznam zooplanktonskih vrst	17
Tabela 6: Seznam perifitonskih kremenastih alg	19
Tabela 7: Seznam vseh rodov perifitonskih alg (brez kremenastih)	22
Tabela 8: Seznam predstavnikov zoobentosa	23
Tabela 9: Primerjava povprečja fizikalnih in kemijskih parametrov	26
Tabela 10: Mejne vrednosti parametrov po OECD	30

<u>Fotografije: terensko delo, predstavniki rastlin in živali (priloga 8)</u>	<u>43</u>
---	-----------

1. Uvod

Na območju Triglavskega narodnega parka (TNP) se nahaja 14 vodnih teles, ki jih lahko označimo kot jezera. Delijo se v tri skupine: Krnska jezera (Krnsko jezero, Jezero v Lužnici in Dupeljsko jezero), Kriška jezera (Zgornje, Srednje in Spodnje kriško jezero) ter Triglavska jezera (1.-7. triglavsko jezero – Jezero pod Vršacem, Rjavo jezero, Zeleno jezero, Jezero v Ledvicah, Dvojno jezero (Peto in Šesto triglavsko jezero), Črno jezero in Jezero na Planini pri jezeru).

Pred letom 1990 so bile narejene izmere in načrti vseh štirinajstih jezer in nekaj meritev temperature, kisika in pH (Gams 1962). Biologi so opravili raziskave nekaj skupin vodne flore in favne: alge (Lazar 1960), zooplankton (Rejic 1960a, 1960b, 1962), polži (Bole 1962), kačji pastirji (Kiauta 1962).

Intenzivne raziskave visokogorskih jezer so se začele leta 1991, ko je skupna raziskovalcev Nacionalnega inštituta za biologijo (NIB) izvedla prvo sistematično raziskavo fizikalnih in kemijskih lastnosti vode ter analizo fitoplanktona, zooplanktona ter fito- in zoobentosa. Raziskave so nato ponavljali redno vsako leto v obdobju od konca avgusta do sredine/konca septembra do leta 2013.

Stanje nekaterih visokogorskih jezer v Triglavskem narodnem parku (TNP) se je v zadnjih treh desetletjih močno poslabšala. Glavna vzroka sta množičen turizem in naselitev rib. Planinske koče se nahajajo v neposrednem zaledju štirih jezer: Dupeljsko jezero, Srednje kriško jezero, Dvojno jezero in Jezero na Planini pri jezeru.

Visokogorska jezera na območju TNP so bila pred prvo svetovno vojno (t. j. pred letom 1914) brez rib. Ribe so bile kasneje naseljene v šest jezer: v Krnsko jezero

okoli l. 1920 (jezerska zlatovčica – *Salveolinus alpinus* (Linnaeus, 1758) in pisanec – *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758)); v Jezero na Planini pri jezeru okoli leta 1951 (klen – *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758) in koreselj – *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758)); v Dvojno jezero l. 1991 (jezerska zlatovčica leta 1991 in pisanec – po letu 2013); v Črno jezero verjetno l. 1992 (pisanec) in v Dupeljsko jezero prav tako okoli l. 1992 (pisanec).

Vsa jezera, ki so naseljena z ribami, so v poletnem času bogato prerasla z nitastimi zelenimi algami. Masoven pojav nitastih zelenih alg se je v jezerih pojavil kmalu po naselitvi rib. To je zabeleženo v Dvojnem jezeru in Črnem jezeru, ki sta bila pred naselitvijo rib brez alg in s čisto, prozorno vodo. Kakšno je bilo stanje Jezera na Planini pri jezeru in Krnskega jezera pred naselitvijo rib, ni znano.

Prvi poskus izlova rib iz Dvojnega jezera so izvedli sodelavci NIBa v sodelovanju s sodelavci Zavoda za ribištvo jeseni 1999 in spomladi 2000. Skupaj so odstranili iz jezera okoli 450 rib, vendar je v jezeru ostalo veliko. Največja ujeta riba je merila 36 in je imela maso 290 g (Brancelj 2002). Podrobnejša analiza prehrane rib v Dvojnem jezeru je bila narejena v sklopu diplomske naloge leta 2007 (Leskošek in Brancelj 2009).

Projekt »Vrh Julijcev« (TNP, 2019) (<https://www.bohinja.si/projekt-vrh-julijcev/>), ki ga financira Evropska Unija v okviru programa Evropski sklad za regionalni razvoj – Naložba v vašo prihodnost, ima zastavljene štiri cilje, med katerimi je tudi »izboljšanje stanja vrst in habitatnih tipov v Triglavskem narodnem parku«. V podprojektu »Ukrepi za izboljšanje stanja Dvojnega jezera« sta zastavljena dva cilja:

A) izlov rib

B) optimizacija delovanja male komunalne čistilne naprave (MKČN) → omilitev vpliva odpadnih vod iz Koče pri Sedmerih jezerih

Oba cilja sta povezana s ciljem izboljšana sedanjega stanja Dvojnega jezera. Za oceno uspešnosti obeh ukrepov (izlov rib in optimizacija delovanja čistilne naprave) je potrebno ugotoviti stanje jezera pred posegi. V ta namen je Triglavski narodni park po javnem razpisu z Nacionalnim inštitutom za biologijo sklenil pogodbo. Predmet

pogodbe je izvedba strokovne storitve »Raziskave stanja treh visokogorskih jezer v letu 2019: Dvojno jezero (Peto in Šesto triglavsko jezero) in Jezero na Planini pri jezeru« (pogodba št. 430-9/2019-12). V poročilo bo vključena tudi primerjava stanja jezer v preteklosti, zato so bili postopki odvzema vzorcev in njihova analiza v laboratoriju enaki, kot so bili v prejšnjih raziskavah.

2. Metode

Izbor lokacij, terenska merjenja, odvzem vzorcev in opazovanja:

Nad najglobljo točko vsakega jezera (Peto triglavsko jezero (= 5. jezero), Šesto triglavsko jezero (= 6. jezero) in Jezero na Planini pri jezeru = JPJ), ki smo jo že predhodno določili na skici jezera, smo:

- izmerili največjo trenutno globina jezera s pomočjo obteženega merilnega traku (na 0.5 m natančno),
- izmerili prosojnost vodnega stolpca (bela ploščica, premera 20 cm; na 0,1 m natančno),
- izmerili temperaturo vode (T , °C), električno prevodnost (prevod.; $\mu\text{S}/\text{cm}$), nasičenost s kisikom (konc. O_2 : mg/L in %) in zakisanost = pH (brez enote) v eno-metrskih intervalih od površine do dna (multi sonde WTW Multiline P4 in Multi 350i) (meritve na 0,1 enote natančno),
- odvzeli vzorce za kvalitativne in kvantitativne analize fitoplanktona in zooplanktona (planktonske mreže tipa Eppstein z velikostjo okenc 20 μm (fitoplankton) in 60 μm (zooplankton)). Za vsako kategorijo (fitoplankton oz. zooplankton) smo opravili tri potege od dna do površine in vse potege združili v enoten vzorec v 250 ml plastenki.
- odvzeli vzorce za določitev koncentracije klorofila *a* na treh globinah sredi jezera (površina, srednja globina in dno; v 6. jezeru zaradi majhne globine jezera le na površini in tik nad dnom). Na vsaki globini smo odvzeli 1,5 litra vode.
- odvzeli vzorce za kemijske analize vode na treh globinah sredi jezera (površina, srednja globina in dno; v 6. jezeru zaradi majhne globine jezera le na površini in tik nad dnom) s pomočjo vzorčevalnika (model

van Dorn, volumen 5 l). Z vsake globine smo za potrebe analiz odvzeli 1,5 l vode.

- v obrežnem pasu smo na globini 0,5 m na več mestih jezerske obale pobrali vzorce za analizo perifitona/fitobentosa in zoobentosa. Za vzorce perifitona smo izbrali pet kamnov v velikost pesti in z njih s ščetko odstranili alge, ki smo jih shranili v plastično posodo. Za vzorce zoobentosa so uporabili ročno mrežo z velikostjo okenc 0,5 mm. Z brcanjem (metoda kick sampling) smo dvignili s podlage sediment in tam živeče živali. Vzorčili smo po tri minute in nato vsebino mreže shranili v plastični posodi.
- razporeditev in vrstno sestavo makrofitov smo beležili po celem obodu jezera, poselitev posameznih vrst v globino pa smo ugotavljali vizualno s čolna ter s pomočjo kavlja, pritrjenega na vrv.
- prisotnost dvoživk smo ugotavljali vizualno.

Vzorce vode za določitev celokupnega ogljika (TOC), fosforja (P_{tot}) in dušika (N_{tot}) smo nefiltrirane shranili v 0,5 l PVC plastenke. Vzorce za določitev količine fosfata (PO_4^{2-}), nitrata (NO_3^-), nitrita (NO_2^-) in amonija (NH_4^+) smo prefiltrirali skozi membranski filter (velikost por 0,45 μm) in shranili v 50 ml PVC plastenki. Vse vzorce za kemijske analize vode smo do prenosa v laboratorij shranili na hladnem in v temnem prostoru.

Na jezerski obali smo vzorce fitoplanktona, zooplanktona, perifitona in zoobentosa takoj shranili v 4% raztopini formalina in ustrezno označili z lokacijo in datumom odvzema.

Vzorce za določitev količine klorofila smo na obali prefiltrirali preko celuloznega filtra, zabeležili količino prefiltrirane vode in vzorce shranili v plastično epruveto, ter jo shranili na temnem in hladnem prostoru do prenosa v laboratorij.

Potek terenskega dela in stanje jezer oz. obale smo zabeležili s fotoaparatom.

Kemijske in biološke analize v laboratoriju:

Vzorci vode so bili do analiz shranjeni v hladilniku, v temi in pri temperaturi 4 °C.

Celokupni organski ogljik (TOC) in celokupni organski dušik (N_{tot}) smo določili z zakisanjem vzorca (2M HCl) in prepihanjem s čistim kisikom. 500 ml vzorca smo takoj zatem injicirali v analizator (multi N/C, Analytic Jena). Organski ogljik se je pri 850 °C pretvoril v CO_2 , dušik pa v NO_2 , katerih količino smo nato odčitali na inštrumentu. Vrednosti so izražene kot mg C/L oz. mg N/L.

Celokupni fosfor (P_{tot}) smo določili kot pretvorbo polifosfatov in organskih fosfatov po zakisanju v ortofosfatne ione, ki so v prisotnosti amonijevega molibdata reagirali v fosfor-molibdenovo kislino. Koncentracijo smo določili z redukcijo molibdenovega modrega barvila, ki smo jo merili pri valovni dolžini 880 nm (APHA, 1998).

Količino kationov in anionov (NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}) smo merili na tekočinskem ionskem kromatografu Shimadzu LC-10Ai. Vrednosti za nitrat so izražene kot mg NO_3^- -N/L, za amonij kot mg NH_4^+ -N/L in za ortofosfat kot mg PO_4^{3-} -P/L). Za preračun količine elementarnega dušika v nitratu smo uporabili faktor 4,43, za amonijak 1,23 in za fosfor v ortofosfatu faktor 5,27.

Za primerjavo rezultatov s prejšnjimi vzorčenji (obdobje 1993-2013) smo določili tudi alkaliteto in kemijsko porabo kisika (KPK). Alkaliteto smo določali s pomočjo Gran titracije z uporabo 0,01639N žveplove kisline do nevtralnega pH. Določanje KPK je potekalo s pomočjo oksidacije anorganskih in organskih spojin na srebrni elektrodi po dodajanju srebrovega sulfata in zakisanem kalijevem dikromatu pri 148 °C. Absorbanco smo merili pri 355 nm (EN ISO 15705:2002).

Filtri z algami za določanje klorofila *a* so bili do analize shranjeni v zmrzovalniku. Sledila je ekstrakcija v 90 % acetonu. Analiza je bila opravljena na fluorimetru Trilogy TurnerDesigns opremljenim s fluorescenčnim optičnim modulom za meritve koncentracij klorofila *a* z zakisanjem (ekscitacija ≤ 500 nm, emisija ≥ 665 nm). Inštrument pokaže izmerjene vrednosti klorofila *a* in njegovega razgradnega produkta feofitina (μg) na enoto volumna jezerske vode (1L).

Analize fitoplanktona so bile opravljene kvalitativno. Večina vrst je bila določena do vrste, le nitaste zelene alge so bile določene do rodu. Uporabljeni so bili enaki določevalni ključi kot za monitoring površinskih vod RS.

Analize perifitona so bile pri skupini kremenastih alg narejene do vrste in tudi ocenjena njihova pogostost na tristopenjski lestvici: zelo pogosta vrsta (> 50/500 prešteti lupinici), prisotna vrsta (6-50/500 prešteti lupinici), redka vrsta (0,1-5/500 prešteti lupinici). Uporabljeni so bili enaki določevalni ključi kot za monitoring površinskih vod RS. Druge skupine alg so bile določene kvalitativno in le do rodu.

Analize zooplanktona so bile narejene do vrste in je bila ocenjena njihova relativna pogostost. Analize so vključevale skupine: kotačniki (Rotatoria), vodne bolhe (Cladocera) in ceponožce (Copepoda).

Analize zoobentosa so vključevale vse organizme, večje od 0,5 mm. Do vrste so bile določeni polži in školjke (Mollusca), pijavke (Hirudinea), raki dvoklopniki (Ostracoda), vodne bolhe (Cladocera), ceponožci (Copepoda) in kačji pastirji (Odonata). Ostale skupine živali so bile določene do višjih taksonomskih nivojev bodisi zaradi pomanjkanja ustreznih ključev (maloščetinci – Oligochaeta) ali pa so bile v začetnih razvojnih stadijih, kjer natančnejša določitev ni možna (ličinke trzač - Chironomidae).

Pri poimenovanju rastlin in živali je uporabljen izraz »vrsta« v primeru, ko je rastlina/žival nedvoumno določena do najnižje taksonomske enote, t.j. do vrste. Izraz »takson« se uporablja v primeru, ko je rastlina/žival zaradi pomanjkanja specialistov uvrščena v višjo taksonomsko enoto (npr. rod ali družino). V nekaterih primerih lahko »takson« enačimo z vrsto, najpogosteje pa je to izraz za več podobnih vrst, ki pa niso natančneje določene.

Primerjava rezultatov iz l. 2019 s predhodnimi raziskavami

Za ugotavljanje sprememb stanja med različnimi obdobji v preiskovanih treh jezerih smo za izbrane fizikalne, kemijske in biološke parametre upoštevali podatke, zbrane v obdobju 2002–2013. Takrat bili uporabljeni enaki/podobni inštrumenti in analitske

metode, kot so bile uporabljene ob raziskavah v l. 2019. V primerjalni analizi smo upoštevali podatke za: prevodnost, zakisanost/pH, alkaliteto, celokupni dušik (N_{tot}), nitrat (NO_3^-), amonij (NH_4^+), celokupni fosfor (P_{tot}), ortofosfat ($PO_4^{3+}-P$), relativno nasičenost s kisikom ($O_2\%$), kemijsko porabo kisika (KPK/COD; kot približek za celokupni organski ogljik – TOC), prosojnost in količino klorofila *a*.

Za vsak parameter smo izračunali povprečno vrednost v obdobju med 2002 in 2013 ter določili najnižje (min.) in najvišje (max.) vrednosti teh parametrov na površini, v sredini vodnega stolpca in na dnu jezera. Povprečne vrednosti imajo omejeno informativno vrednost, saj so bile meritve v tem obdobju opravljene v različnih vremenskih razmerah in v obdobju enega meseca in pol (med koncem avgusta in začetkom oktobra).

3. Rezultati

Fizikalne in kemijske značilnosti vodnega stolpca izmerjene na terenu

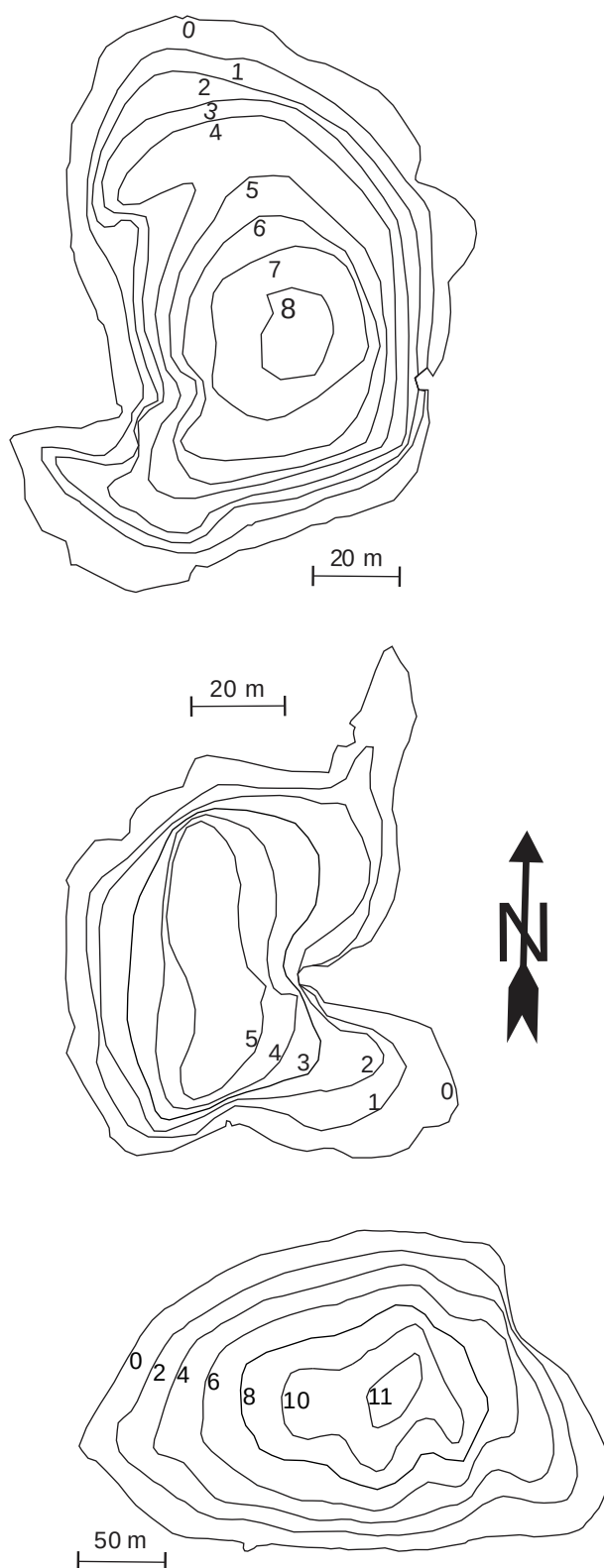
Koordinate najglobljih točk v 5. jezeru, 6. jezeru in v Jezeru na Planini pri jezeru, na katerih smo izvajali terenske meritve in odvezemali vzorce vode in organizmov, so navedene v Tabeli 1. Položaj jezer na topografski karti 1:25 000 je prikazan na Sliki 1, batimetrični podatki za jezera pa na Sliki 2.

Tabela 1: Koordinate odvzemnih mest za fizikalne, kemijske in biološke vzorce treh jezer v TNP. * – globina nekaterih jezer lahko zaradi vremenskih razmer zaniha tudi za več metrov.

	Google Maps	Gauss-Krueger	Globina - avg. 2019*
Peto triglavsko jezero	46° 19' 01.54" S 13° 46' 45.91" V 1688 m	5131.038 S 5406.375 V 1680 m	8,0 m
Šesto triglavsko jezero	46° 18' 56.42" S 13° 46' 45.97" V 1690 m	5130.875 S 5406.375 V 1680 m	4,5 m
Jezero na Planini pri jezeru	46° 18' 39.90" S 13° 49' 37.96" V 1433 m	5130.325 S 5410.050 V 1433 m	10,0 m



Slika 1: Položaj Dvojnega jezera in Jezera na Planini pri jezeru na karti 1: 25000.
Koordinate so po Gauss-Krügerju (Slap Savica; VGI, 1987).



Slika 2: Batimetrične karte treh jezer v TNP; od zgoraj navzdol: Dvojno (5.) jezero; Dvojno (6.) jezero in Jezero na Planini pri jezeru. Številke ob krivulji označujejo globino (m), puščica pa orientacijo jezer glede na sever.

Neposredno na vsakem jezeru smo izmerili parametre, navedene v Tabeli 2.

Tabela 2: Vrednosti fizikalnih in kemijskih parametrov, izmerjenih v treh jezerih v Triglavskem narodnem parku. Temp. – temperatura vode; Prevod. – električna prevodnost vode.

Peto (Dvojno) triglavsko jezero; 26.8.2019 ob 12.30; rahlo oblačno; vetrovno. Globina jezera: 8 m. Prosojnost: 4,5 m.

Glob. (m)	Temp. (°C)	Prevod. (μS/cm)	Kisik (mg/L)	Kisik (%)	pH
0	10,9	165	9,8	108	7,47
1	7,2	169	10,8	106	7,40
2	6,3	171	10,8	106	7,38
3	6,0	173	10,7	104	7,36
4	5,8	176	10,2	97,8	7,34
5	5,7	178	9,7	93,5	7,33
6	5,7	182	9,9	94,4	7,33
7	5,7	192	8,2	78,4	7,31
8	5,7	216	6,4	58,0	7,30

Šesto (Dvojno) triglavsko jezero; 27.8.2019 ob 9.00; sončno; rahel veter. Globina jezera: 4,5 m. Prosojnost: 4,5 m (do dna).

Glob. (m)	Temp. (°C)	Prevod. (μS/cm)	Kisik (mg/L)	Kisik (%)	pH
0	11,4	148	9,2	102	7,54
1	9,3	157	10,4	110	7,57
2	8,4	160	10,3	105	7,59
3	7,9	162	10,3	105	7,62
4	7,6	162	10,1	103	7,64
5	7,3	164	9,8	98,6	7,66

Jezero na Planini pri jezeru; 28.8.2019 ob 12.30; sončno; rahel veter. Globina jezera: 10 m. Prosojnost: 3,9 m.

Glob. (m)	Temp. (°C)	Prevod. (μS/cm)	Kisik (mg/L)	Kisik (%)	pH
0	18,6	179	9,2	115	7,74
1	18,1	178	9,7	121	7,71
2	18,0	179	9,9	122	7,65
3	17,9	179	9,6	119	7,61
4	17,8	178	9,6	119	7,45
5	17,0	205	7,8	95,2	7,37
6	14,0	253	3,1	35,0	7,33
7	11,1	259	0,2	1,9	7,29
8	8,6	262	0,3	3,4	7,25
9	6,8	275	0,2	1,7	7,20
10	5,9	281	0,2	1,5	7,19

Prosojnost (Tabela 2)

V 5. jezeru je bila prosojnost 4,5 m, kar predstavlja nekaj več polovico globine jezera. V 6. jezeru je bila prosojnost 4,5 m, kar je enako globini jezera. V Jezeru na Planini pri jezeru je bila prosojnost 3,9 m, kar je manj kot polovica globine jezera (= 10 m).

Temperatura (Tabela 2)

V Dvojnem jezeru (5. in 6. jezero) je bila nekoliko bolj ogreta le površinska plast, 10,9 °C in 11,4 °C. V globini 1 m je bila temperatura za 2-3 °C nižja in se je nato dokaj enakomerno nižala do dna, kjer so bile temperature 5,7 °C v globini 8 m (5. jezero) in 7,3 °C v globini 5 m (6. jezero). V 5. in 6. jezeru ni bila oblikovana poletna temperaturna plastovitost, ampak je temperatura enakomerna upadala od površine proti dnu.

V Jezeru na Planini pri jezeru se je temperatura z 18,6 °C na površini enakomerno znižala do 17,0 °C v globini 5 m. Metalimnijska plast se je nahajala na globini med 5. in 8. metrom, kjer je temperatura upadla s 17 °C na 11,1 °C na razdalji treh metrov. Sledil je dokaj enakomeren padec na 5,9 °C na dnu jezera (= 10 m globine).

Prevodnost (Tabela 2)

V vseh jezerih je prevodnost vode naraščala od površine proti dnu. V 5. jezeru je razmeroma enakomerno naraščala z vrednosti 165 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na površini na 182 $\mu\text{S}/\text{cm}$ v globini 6 m. V najglobljem delu jezera (8 m) pa je narasla na vrednost 216 $\mu\text{S}/\text{cm}$. V 6. jezeru je enakomerno naraščala z vrednosti 148 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na površini na 164 $\mu\text{S}/\text{cm}$ v globini 5 m. Nizke površinske vrednosti so bile tudi posledica nekoliko intenzivnejšega dežja v dneh pred vzorčenjem.

V Jezeru na Planini pri jezeru je bila prevodnost v zgornjih 4 m globine enaka (med 178 in 179 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sledil je nagel preskok na 205 $\mu\text{S}/\text{cm}$ v globini 5 m in na vrednost 253 $\mu\text{S}/\text{cm}$ v globini 6 m, kar približno ustreza tudi metalimnijski plasti, nato je sledilo enakomerno naraščanje do vrednosti 281 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na dnu (= 10 m globine).

Kisik (Tabela 2)

V 5. jezeru je absolutna količina kisika (mg/L) v zgornjih 6 m vodnega stolpca nihala med 9,8 in 10,7 mg/L, kar je enako relativni nasičenosti med 108 (na površini) in 94,4 % v globini 6 m. Sledil je padec vrednosti tako v absolutni količini (8,23 mg/L v globini 7 m in 6,40 mg/L na dnu = 8 m), kar je bilo v relativni nasičenosti enako 78,4 in 58,0%.

V 6. jezeru ni bilo bistvenih razlik v absolutni koncentraciji kisika v vodnem stolpcu – med 9,2 in 10,3 mg/L oz. med 110 in 98,6% relativne nasičenosti.

V Jezeru na Planini pri jezeru se absolutna količina kisika do globine 4 m ni veliko spreminjala (med 9,7 in 9,2 mg/L oz. 122 in 115% relativne nasičenosti). V globini 5 m je količina kisika padla na 7,8 mg/L oz. 95,2 %. Temu je sledil nagel padec koncentracije kisika in sicer s 3,1 g/L (= 35,0%) v globini 6 m (metalimnijska plast) na 0,16 mg/L (=1,5%) na dnu (= 10 m globine), kar označuje odsotnost kisika (anoksija).

Zakisanost / pH (Tabela 2)

Vrednosti pH se v vodnem stolpcu 5. jezera ni bistveno razlikovala med površino in dnom (7,47 na površini in 7,30 na dnu = 8 m). Vrednosti v 6. jezeru so bile nekoliko višje in so naraščale od površine proti dnu (7,54 na površini in 7,66 na dnu = 5 m).

V Jezeru na Planini pri jezeru so vrednosti pH enakomerno upadale od površine proti dnu (7,74 na površini in 7,19 na dnu).

Fizikalne, kemijske in biološke značilnosti vodnega stolpca, izmerjene v laboratoriju

Alkaliteta (Tabela 3)

Alkaliteta kot pokazatelj količine raztopljenega apnenca v vodi (mg CaCO₃/L vode), predstavlja faktor kapacitete, ki meri sposobnost vode, da nevtralizira reakcijo s kislino ali bazo. Vrednost je v vseh treh jezerih naraščala od površine proti dnu. V 5. in 6. jezeru je bila nekoliko nižja v primerjavi z Jezerom na Planini pri jezeru. V 5. in

6. jezeru so bile vrednosti na površini 1770 meq/L in 1730 meq/L (tudi kot posledica dežja) ter 1840 meq/L in 2390 meq/L na dnu, medtem ko sta bili vrednosti v Jezeru na Planini pri jezeru 1980 meq/L na površini in 2590 meq/L na dnu.

Tabela 3: Vrednosti fizikalnih, kemijskih in bioloških parametrov, izmerjenih v treh jezerih v Triglavskem narodnem parku. Alk. – alkaliteta; KPK – kemijska poraba kisika; TOC – celokupni organski ogljik; N_{tot} – celokupni dušik; NO_3^- – nitrat; NH_4^+ – amonij; P_{tot} – celokupni fosfor; PO_4^{3-} – ortofosfat; Chl a – klorofil a; P – površina; S – sredina vodnega stolpca; D – dno jezera.

Peto (Dvojno) triglavsko jezero; 26.8.2019 ob 12.30; oblačno; vetrovno. Globina jezera: 8 m. Prosojnost: 4,5 m.

Glob. (m)	Alk. (meq/L)	KPK (mg/L)	TOC (mg/L)	N_{tot} (mg/L)	NO_3^- -N (mg/L)	NH_4^+ -N (mg/L)	P_{tot} (mg/L)	PO_4^{3-} -P (mg/L)	Chl a (μ g/L)
P = 0	1770	16	5,51	0,75	0,25	<0,10	0,012	0,008	0,21
S = 4	1880	8	5,49	0,85	0,38	<0,10	0,011	0,006	9,50
D = 8	1840	14	5,05	0,82	0,38	<0,10	0,120	0,050	10,21

Šesto (Dvojno) triglavsko jezero; 27.8.2019 ob 9.00; sončno; rahel veter. Globina jezera: 4,5 m. Prosojnost: 4,5 m (do dna).

Glob. (m)	Alk. (meq/L)	KPK (mg/L)	TOC (mg/L)	N_{tot} (mg/L)	NO_3^- -N (mg/L)	NH_4^+ -N (mg/L)	P_{tot} (mg/L)	PO_4^{3-} -P (mg/L)	Chl a (μ g/L)
P = 0	1730	10	4,01	0,41	0,16	<0,10	0,012	0,008	0,34
D = 5	2390	12	4,20	0,40	0,25	<0,10	0,010	0,006	1,05

Jezero na Planini pri jezeru; 28.8.2019 ob 12.30; sončno; rahel veter. Globina jezera: 10 m. Prosojnost: 3,9 m.

Glob. (m)	Alk. (meq/L)	KPK (mg/L)	TOC (mg/L)	N_{tot} (mg/L)	NO_3^- -N (mg/L)	NH_4^+ -N (mg/L)	P_{tot} (mg/L)	PO_4^{3-} -P (mg/L)	Chl a (μ g/L)
P = 0	1980	17	6,65	0,19	<0,10	<0,10	0,018	0,010	1,30
S = 5	2400	21	7,16	0,20	<0,10	<0,10	0,034	0,020	10,40
D = 10	2590	29	9,09	0,58	0,22	0,202	0,180	0,111	36,58

Kemijska poraba kisika (Tabela 3)

Kemijska poraba kisika (tudi kemijska potreba po kisiku = KPK) je merilo za vsebnost organskih snovi, ki se oksidirajo s kisikom. V jezerih je tako tudi pokazatelj razporeditve fitoplanktona in zooplanktona. Vrednosti KPK so bile enake ali višje kot je bila trenutna koncentracija kisika na določeni globini. V 5. jezeru so bile vrednosti 16 mg O_2 /L na površini, 8 mg O_2 /L v sredini in 14 mg O_2 /L na dnu vodnega stolpca. To je bilo malo več kot v 6. jezeru, kjer je bila vrednost 10 mg O_2 /L na površini ter 12 mg O_2 /L na dnu vodnega stolpca. Najvišje vrednosti so bile v Jezeru na Planini pri jezeru, kjer je bila vrednost na površini 17 mg O_2 /L, v sredini 21 mg O_2 /L, na dnu pa 29 mg O_2 /L.

Celokupni organski ogljik (Tabela 3)

Predstavlja količino žive in nežive organske snovi. V 5. jezeru je količina upadala proti dnu in sicer z 5,51 mg/L na površini, na 5,49 mg/L v sredini in na 5,05 mg/L na dnu jezera. V 6. jezeru so bile vrednosti nekoliko nižje in so naraščale proti dnu in sicer z 4,01 mg/L na površini na 4,20 mg/L na dnu. Znatno višje so bile vrednosti v Jezeru na Planini pri jezeru, kjer so vrednosti narasle z 6,65 mg/L na površini, na 7,16 mg/L na sredini in na 9,09 mg/L na dnu.

Celokupni dušik (Tabela 3)

Predstavlja vse oblike dušikovih spojin v vodnem stolpcu. V 5. in 6. jezeru so bile vrednosti precej podobne po vodnem stolpcu. Pri tem so bile vrednosti najvišje v 5. jezeru (0,75 mg/L na površini; 0,85 mg/L na sredini in 0,82 mg/L na dnu). V 6. jezeru so bile za polovico manjše (0,41 mg/L na površini in 0,40 mg/L na dnu). V Jezeru na Planini pri jezeru so bile vrednosti v zgornjem delu vodnega stolpca najnižje (0,19 mg/L na površini in 0,20 mg/L na sredini), medtem ko je bila na dnu vrednost precej višja (0,58 mg/L).

Nitrat (Tabela 3)

Vrednosti nitrata so v vseh jezerih sledile vzorcu razporeda celokupnega dušika. Najvišje so bile v 5. jezeru (0,25 mg NO₃-N/L (= 1,10 mg NO₃/L) na površini in 0,38 mg NO₃-N/L (=1,7 mg NO₃/L) v sredini in prav tako 0,38 mg NO₃-N/L (=1,70 mg NO₃/L na dnu vodnega stolpca). V 6. jezeru so bile vrednosti nekoliko nižje (0,16 NO₃-N oz. 0,70 mgNO₃/L na površini in 0,25 NO₃-N oz. 1,10 mg/L na dnu). V Jezeru na Planini pri jezeru je bilo v zgornjih plasteh jezera nitrata manj kot 0,1 mg/L (meja občutljivosti inštrumenta), medtem ko je bila na dnu vrednost 0,22 mgNO₃-N/L (= 0,50 mg NO₃/L), kar je manj kot v preostalih dveh jezerih.

Amonij (Tabela 3)

Zaradi visokih koncentracij kisika smo amonij ugotovili le na dnu Jezera na Planini pri jezeru (0,202 mg NH₄⁺-N/L = 0,245 mg NH₄/L), kjer so vladale anoksične razmere. V preostalih delih jezer se je anonijak oksidiral v nitrat.

Celokupni fosfor (Tabela 3)

Celokupnega fosforja je bilo v vodnem stolpcu med 0,010 in 0,012 mg/L v 5 in 6. jezeru. Na dnu 5. jezera je bilo fosforja več in sicer 0,120 mg/L. V Jezeru na Planini jezero je količina fosforja naraščala od površine (0,018 mg/L), proti sredini stolpca (0,034 mg/L) in dosegla najvišjo vrednost na dnu (0,180 mg/L).

Ortofosfat (Tabela 3)

Ortofosfata ($\text{PO}_4\text{-P}$) je bilo v vodnem stolpcu prav tako malo (med 0,006 in 0,020 mg $\text{PO}_4\text{-P/L}$ oz. 0,031 in 0,011 mg $\text{PO}_4\text{/L}$). Večje vrednosti so bile le na dnu 5. jezera (0,50 mg $\text{PO}_4\text{-P/L}$ = 0,260 mg $\text{PO}_4\text{/L}$) in na dnu Jezera na Planini pri jezeru (0,111 mg $\text{PO}_4\text{-P/L}$ = 0,580 mg $\text{PO}_4\text{/L}$).

Klorofil a (Tabela 3)

Količina klorofila je zelo hitro naraščala v 5. jezeru: z 0,21 $\mu\text{g/L}$ na površini, na 9,5 $\mu\text{g/L}$ na sredini stolpca in na 10,21 $\mu\text{g/L}$ na dnu jezera. V 6. jezeru je bilo na površini 0,34 mg Chl/L , na dnu pa 1,05 mg/L. V Jezeru na Planini pri jezeru je bilo naraščanje vrednosti klorofila največje. Na površini je bila vrednost 1,30 mg/L, na sredini vodnega stolpca 10,40 mg/L, medtem ko je bilo na dnu klorofila največ in sicer 36,58 mg/L.

Fitoplankton in zooplankton

Fitoplankton (slike nekaterih predstavnikov so v Prilogi 8)

V 5. in 6. jezeru so bile posamično prisotne celice 11 pravih planktonskih vrst alg (Tabela 4), ki pa niso oblikovale večjih planktonskih populacij. Najpogostejša med njimi je bila vrsta *Coelastrum microporum* (Sphaeropleales).

Po biomasi so v 5. in 6. jezeru prevladovale, sicer bentoške, nitaste zelene alge (Conjugatophyceae -Zygnematophyceae), ki so bile zastopane z več vrstami iz rodov *Spirogyra*, *Zygnema* in *Meguetia*. Med prepleti zelenih nitastih alg so bile tudi nitaste kolonije vrste *Microspora quadrata* (Ulotricales) in kolonije cianobakterij vrst *Pseudanabaena cf. dictyohalla*, *Symplastrum periciliatum* in posamezne nitaste

kolonije vrst *Tychonema bornetii*, *Phormidium amoenum*, *Phormidium lucidum* (Cyanophyta), ki so značilni za prerast (perifiton) v obrežnem pasu jezera.

Vzorec iz Jezera na Planini pri jezeru je vseboval le monokulturo vrste *Ceratium hirundinella* (Dynophyta). To kaže na izredno uspešnost vrste v času vzorčenja oz. da je bilo v vodi kljub veliki prisotnosti zelenih nitastih alg v obrežnem pasu še dovolj hranil za množični razvoj te tipične poletne fitoplanktonske vrste.

Tabela 4: Seznam planktonskih vrst alg v treh jezerih v Triglavskem narodnem parku v letu 2019: Peto triglavsko jezero – 5. TJ, Šesto triglavsko jezero – 6. TJ in Jezero na Planini pri jezeru – JPJ; xxx – masovno / monokultura; x – nekaj celic; * – nitaste zelene alge (bentos); # - perifiton na nitastih algah.

VIŠJA SKUPINA	Vrsta	5. TJ 26.08.	6. TJ 27.8.	JPJ 28.8.
Bacillariophyceae	<i>Fragilaria crotonensis</i>	x	x	
Chlamydomonadales	<i>Paulschulzia tenera</i>	x	x	
Cyanophyceae - Synechococcales	<i>Woronichinia naegeliana</i>	x	x	
	<i>Woronichinia fusca</i>	x	x	
Cyanophyta	<i>Pseudanabaena cf. dictyohalla</i> [#]	x	x	
	<i>Phormidium amoenum</i> [#]	x	x	
	<i>Phormidium lucidum</i> [#]	x	x	
	<i>Symplocastrum periciliatum</i> [#]	x	x	
	<i>Tychonema bornetii</i> [#]	x	x	
Conjugatophyceae - Zygnematophyceae	<i>Meguetia sp.*</i>	x	x	
	<i>Spirogyra spp.*</i>	x	x	
	<i>Zygnema spp.*</i>	x	x	
Dynophyta	<i>Ceratium hirundinella</i>			xxx
Sphaeropleales	<i>Coelastrum microporum</i>	x	x	
	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	x	x	
	<i>Pediastrum boryanum</i>	x	x	
	<i>Scenedesmus ecornis</i>	x	x	
Trebouxiophyceae	<i>Oocystis lacustris</i>	x	x	
Ulotricales	<i>Microspora quadrata</i>	x	x	
Skupaj taksonov / vrst		11+3*+ 5[#]	11+3* +5[#]	1

Zooplankton (slike nekaterih predstavnikov so v Prilogi 8)

V 5. in 6. jezeru ja bilo 5 vrst predstavnikov zooplanktona, ki pa so bili zelo redki in so bili zastopani le z majhnimi osebki (velikosti do 0,1 – 0,3 mm) (Tabela 5). Po številu osebkov je nekoliko izstopala le majhna vrsta kotačnika *Polyarthra dolichoptera*. Je predstavnik vrst, ki jih v preteklosti ni bilo v jezeru. Vodna bolha vrste *Chydorus sphaericus* sicer ni značilen predstavnik zooplanktona, je pa pogost v vodah, kjer se

nahajajo lebdeče nitaste zelene alge, na katere se občasno pritrja in tako pride v vodni stolpec. Običajno živi na dnu jezer ali počasi tekočih rek.

Zooplankton v Jezeru na Planini pri jezeru je bil zastopan s sedmini vrstami, od katerih je številčno prevladovala vodna bolha vrste *Daphnia longispina* (Tabela 5). Odrasli osebki so lahko veliki do 1,5 mm in predstavljajo pomembno hrano za ribe. Čez dan se zadržujejo v globljih plasteh jezera, da se izognejo plenjenju s strani rib. Drugi dve vrsti vodnih bolh, *Diaphana brachyurum* in *Eubosmina longispina*, sta telesno manjši in prisotni le v toplejšem obdobju leta.

Tabela 5: Seznam zooplanktonskih vrst v treh jezerih Triglavskega narodnega parka v jeseni leta 2019: Peto triglavsko jezero – 5. TJ, Šesto triglavsko jezero – 6. TJ in Jezero na Planini pri jezeru – JPJ; xx – pogosta vrsta; x – nekaj osebkov.

VIŠJA SKUPINA	Vrsta	5. TJ 26.08.	6. TJ 27.8.	JPJ 28.8.
Rotifera - kotačniki	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)			X
	<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson, 1925)	XX	XX	X
	<i>Trichocerca cf. longiseta</i> (Schränk, 1802)	X	X	
Cladocera- vodne bolhe	<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1776)	X	X	
	<i>Daphnia longispina</i> (O.F. Müller, 1785)			XX
	<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Liévin, 1848)			X
	<i>Eubosmina longispina</i> Leydig, 1860			X
Copepoda – ceponožci	<i>Acanthodiaptomus denticornis</i> (Wierzejski, 1887)			X
	<i>Cyclops strenuus</i> Fischer, 1851			X
	<i>Cyclopoida</i> – naupliji (verjetno rod <i>Eucyclops</i>)	X	X	
Skupaj taksonov / vrst		5	5	7

Ceponožci so bili zastopani z dvema vrstama, *Acanthodiaptomus denticornis* in *Cyclops strenuus*, katerih osebki prav tako lahko zrastejo do dolžine 1,5 mm in so bolj pogosti v zgodnjem poletju. Obe vrsti sta prav tako pomemben vir hrane za ribe. Samice vodnih bolh in ceponožcev so imele le malo jajc, kot posledica slabših prehranjevalnih razmer, saj je v vodnem stolpcu prevladovala le ena vrsta alg, *Ceratium hirudinella*, ki pa je bila prevelika in pretrda za njihovo prehrano. Vse vodne bolhe in ceponožec *A. denticornis* so filtratorji in se prehranjujejo predvsem z algami, le *C. strenuus* je plenilec, ki se hrani z majhnimi vodnimi bolhami in tudi drugimi ceponožci.

Kotačniki so bili v vodnem stolpcu Jezera na Planini pri jezeru redki in zastopani z dvema vrstama – *Keratella cochlearis* in *Polyarthra dolichopetera*. Osebki obeh vrst

so veliki okoli 0,1 mm. Prehranjujejo se z bakterijami, praživalmi in drobnim organskim materialom.

Sestava zooplanktona se je med jezeri precej razlikovala (Tabela 5). V 5. in 6. jezeru, kjer občasno prihaja do zlitja obeh jezer, je bila sicer identična, a zelo drugačna od zooplanktona v Jezeru na Planini pri jezeru. Od desetih taksonov sta bili v vseh treh jezerih prisotni le vrsta *Polyarthra dolychoptera* in naupliji (ličinke) ceponožcev .

Perifiton in zoobentos

Perifiton (slike nekaterih predstavnikov so v Prilogi 8)

Fitobentoške združbe treh jezer so bile relativno bogate (Tabeli 6 in 7). V 5. jezeru je bilo 82 taksonov oz. vrst, med katerimi je 66 vrst pripadalo skupini kremenastih alg (diatomeje = Bacillariophyta). Ostale skupine v tem jezeru so bile modrozeleni cepljivke (Cyanophyta), zastopane z 10 taksoni, zelene alge (Chlorophyta) s 3 taksoni in jarmovke (Conjugatae) s 3 taksoni.

V 6. jezeru je bilo 81 taksonov oz. vrst, od katerih je 54 vrst pripadalo skupini kremenastih alg (Bacillariophyta). Ostale alge so pripadale skupinam modrozelenih cepljivk (Cyanophyta) in sicer 13 taksonov, zelenim algam (Chlorophyta), zastopane s 5 taksoni in jarmovkam (Conjugatae) s 5 taksoni. Poleg teh so se v manjšem številu celic pojavile še zlatorjave alge (Chrysophyta) z eno vrsto, rdeče alge (Pyrophyta) z dvema vrstama in euglene (Euglenophyta) z eno vrsto.

Največ vrst je bilo v vzorcu iz Jezera na Planini pri jezeru in sicer 102 vrsti, od tega 67 vrst iz skupine kremenastih alg (Bacillariophyta). Ostale skupine so bile modrozeleni cepljivke (Cyanophyta) s 16 taksoni, zelene alge (Chlorophyta) s 6 taksoni in jarmovke (Conjugatae) s 5 taksoni. Poleg teh pa so bile prisotne še posamezne celice ene vrste zlatorjavih alg (Chrsophyta), treh taksonov rdečih alg (Pyrophyta) in prav tako treh taksonov euglen (Euglenophyta).

Za kremenaste alge (Bacillariophyta), smo izračunali tudi trofični (TI) in saprobni (SI) indeks, ki se po Metodologiji uporablja pri izračunu ekološke kakovosti (MOP, 2017).

Vrednoti za 5. in 6. jezero so si bile dokaj podobne. TI za 5. jezero je bil 1,9 in 2,0 za 6. jezero, medtem ko je SI za obe jezera je znašal 1,6. Vrednosti Jezera na Planini spri jezeru so bile višje: TI = 2,3 in SI = 1,8.

Tretjina vrst kremenastih alg (32 od skupno 93), je bilo skupnih vsem trem jezerom. Od ostalih skupin alg je bilo vsem trem jezerom skupnih prav tako ena tretjina taksonov (13 od skupno 39) (Tabeli 6 in 7).

Deset vrst kremenastih alg je bilo skupnih 5. in 6. jezeru in dva taksona od ostalih skupin alg. Trinajst vrst kremenastih alg je bilo skupnih 5. jezeru in Jezeru na Planini pri jezeru, medtem ko iz ostalih skupin alg ni bilo nobene. Sedem vrst kremenastih alg je bilo skupnih 6. jezeru in Jezeru na Planini pri jezeru, medtem ko je bilo takih 12 taksonov iz ostalih skupin alg.

Prisotnost samo v 5. jezeru je bila potrjena za 11 vrst kremenastih alg in en takson iz ostalih skupin alg; samo za 6. jezero je bilo potrjenih pet vrst kremenastih alg in nič taksonov iz ostalih skupin alg in samo za Jezero na Planini pri jezeru je bilo potrjenih 15 vrst kremenastih alg in 11 taksonov iz ostalih skupin alg.

Tabela 6: Seznam perifitonskih kremenastih alg in njihova relativna prisotnost v treh jezerih Triglavskega narodnega parka v jeseni leta 2019: Peto triglavsko jezero – 5. TJ, Šesto triglavsko jezero – 6. TJ in Jezero na Planini pri jezeru – JPJ; 3 – zelo pogosta vrsta: > 10% lupinic; 2 – prisotna vrsta: 1-10 % lupinic; 1 – redka vrsta: < 1 % lupinic.

ime - šifrant ARSO	novo ime (Hoffman et al. 2013)	5. TJ	6. TJ	JPJ
<i>Achnantes conspicua</i>	<i>Plantesa conspicua</i>		1	2
<i>Achnantes flexella</i>	<i>Eucoconeis felxella</i>	1	1	1
<i>Achnantes helvetica</i>	<i>Psammothidium helveticum</i>	1		
<i>Achnantes lanceolata</i>	<i>Planothidium lanceolatum</i>	2	2	3
<i>Achnantes minutissima</i>	<i>Achnanthidium minutissimum</i>	3	3	3
<i>Achnanthidium</i> sp.		1	1	
<i>Amphora ovalis</i>		1		1
<i>Amphora pediculus</i>		2	2	1
<i>Amphora</i> sp.				1
<i>Anomoeneis vitrea</i>			1	1
<i>Asterionella formosa</i>		1		1
<i>Aulacoseira</i> sp.		1	1	
<i>Caloneis alpestris</i>		1	2	

ime - šifrant ARSO	novo ime (Hoffman et al. 2013)	5. TJ	6. TJ	JPJ
<i>Caloneis silicula</i>		1	1	1
<i>Caloneis lacentula</i>	<i>Caloneis lacentula</i>	1		2
<i>Cyclotella crammerii</i>				1
<i>Cyclotella radiosa</i>		1	1	
<i>Cyclotella</i> sp.			1	1
<i>Cymatopleura elliptica</i>				
<i>Cymatopleura solea</i>		1		
<i>Cymbella affinis</i>	<i>Cymbella affinis</i> (sensu stricto)	1	1	1
<i>Cymbella amphycephala</i>	<i>Cymboppleura amphycephala</i>	1		1
<i>Cymbella caespitosa</i>	<i>Encyonema caespitosum</i>	2	1	1
<i>Cymbella cistula</i>	<i>Cymbella neocistula</i>	1	2	1
<i>Cymbella cuspidata</i>	<i>Cymboppleura cuspidata</i>			1
<i>Cymbella delicatula</i>	<i>Delicata delicatula</i>			1
<i>Cymbella ehrenbergii</i>	<i>Cymboppleura inaequalis</i>	1	1	1
<i>Cymbella gracilis</i>	<i>Encyonema neogracile</i>	2	1	
<i>Cymbella helvetica</i>				1
<i>Cymbella leptoceros</i>	<i>Cymbella neoleptoceros</i>		1	1
<i>Cymbella microcephala</i>	<i>Enyonopsis microcephala</i>	1	2	2
<i>Cymbella minuta</i>	<i>Encyonema minutum</i>	3	3	2
<i>Cymbella reichardtii</i>	<i>Encyonema reichardtii</i>			1
<i>Cymbella silesiaca</i>	<i>Encyonema silesiacum</i>	2	3	1
<i>Cymbella sinuata</i>	<i>Reimeria sinuata</i>	2		2
<i>Cymbella subaequalis</i>	<i>Cymboppleura subaequalis</i>	1	1	
<i>Denticula tenuis</i>		3	2	1
<i>Diatoma vulgare</i>		1	1	
<i>Didymopshaenia geminata</i>		1		
<i>Diploneis elliptica</i>		1	1	1
<i>Diploneis minuta</i>			2	1
<i>Diploneis krammeri</i>	<i>Diploneis ovalis</i>		1	
<i>Epithemia sorex</i>				1
<i>Epithemia</i> sp.		1	1	
<i>Eunotia praerupta</i>		1		
<i>Fragilaria arcus</i>		1		
<i>Fragilaria construens</i>	<i>Fragilaria construens</i>	1		
<i>Fragilaria crotonensis</i>		2		
<i>Fragilaria parasitica</i>		1	1	
<i>Fragilaria pinnata</i>		2	1	2
<i>Fragilaria ulna acus</i>		1		2
<i>Fragilaria ulna ulna</i>		2	2	2
<i>Gomphonema acuminatum</i>			2	3
<i>Gomphonema angustum</i>		2	1	2
<i>Gomphonema clavatum</i>		1	1	1
<i>Gomphonema minutum</i>		2	2	
<i>Gomphonema</i> sp.		1	1	1
<i>Gomphonema truncatum</i>				2
<i>Hantzschia amphioxys</i>		1	1	1
<i>Navicula atomus</i>	<i>Mayamaea atomus</i>	1		1

ime - šifrant ARSO	novo ime (Hoffman et al. 2013)	5. TJ	6. TJ	JPJ
<i>Navicula clementis</i>	<i>Placoneis clementis</i>	1		1
<i>Navicula contenta</i>	<i>Diademsis contenta</i>	1	2	1
<i>Navicula cryptotenella</i>		2	2	2
<i>Navicula gallicia</i>	<i>Diademsis perpusilla</i>			1
<i>Navicula laevisissima</i>	<i>Sellaphora laevisissima</i>	1	1	1
<i>Navicula menisculus</i>	<i>Navicula menisculus</i>	1		1
<i>Navicula mutica</i>	<i>Luiticola mutica</i>			2
<i>Navicula placentula</i>	<i>Placoneis placentula</i>			1
<i>Navicula pupula</i>	<i>Sellaphora pupula</i>	2	1	2
<i>Navicula radiosa</i>	<i>Navicula radiosa</i>	1	1	3
<i>Navicula reichardtiana</i>	<i>Navicula reichardtiana</i>	1		2
<i>Navicula schoenfeldii</i>	<i>Geissleriana schoenfeldii</i>	1		1
<i>Navicula sp.</i>		1	2	1
<i>Navicula trivialis</i>		2	1	2
<i>Neidium dubium</i>		1	2	1
<i>Nitzschia acicularis</i>				1
<i>Nitzschia angusta</i>	<i>Nitzschia angustata</i>	1		
<i>Nitzschia angustatula</i>			2	
<i>Nitzschia fotnicola</i>		1		1
<i>Nitzschia frustula</i>	<i>Nitzschia frustulum</i>			1
<i>Nitzschia linearis</i>		2	1	2
<i>Nitzschia palea</i>		2	2	2
<i>Nitzschia paleacea</i>			2	1
<i>Nitzschia sp.</i>			2	
<i>Pinnularia borealis</i>		1		1
<i>Pinnularia viridis</i>		1		
<i>Pinnularia microstauron</i>		2	2	1
<i>Pinnularia sp.</i>			1	
<i>Stauroneis anceps</i>		1	1	1
<i>Stauroneis smithii</i>				1
<i>Stephanodiscus sp.</i>				1
<i>Surirella angusta</i>		1		
<i>Surirella bifrons</i>			1	
<i>Surirella minuta</i>		1		
Skupaj taksonov / vrst		66	54	67

Tabela 7: Seznam rodov perifitonskih alg (brez kremenastih) v treh jezerih Triglavskega narodnega parka v jeseni leta 2019: Peto triglavsko jezero – 5. TJ, Šesto triglavsko jezero – 6. TJ in Jezero na Planini pri jezeru – JPJ; x – prisotna vrsta.

VIŠJA TAKSONOMSKA ENOTA	Rod	5. TJ	6. TJ	JPJ
CYANOPHYTA	<i>Aphanothece</i>		x	x
	<i>Aphanocapsa</i>		x	x
	<i>Calothrix</i>	x	x	x
	<i>Chroococcus</i>			x
	<i>Coelosphaerium</i>			x
	<i>Gleocapsa</i>			x
	<i>Homoeothrix</i>	x	x	x
	<i>Leptochaete</i>	x	x	x
	<i>Lyngbia</i>	x	x	x
	<i>Microcystis</i>			x
	<i>Nostoc</i>	x	x	x
	<i>Oscillatoria</i>	x	x	x
	<i>Phormidium</i>	x	x	x
	<i>Plectonema</i>	x	x	
	<i>Pleurocapsa</i>	x	x	x
	<i>Pseudanabaena</i>	x	x	x
	<i>Scytonema</i>		x	x
CHRYSTOPHYCEAE	<i>Chromulina</i>		x	x
PYROPHYTA	<i>Ceratium</i>			x
	<i>Gymnodinium</i>		x	x
	<i>Peridinium</i>		x	x
EUGLENOPHYTA	<i>Euglena/Lepocinclis</i>			x
	<i>Phacus</i>			x
	<i>Trachelomonas</i>		x	x
VIŠJA TAKSONOMSKA ENOTA	Rod	5. TJ	6. TJ	JPJ
CHLOROPHYCEAE	<i>Characium</i>	x		
	<i>Chlamydomonas</i>			x
	<i>Chlorella</i>		x	x
	<i>Chlorococcum</i>	x	x	
	<i>Elakatothrix</i>			x
	<i>Oedogonium</i>			x
	<i>Oocystis</i>		x	
	<i>Planctosphaeria</i>	x	x	x
	<i>Pleurococcus</i>			x
	<i>Scenedesmus</i>		x	x
	<i>Stichococcus</i>			x
CONJUGATAE	<i>Cosmarium</i>	x	x	x
	<i>Mougeotia</i>	x	x	x
	<i>Spirogyra</i>		x	x
	<i>Staurastrum</i>	x	x	x
	<i>Zygnema</i>		x	x
Skupaj taksonov / vrst		16	27	36

Zoobentos (slike nekaterih predstavnikov so v Prilogi 8)

Zoobentoški organizmi v vseh jezerih so bili zelo redki, telesno majhni in večinoma taki, ki se zakopavajo v blato ali pesek ali lahko preživijo v gostem sestoju rastlinja (Tabela 8). To je posledica intenzivnega prehranjevanja rib v obalnem delu jezera.

Tabela 8: Seznam predstavnikov zoobentosa v treh jezerih Triglavskega narodnega parka v jeseni leta 2019: Peto triglavsko jezero – 5. TJ, Šesto triglavsko jezero – 6. TJ in Jezero na Planini pri jezeru – JPJ; xx – nekaj osebkov; x – posamič.

VIŠJA SKUPINA	Vrsta	5. TJ 26.08.	6. TJ 27.8.	JPJ 28.8.
Nematoda - gliste	nedoločeno	XX	X	X
Mollusca - mehkužci	<i>Gyraulus cristatus</i> (Linnaeus, 1758)			X
	<i>Pisidium casertanum</i> Poli, 1791		X	X
Oligochaeta - maloščetinci	Enchytraeidae	XX	XX	
	Lumbriculidae		XX	
	Tubificidae			XX
Hirudinea – pijavke	<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)			X
Ostracoda – raki dvoklopniki	<i>Cypria ophthalmica</i> (Jurine, 1820)	X	X	X
Cladocera- vodne bolhe	<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	X	X	
	<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1776)	XX	XX	
Copepoda – ceponožci	<i>Attheyella crassa</i> (Sars, 1863)			X
	<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	X	X	
	<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)		X	X
Odonata – kačji pastirji	<i>Aeshna cyanea</i> (O.F. Müller, 1764)			X
	<i>Somatochlora metallica</i> (Linden, 1825)			X
Diptera – dvokrilci (trzače)	Chironomidae – zelo majhne/mlade ličinke		X	X
Skupaj taksonov / vrst		6	10	11

Najmanj zoobentosa, tako po številu vrst (6 vrst) kot po številu osebkov je bilo v 5. jezeru. Najbolj pogoste so bile prostoživeče gliste (Nematoda), ki se zakopavajo v blato, bogato z organsko snovjo, kjer jim delajo družbo tudi maloščetinci (Oligochaeta) iz družine Enchytraeidae. Nekoliko pogostejša je bila tudi vodna bolha vrste *Chydorus sphaericus*, ki je majhna in se lahko neovirano giblje med vodnim rastlinjem in nitastimi algami. Drugi predstavniki rakov (*Cypria ophthalmica*, *Alona affinis* in *Eucyclops serrulatus*), ki so prav tako telesno majhni, so bili redki.

V 6. jezeru je bilo nekaj več vrst (10 vrst), vendar so bile prav tako zastopane s predstavniki, ki se zakopavajo v blato ali pesek (školjka *Pisidium casertanum* in maloščetinci iz družine Lumbriculidae), se lahko zadržujejo v gostih sestojih makrofitov (ceponožec *Macrocyclus albidus*) ali pa so majhni (zgodnji razvojni stadiji ličink dvokrilcev iz družine trzač - Chironomidae).

Največ vrst je bilo v Jezeru na Planini pri jezeru (11 vrst). Od tega sta dve vrsti pripadali odraslim osebkom kačjih pastirjev (Odonata), ki so lahko prileteli tudi od drugje. Njihove ličinke sicer živijo v vodi, a so zaradi prisotnosti rib zelo ogrožene. Ličink ob vzorčenju nismo našli.

Dva taksona, gliste (Nematoda) in *Cypria ophthalmica* (Ostracoda) sta bili skupni vsem trem jezerom, a so bili njuni predstavniki razmeroma redki. Štirje taksoni (Enchytraeidae, *Alona affinis*, *Chydorus sphaericus* in *Eucyclops serrulatus* so bili skupni 5. in 6. jezeru. Tri druge vrste, školjka *Pisidium casertanum*, ceponožec *Macrocyclus albidus* in ličinke trzač (Chironomidae), pa so bili skupni 6. jezeru in Jezeru na Planini pri jezeru, kjer pa so bili bolj redko zastopani.

Samo v Jezeru na Planini pri jezeru smo našli predstavnike maloščetincev iz skupine Tubificidae, ki živijo v blatu, bogatim z organskimi snovmi, vodnih polžev vrste *Gyraulus cristatus*, pijavk *Erpobdella octoculata* in ceponožcev *Attheyella crassa*. Tudi osebki teh vrst so bili redki.

Makrofiti – večje vodne rastline

Vsa jezera so bila gosto poraščena z nitastimi algami, ki sicer po definiciji ne spadajo med večje vodne rastline/makrofite. V 5. in 6. jezeru so bile večinoma razporejene po dnu in le manjše zaplate so se zadrževale ob bregu. Alge so preraščale tudi grmičke/zaplate lasastolistne vodne zlatice – *Batrachium trichophyllum* L., ki so v času našega obiska še cvetele.

Vodna zlatica je bila v 5. jezeru pogosta v obrežnem pasu in se je z globino njena gostota zmanjševala, pod 5 m pa jih nismo več zasledili. V 6. jezeru je bilo podobno, le da so bile posamezne rastline, zaradi bolj plitvega jezera, posejane tudi na dnu.

V Jezeru na Planini pri jezeru je bil vzdolž celotne jezerske obale do pet metrov širok pas nitastih alg, ki so plavale na površini, posamezni prameni pa so segali v globino oz. so bili pritrjeni v plitvinah jezera. V jezeru nismo opazili potopljenih ali plavajočih

makrofitov, ki so bili sicer v preteklosti (vsaj še v l. 2013 – ob našem zadnjem obisku) še bogato zastopani v obrežnem pasu in sicer je to bil preraslolistni dristavec (*Potamogeton perfoliatus* L.). Na bregu še uspevajo gosti sestoji dveh vrst šašev (togi šaš – *Carex elata* All. in črni šaš – *Carex nigra* (L.) Reichart, vmes pa posamezne rastline vodne zlatice – *Caltha palustris* L. in grenke penuše – *Cardamine amara* L.

Dvoživke

V nobenem od jezer nismo opazili dvoživk. Na poti blizu Jezera na Planini pri jezeru smo opazili truplo odrasle krastače (*Bufo bufo* (Linnaeus, 1758)). V preteklosti smo zgodaj spomladi v jezeru opazili parjenje krastač (še v času snega), kasneje pa tudi paglavce med rastlinjem ob bregu.

4. Primerjava z raziskavami v obdobju 2002 – 2013

Primerjava fizikalnih in kemijskih parametrov v treh jezerih med obdobjem 2002–2013 in izmerjenimi vrednostmi v l. 2019 kažejo nekaj manjših, a ne bistvenih odstopanj navzgor ali navzdol, tako pri povprečnih 12-letnih vrednostih kot tudi v skrajnih vrednostih (min. // max.) izmerjenih v tem obdobju (Tabela 9).

Prevodnost – v letu 2019 je bila nekoliko povišana na dnu 5. jezera in nekoliko nižja na površini Jezera na Planini pri jezeru (tudi pri skrajnih vrednostih), vendar so to le lokalna odstopanja, pogosto, zlasti na površini, pogojena z vremenskimi razmerami.

Zakisanost / pH – v vseh treh jezerih in tudi na vseh globinah je bila vrednost v l. 2019 nižja od 12-letnega povprečja – okoli 0,5 enote v 5. in 6. jezeru in okoli 0,3 enote v Jezeru na Planini pri jezeru. Vrednosti pri 5. in 6. jezeru so bile celo nižje od najnižjih vrednosti zabeleženih v 12-letnem obdobju, medtem ko so bile v Jezeru na Planini pri jezeru v okviru že zabeleženih, a na spodnji meji.

Tabela 9: Primerjava povprečja fizikalnih in kemijskih parametrov ter njihovih najnižjih in najvišjih izmerjenih vrednosti v treh jezerih Triglavskega narodnega parka za obdobje 2002 – 2013 z vrednostmi iz jeseni leta 2019. P – površina; S – sredina vodnega stolpca; D – dno jezera. 5. jezero – Peto triglavsko jezero, 6. jezero – Šesto triglavsko jezero; Planina jez. – Jezero na Planini pri jezeru.

		prevodnost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			pH		
		povprečje	min./max.	2019	povprečje	min./max.	2019
5. jezero	P	172	164 // 190	165	8,08	7,77 // 8,36	7,47
	S	175	166 // 190	178	7,96	7,75 // 8,11	7,34
	D	178	166 // 197	216	7,91	7,63 // 8,03	7,31
6. jezero	P	165	149 // 178	148	8,09	7,75 // 8,40	7,54
	D	169	162 // 178	164	8,09	7,90 // 8,40	7,66
Planina jez.	P	207	197 // 221	179	7,95	7,64 // 8,27	7,74
	S	241	200 // 276	205	7,78	7,42 // 8,21	7,37
	D	310	287 // 342	275	7,55	7,06 // 8,11	7,19

		alkalitet (meq./L)			celokupni dušik (N mg/L)		
		povprečje	min./max.	2019	povprečje	min./max.	2019
5. jezero	P	1735	1558 // 1915	1770	0,68	0,39 // 0,91	0,75
	S	1727	1565 // 1894	1880	0,71	0,37 // 1,20	0,85
	D	1732	1547 // 1903	1840	0,81	0,42 // 1,26	0,82
6. jezero	P	1609	1493 // 1805	1730	0,81	0,40 // 1,23	0,41
	D	1675	1550 // 1826	2390	0,92	0,37 // 1,81	0,39
Planina jez.	P	2062	1690 // 2509	1980	0,69	0,36 // 1,05	0,19
	S	2456	2130 // 2720	2400	0,71	0,29 // 1,49	0,21
	D	2943	2373 // 3246	2590	1,93	0,59 // 3,58	0,58

		nitrat (NO_3^- mg/L)		(NO_3^-)	(N)
		povprečje	min./max.	2019	2019
5. jezero	P	1,72	1,03 // 2,84	1,10	0,25
	S	1,65	0,98 // 2,61	1,70	0,38
	D	1,56	0,78 // 2,34	1,70	0,38
6. jezero	P	1,31	0,93 // 2,14	0,70	0,16
	D	1,43	1,02 // 2,23	1,10	0,25
Planina jez.	P	0,17	0,05 // 0,33	PMD <0,01	PMD <0,01
	S	0,21	0,07 // 0,54	PMD <0,01	PMD <0,01
	D	0,07	0,01 // 0,13	0,50	0,11

		amonij (NH ₄ ⁺ mg/L)			celokupni fosfor (P mg/L)		
		povprečje	min./max.	2019	povprečje	min./max.	2019
5. jezero	P	0,04	PMD // 0,13	PMD <0,01	0,014	0,007 // 0,023	0,012
	S	0,04	PMD // 0,58	PMD <0,01	0,015	0,004 // 0,0 27	0,011
	D	0,05	PMD // 0,72	PMD <0,01	0,019	0,006 // 0,0 60	0,120
6. jezero	P	0,03	PMD // 0,45	PMD <0,01	0,013	0,004 // 0,018	0,012
	D	PMD	PMD // 0,01	PMD <0,01	0,021	0,008 // 0,0 56	0,010
Planina jez.	P	0,02	PMD // 0,16	PMD <0,01	0,027	0,006 // 0,038	0,018
	S	0,03	PMD // 0,07	PMD <0,01	0,048	0,006 // 0,132	0,034
	D	1,52	PMD // 2,24	0,245	0,161	0,069 // 0, 363	0,180

		ortofosfat (PO ₄ ³⁺ mg/L)		(PO ₄ ³⁺)	(P)
		povprečje	min./max.	2019	2019
5. jezero	P	PMD <4	PMD <4	0,042	0,008
	S	PMD <4	PMD <4	0,031	0,006
	D	PMD <4	PMD // 32	0,260	0,050
6. jezero	P	PMD <4	PMD <4	0,042	0,008
	D	PMD <4	PMD <4	0,031	0,006
Planina jez.	P	PMD <4	PMD <4	0,052	0,010
	S	PMD <4	PMD <4	0,011	0,020
	D	PMD <4	PMD <4	0,580	0,111

		nasičenost s kisikom (O ₂ %)			kemijska poraba kisika (O ₂ mg/L)		
		povprečje	min./max.	2019	povprečje	min./max.	2019
5. jezero	P	104	80 // 130	108	1,52	0,63 // 3,48	1,6
	S	97,3	71 // 115	94	1,46	0,47 // 7,49	0,8
	D	91,3	71 // 110	68	1,71	0,47 // 5,21	1,4
6. jezero	P	107,9	80 // 124	102	1,53	0,55 // 2,37	1
	D	104	71 // 125	99	1,68	0,79 // 6,64	1,2
Planina jez.	P	94,03	82 // 104	115	3,44	2,23 // 4,10	1,7
	S	67,7	24 // 108	95	3,74	2,43 // 4,87	2,1
	D	4,32	0 // 20	1,5	4,69	2,62 // 6,37	2,9

		prosojnost (m)			količina klorofila (µg/L)		
		povprečje	min./max.	2019	povprečje	min./max.	2019
5. jezero	P	do dna	3,5 // do dna	4,50	0,56	0,09 // 1,60	0,21
	S				9,21	0,14 // 40,26	9,50
	D				17,31	0,35 // 48,03	10,21
6. jezero	P	do dna	do dna	do dna	0,33	0,09 // 0,73	0,34
	D				0,79	0,71 // 0,94	1,05
Planina jez.	P	3,0	1,0 // 4,0	3,9	4,89	1,44 // 11,15	1,30
	S				14,66	4,65 // 23,55	10,40
	D				30,09	16,84 // 44,91	36,58

Alkaliteta – v nasprotju s pH so bile vrednosti v l. 2019 nekoliko višje od 12-letnega povprečja v 5. in 6. jezeru in nekoliko nižje v Jezeru na Planini pri jezeru. Vendar so bile vrednosti znotraj meja skrajnih vrednosti, zabeležene v 12-letnem obdobju. Manjše odstopanje navzgor je bilo le na dnu 6. jezera.

Celokupni dušik – vrednosti so bile v 5. jezeru v l. 2019 blizu 12-letnega povprečja in tako tudi znotraj intervala skrajnih vrednosti. V 6. jezeru so vrednosti močno odstopale navzdol od 12-letnega povprečja, a so še bile na spodnji meji skrajnih zgornjih vrednosti. Tudi Jezero na Planini pri jezeru je imelo precej nižje vrednosti v l. 2019 od 12-letnega povprečja in tudi nekoliko nižje od doslej izmerjenih najnižjih vrednosti v 12-letnem obdobju.

Nitrat (kot NO_3^-) – koncentracija v 5. jezeru je bila na površini nižja od 12-letnega povprečja, v globini pa je bila rahlo nad 12-letnim povprečjem, a je bila znotraj intervala skrajnih vrednosti. V 6. jezeru so bile vrednosti nižje od 12-letnega povprečja in na površini celo nižje od najnižjih vrednosti v 12-letnem obdobju.

Amonij – v nobenem jezeru v l. 2019 ni bil prisoten v zaznavnih količinah, kar je podobno kot tudi v 12-letnem obdobju. Izjema je le dno Jezera na Planini pri jezeru, kjer je bil amonij prisoten, a v količinah pod 12-letnim povprečjem.

Celokupni fosfor – vrednosti v l. 2019 so bile podobne kot pri 12-letnem povprečju. Izjema je le dno 5. jezera, kjer so vrednosti močno presegale tako 12-letno povprečje kot tudi skrajne vrednosti, izmerjene tem obdobju.

Ortofosfat (kot $\text{PO}_4^{3+}\text{-P}$) – vrednosti v l. 2019 so bile v 5. in 6. jezeru le nekoliko nad mejo občutljivosti inštrumenta, kar je podobno kot v 12-letnem obdobju. So pa bile povečane v Jezeru na Planini pri jezeru, kjer so na dnu dosegale znatne vrednosti.

Nasičenost s kisikom (v %) – bistvenih odstopanj od 12-letnega povprečja ni bilo. Izjema je bilo le dno 5. jezera, kjer smo v l. 2019 zabeležili najnižjo koncentracijo kisika doslej.

Kemijska poraba kisika – je bila v vseh jezerih v l. 2019 nižja od 12-letnega povprečja, a v okvirih že izmerjenih skrajnih vrednosti. Nekoliko je odstopala le površina Jezera na Planini pri jezeru, ki je bila nekoliko pod doslej najnižjo izmerjeno vrednostjo.

Prosojnost – v vseh jezerih je bila v okviru 12-letnega povprečja.

Klorofil a – bistvenih odstopanj v l. 2019 od 12-letnega povprečja ni bilo, razen na površini 5. jezera in Jezera na Planini pri jezeru, ki so bile nižje od povprečja. Nekoliko višje izmerjene koncentracije so bile tudi na dnu 6. jezera in Jezera na Planini pri jezeru, a so bile znotraj oz. blizu najvišjih izmerjenih vrednosti doslej.

5. Razprava

1) Splošni del

Visokogorska jezera v Sloveniji, ki so porasla z višjimi vodnimi rastlinami (makrofiti), naj bi glede na habitatni tip po kategorizaciji ARSO spadala v kategoriji 22.42 – Zakoreninjena podvodna vegetacija in 22.44 – Podvodne preproge parožnic (ARSO, 2004) ali v kategorijo 3140 - oligotrofna do mezotrofna vodna telesa s trdo vodo in združbami *Chara* sp. po evropski habitatni direktivi – Anex 1 (EUR 28 2013). Za jezera s trdo vodo brez vegetacije v TNP v seznamu habitatnih tipov ni navedene šifre, čeprav so poseljena z enoceličnimi algami in bogato združbo bentoških in planktonskih živali. Vsa tri obravnavana jezera vsekakor nedvoumno spadajo v ARSO kategorijo 22.42. Vsa visokogorska jezera, vključno s tremi obravnavanimi, se nahajajo na triasnih in jurskih ter dolomitnih geoloških skladih (Jurkovšek 1986), kar jih označuje kot jezera s trdo vodo in $\text{pH} > 7$.

Ker so jezera manjša od 0,5 km², zanje niso bile narejene referenčne oz. mejne vrednosti razredov ekološkega stanja, ki so bile opredeljene v okviru alpske interkalibracijske skupine (Alpine GIG, Selection of references sites – References conditions (MOP 2008, 2017).

V Sloveniji sta visokogorskim jezerom glede na geološko podlago in geografsko lego po ekoloških merilih še najbližji Blejsko jezero (opredeljeno kot globoko predalpsko jezero; nadmorska višina 475 m) in Bohinjsko jezero (opredeljeno kot globoko alpsko jezero, nadmorska višina 525 m) (MOP, 2017). Vendar je med nižinskima in obravnavanimi visokogorskimi jezери značilna razlika v velikosti/volumnu in nadmorski višini, kar močno vpliva na ekološke razmere v njih in njihove odzive na zunanje vplive. Za ocenjevanje stanja jezer smo zato sledili splošnim priporočilom OECD (Tabela 10). Metodologija MOP (2017) v tem primeru ni primerna, saj zahteva najmanj štiri meritve v limnološkem letu.

Tabela 10: Meje vrednosti parametrov po OECD, ki opredeljujejo trofično stanje jezer. P_{tot} – celokupni fosfor; N_{tot} – celokupni dušik; povp. Chl a – povprečna koncentracija klorofila a; max. Chl a – najvišja koncentracija klorofila a; povp. prosojnost – povprečna prosojnost vodnega stolpca; min. prosojnost – najmanjša prosojnost vodnega stolpca.

Trofični nivo jezera	P_{tot} ($\mu\text{g/L}$)	N_{tot} ($\mu\text{g/L}$)	povp. Chl a ($\mu\text{g/L}$)	max. Chl a ($\mu\text{g/L}$)	povp. prosojnost (m)	min. prosojnost (m)
Ultra-oligotrofno	≤ 4	≤ 200	≤ 1	$\leq 2,5$	≥ 12	≥ 6
Oligotrofno	≤ 10	200 – 400	$\leq 2,5$	≤ 8	≥ 6	≥ 3
Mesotrofno	10 – 30	401 – 650	2,5 – 8	8 – 25	6 – 3	3 – 1,5
Eutrofno	31 – 100	500 – 1500	8 – 25	25 – 75	3 – 1,5	1,5 – 0,7
Hipertrofno	≥ 100	≥ 1500	≥ 25	≥ 75	$\leq 1,5$	$\leq 0,7$

Analizo staja treh visokogorskih jezer smo opravili konec avgusta, ko naj bi teoretično še obstajala temperaturna plastovitost v jezerih in s tem jezera razdelila v tri funkcionalne enote: A) osvetljeno površinsko plast, epilimnij, z višjimi temperaturami in dobro razvitim rastlinstvom in živalstvom (fitoplankton in zooplankton v vodnem stolpcu ter perifiton in zoobentos v obrežnem pasu), B) zaporno plast, metalimnij, kjer se temperatura zniža najmanj za 1 °C na meter globine, kar zaradi razlik v gostoti vode onemogoča vertikalno mešanje vodnih mas, ki jih povzroča veter in C) temno globinsko plast, hipolimnij, kamor se poseda odmrla biomasa in kjer potekajo procesi razgradnje organskih snovi ob porabi kisika in lahko nastopi tudi delno/popolno pomanjkanje kisika (hipoksija/anoksija) (Wetzel 2001).

Ob koncu poletne plastovitosti je običajno največja raznolikost organizmov (biodiverziteta) in tudi njihova biomasa, kar omogoča dokaj dobro oceno ekološkega stanja jezer. Ne zajame pa vseh organizmov in pojavov, ki sicer določajo stanje jezer. Manjkajo namreč podatki o zimski temperaturni plastovitosti, ki določa kisikove razmere v globljih/temnih plasteh jezera in spomladi vpliva na kroženje hranilnih snovi (predvsem dušikovih in fosforjevih spojin) v vodnem stolpcu. Niso zajeti tudi podatki o nekaterih vrstah organizmov, ki se pojavljajo le v hladnejšem obdobju leta – takoj po taljenju snega ali po jesenskem mešanju vodnega stolpca. Za boljšo oceno ekološkega stanja jezer bi bilo zato potrebno opraviti več fizikalnih meritev in kemijskih ter bioloških analiz ob različnih letnih časih, skladno s priporočili predpisov EU oz. RS (MOP 2017).

2) Stanje 5. in 6. jezera

Peto in šesto triglavsko jezero nekoliko odstopata od zgoraj opisanega modela temperaturne plastovitosti in kisikovih razmer v jezerih zmernih klimatov. Obe jezери sta razmeroma plitvi in dovolj prosojni, da svetloba v njih prodira do dna in omogoča uspevanje alg, ne samo v vodnem stolpcu, ampak tudi na jezerskem dnu (natančneje nitastih zelenih alg in lasastolistne vodne zlatice – *Batrachium trichophyllum*). Ob fotosintezi, ki je v času raziskav potekala tudi na dnu obeh jezer, sicer v omejenem obsegu, se je sproščalo v okolje dovolj kisika, da so bile kisikove razmere ugodne (68 % nasičenost s kisikom na dnu 5. jezera in 99 % na dnu 6. jezera). Na podlagi raziskav velja, da poteka pozitivna fotosinteza (= kompenzacijska točka) do dvojne globine prosojnosti vodnega stolpca. Tam je prisotne še okoli 1 % svetlobe, kot jo doseže jezersko gladino (Wetzel 2001). V 8 m globokem 5. jezeru je bila ob vzorčenju dvojna globina prosojnosti jezera ocenjena na 9 m, kar je nad kompenzacijsko točko fotosinteze. Zato je v času raziskav tam še potekala pozitivna fotosinteza, ki je sproščala kisik v vodni stolpec. Ob zmanjševanju sončnega obsevanja (oblačnost in led pozimi) pa se od konca poletja dalje kompenzacijska točka dviga proti površini, s tem pa se (bo) manjša(la) količina kisika na dnu.

Ob prodiranju svetlobe v globino jezera se del svetlobe spremeni tudi v toploto, kar povzroča toplotno plastovitost jezera. Ker je v obeh jezerih svetloba prodirala do dna,

se je lahko tam spreminjala tudi v toploto in tako segrevala vodni stolpec od spodaj. Rezultat so nekoliko višje temperature od teoretične temperature 4,0 °C, kjer je voda najgostejša in je povsod v globljih plasteh jezer zmernega pasu (Wetzel 2001). Izjema so lahko le jezera, kjer na dnu poteka intenzivna razgradnja organskih snovi (= gnitje; tak primer je tudi Jezero na Planini pri jezeru). Ker je 6. jezero plitvejše in je bilo tudi bolj prosojno, so bile tudi temperature v njem na dnu nekoliko višje v primerjavi s 5. jezerom (5,7 °C v 5. jezeru in 7,3 °C v 6. jezeru).

Število planktonskih alg je bila v 5. in 6. jezeru razmeroma majhna in so bile zastopane z 11 vrstami, kar je se je odražalo tudi na njihovi biomasi oz. količini klorofila *a*, ki je bila na površini obeh jezer med 0,2 in 0,4 µg/L. Zaradi intenzivnega UV sevanja na višjih nadmorskih višinah se neposredno pod površino zaradi škodljivega sevanja zadržuje le malo planktonskih alg, saj jih večina nima zaščitnih mehanizmov. Vpliv UV pa se tudi v prosojnih jezerih že 1-2 m pod gladino močno zmanjša (Wetzel 2001). V 5. jezeru se je tako količina klorofila pod 4 m globine močno povečala (na več kot 9,50 µg/L), kar je posledica prisotnosti pravih planktonskih alg in lebdečih nitastih alg. V globljih plasteh jezera pa je večina klorofila (10,21 µg/L) pripadla nitastim zelenim algam, ki so se dvigale z dna. V nasprotju s 5. jezerom je bila količina klorofila v 6. jezeru je tudi na dnu le malo nad 1 µg/L.

Opisana razporeditev količine klorofila oz. nitastih zelenih alg razloži ekologija nitastih zelenih alg. Le-te so v osnovi bentoške in se zadržujejo pri dnu, oz. uspevajo v območju ugodnih svetlobnih razmer. V primeru Dvojnega jezera se pozno spomladi/zgodaj poleti tako zadržujejo na dnu jezer, kjer črpajo hranilne snovi (dušikove in fosforjeve spojine), ki se nahajajo blizu dna. S tem so konkurenca planktonskim algam, v obrežnem pasu pa tudi makrofitom, ki zato trpijo pomanjkanje hranil in zato slabše uspevajo. Ko se njihova biomasa poveča oz. tvorijo goste preplete, se med njihove nitke ujamejo plinski mehurčki (najpogostejše kisik, redkeje pa tudi ogljikov dioksid), ki jih dvignejo od podlage in prinesejo na površino, kjer jih vetrovi naplavijo v bližino brega.

Nitaste zelene alge delujejo na začetku rastne sezone kot preproga na dnu jezera in s tem kot past za hranila, ki izhajajo iz sedimenta, a se ne sprostijo v vodni stolpec,

saj jih alge prej absorbirajo. Kasneje nitaste zelene alge s svojo biomaso poslabšajo tudi svetlobne razmere v vodnem stolpcu in obrežnem pasu in s tem onemogočajo rast in razmnoževanje drugim zelenim rastlinam.

Bentoške kremenaste alge v obeh jezerih niso bile pogoste in so bile zastopane s 66 vrstami v 5. jezeru in 54 vrstami v 6. jezeru, kar je podobno kot v Jezeru na Planini pri jezeru (67 vrst). Trofični (TI) in saprobni indeksi (SI), izračunani na osnovi pogostosti kremenastih alg kažejo, da sta 5. in 6. jezero nekoliko manj obremenjeni kot Jezero na Planini pri jezeru (5. jezero: TI = 1,9; SI = 1,6; 6. jezero: TI = 2,0; SI = 1,6; Jezero na Planini pri jezeru: TI = 2,3; SI = 1,8).

Zooplankton je bil v obeh jezerih v letu 2019 redek in so ga večinoma sestavljali kotačniki (Rotatoria), ki merijo le nekaj desetink milimetra. Majhna količina zooplanktona z telesno majhnimi predstavniki je tipično za jezera z ribami, ki se hranijo z zooplanktonom (Wetzel 2001). Majhni zooplanktonski organizmi pa ne morejo kontrolirati rasti večjih alg. V preteklosti (do l. 1993) so bili v jezeru še pogosti predstavniki vrste *Arctodiaptomus alpinus*, ki so merili tudi do 1,5 mm. Po naselitvi rib pa so že l. 1994 povsem izginili (Brancelj 2002).

Tudi zoobentos kaže značilno sestavo zaradi prisotnosti rib. V obeh jezerih so bili prisotni le redki predstavniki vrst, ki živijo zakopani v blatu (gliste – Nematoda; školjke – Bivalvia; maloščetinci – Oligochaeta), ali pa so telesno majhni in se zadržujejo med makrofiti ali nitastimi algami (vodne bolhe – Cladocera, ceponožci – Copepoda). Ostale večje, prosto gibajoče se predstavnike, ribe hitro pojedo.

V vzorcih je bilo prisotnih tudi nekaj mladih/majhnih ličink žuželk, katerih larve živijo v vodi. Odrasle živali iz skupin enodnevnice (Ephemeroptera), vrbnic (Plecoptera), mladoletnic (Trichoptera) in tržač (Diptera – Chironomidae), ki so bile pred naselitvijo rib v obeh jezerih zelo pogoste, odlagajo jajca na površino jezera. Jajca potonejo na dno in se čez nekaj časa iz razvijejo ličinke. Vendar ko te nekoliko zrastejo, postanejo hrana ribam. Tudi odrasle žuželke, ki bodisi odlagajo jajca na površini ali nanjo padejo, hitro postanejo plen rib (Leskošek in Brancelj 2009). Odrasle žuželke priletijo sedaj do Dvojnega jezera iz drugih jezer ali manjših izvirov, kjer rib ni in se ličinke

lahko razvijejo v odrasle živali. Prav ličinke žuželk so bile v preteklosti učinkovite pri nadzoru rasti in razmnoževanja alg. Po njihovi iztrebitvi pa je ta kontrolni mehanizem odpovedal. Rezultat je bil bogat razrast alg, zlasti nitastih zelenih. Zaradi plenjenja večjih ličink in tudi odraslih samic žuželk, ki odlagajo jajca v Dvojno jezero, je onemogočena učinkovita kontrola rasti alg v obeh jezerih.

Pred letom 1994 je bilo stanje Dvojnega jezera podobno Jezeru v Ledvicah, ki še vedno velja za najbolj čisto (oligotrofno) jezero v Sloveniji. Stanje je bilo podobno po fizikalnih, kemijskih in bioloških elementih. Med planktonskimi algami je bila v Dvojnem jezeru večina vrst alg, navedenih v Tabeli 4 (z izjemo nitastih zelenih alg – Conjugatophyceae), prisotna tudi že v letih 1992 in 1993. Tudi takrat so bile prisotne le posamično, v metafitonski populaciji, kateri osnovna podlaga pa še niso bile zelene nitaste alge pač pa druge perifitonske vrste. Pravo planktonsko populacijo je takrat oblikovala le vrsta *Dinobryon divergens f. schauinslandii*, kar kaže, da se je že takrat direktno v vodo sprostilo več hranil.

Vpliva Koče pri sedmerih jezerih zaradi povečane količine hranil (dušikove in fosforjeve spojine) ob analizi stanja v l. 2019 nismo mogli potrditi. Enako velja tudi za predhodno obdobje (2002 – 2013). Vrednosti celokupnega dušika in tudi nitrata so bile v 5. jezeru v l. 2019 v mejah dolgoletnega povprečja, medtem ko so bile v 6. jezeru celo nižje. Enako velja tudi za celokupni fosfor oz. fosfate. Kot je bilo omenjeno že v splošnem delu razprave, bo potrebno za podrobnejše informacije o količini hranil v jezeru opraviti tudi meritve v spomladanskem času. Konec poletja je bila večina hranil vgrajena v žive organizme.

Ocena stanja: mezotrofno/eutrofno stanje = slabo ekološko stanje. Razlaga: glede na mejne vrednosti parametrov po kriteriju OECD (Tabela 9) je 5. jezero v eutrofnem stanju (tako v l. 2019 kot tudi v dolgoletnem povprečju), saj vrednosti celokupnega dušika po celem stolpcu nekoliko presegajo vrednosti 650 µg/L. Glede na količino celokupnega fosforja in prosojnosti jezera pa ustreza mesotrofnemu stanju. Tudi kisikove razmere so v jezeru ugodne. So pa biološke komponente (fitoplankton, zooplankton, perifiton in zoobentos) v slabem ekološkem stanju, zlasti po merilih prisotnosti nitastih zelenih alg ter zelo revni živalski komponenti. V nekoliko boljšem

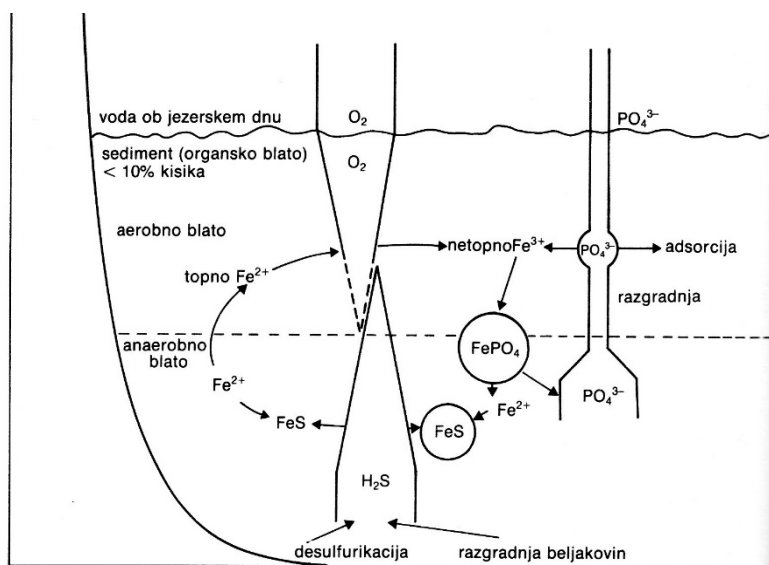
stanju glede OECD standarda je 6. jezero – mezotrofno stanje, vendar je glede biološke komponente in občasne fizične povezave (ob višjih vodostajih) podobno 5. jezeru.

3) Stanje Jezera na Planini pri jezeru

V splošnem delu razprave (podpoglavje 1) o modelu temperaturne plastovitosti jezer in kisikovih razmerah v njih dobro sledijo procesi v Jezeru na Planini pri jezeru, ki je bilo v času raziskav dobro ločeno v tri naštete funkcionalne sklope. V razmeroma topli površinski plasti (epilimniju), med 18,6 in 17,0 °C, je potekala intenzivna fotosinteza, ki je bila rezultat pristnosti le ene vrste alg, *Ceratium hirudenella*.

Dejansko je bila to zelo masovna monokultura, saj drugih planktonskih vrst alg ni bilo, biomasa pa je bila velika. Alge so se zadrževale bolj masovno okoli globine 5 m (meja prosojnosti jezera), kjer so vrednosti klorofila narasle preko 10 µg/L, kar je po kriterijih OECD že znak za mezotrofno/eutrofno jezero. Vrednosti so na dnu presegle 30 µg/L, vendar so bile te alge že v temnem delu jezera, kar pomeni, da so bile mrtve, a so pomembno prispevale k organski snovi na dnu, izraženi tudi kot kemijska poraba kisika, ki je bila najvišja med vsemi jezeri (2,9 mg O₂/L). Vrsta *C. hirudinella* nima indikatorske vrednosti, saj se pojavlja v oligotrofnih, mesotrofnih in tudi eutrofnih jezerih, tako v nižinskih kot tudi alpskih. Ne glede na to dejstvo, vsak masoven razvoj (»cvetenje«) kaže naj dobro založenost, oziroma preobremenjenost s hranili. Hranila, natančneje fosforjeve spojine, se v jezerih s pomanjkanjem kisika v hiplimnijski plasti lahko vsako leto znova vrnejo v vodni stolpec tudi iz sedimenta in ne samo z izpiranjem z brežin – t.i. princip fosforjeve črpalke (Wetzel, 2001) (Slika 3).

V letih 1992-1994, ko zelene nitaste še niso predstavljale dominantne producentske združbe, je bila fitoplanktonska populacija v Jezeru na Planini pri jezeru precej bolj pestra. Prevladovala so zelene alge (Chlorophyceae) in cianobakterije (Cyanophyceae) z vrstami, ki za oblikovanje populacije potrebujejo veliko hranilnih snovi.



9.20. Geokemijsko pretvarjanje fosforja in železa v aerobnem in anaerobnem delu zgornje plasti jezerske usedline, na stiku voda-blato.

Slika 3: Princip fosforjeve črpalke (povzeto po Tarman 1992).

Zaradi obilice alg je bilo l. 2019 kisika v zgornjih 5 metrih veliko, oz. je celo presegalo 100 %. To je posledica intenzivne fotosinteze v epilimniju, ob kateri se sprošča kisik. Zaradi počasnejše difuzije kisika iz vode v ozračje se zato lahko ob sončnih dnevih pojavi t. i. hipersaturacija (prenasičenje s kisikom), ponoči pa se koncentracije znižajo na 100 % ali celo pod to vrednostjo. V hipolimnijski plasti, od 7 m navzdol, je bilo močno pomanjkanje kisika. Bilo ga je le med 3,4 in 1,5 %, kar kaže na intenzivno razgradnjo organske snovi, ki je v času poletne plastovitosti že odmrta v vodnem stolpcu in je potonila proti dnu, kjer so se v procesu biološke razgradnje, in ob porabi kisika, sproščale mineralne snovi oz. hranila (dušikove in fosforjeve spojine). Temu ustrezno je narasla v hipolimnijski plasti tudi električna prevodnost in se zmanjšala vrednost pH. To je bilo na račun organskih in anorganskih spojin, ki znižujejo zakisanost / pH vode. pH vode je bil še vedno nad vrednostjo 7, ki označuje nevtralno točko in to na račun visokih vrednosti raztopljenega apnenca (izraženega kot alkaliteta).

V jezeru je bila konec poletja 2019 tudi razmeroma bogata populacija zooplanktona, s tremi telesno večjimi vrstami, med katerimi je po številu osebkov in tudi biomasi izstopala vrsta vodnih bolh *Daphnia longispina* (po oceni okoli 90 % populacije). Večina populacije se je zadrževala tik nad ali celo v metalimnijski plasti, kjer so bile

koncentracije kisika nizke. Pojav zadrževanja vodnih bolh v večjih globinah podnevi je značilen za to vrsto. S tem se izogne plenjenju s strani rib, ki lovijo hrano/plen s pomočjo vida. V jezerih brez rib tega pojava ni oz. je manj izrazit. Osebki vodnih bolh so sposobni zaradi fizioloških prilagoditev nekaj ur preživeti tudi v okolju z manj kisika. Potrebo po kisiku uravnajo ponoči, ko odplavajo proti površini, kjer se tudi prehranjujejo z algami. Pojav je bil podrobneje raziskan v Blejskem jezeru (Brancelj in Blejec 1994). Veliko število vodnih bolh, ki so filtratorji in iz vode pobirajo alge in tudi bakterijske kolonije, je verjetno vzrok, da so bili predstavniki drugih skupin, predvsem kotačniki (Rotatoria) v zooplanktonu slabo zastopani. Slednji se prehranjujejo s podobno hrano, vendar so v prisotnosti večje konkurence manj uspešni. Obenem je velika populacija vodnih bolh porabila za hrano vse druge vrste alg in je le vrsta *Ceratium hirudinella*, ki je zaradi velikosti in močne celične stene zanje nedosegljiva, zato ostala v vodnem stolpcu.

Vrstna sestava zooplanktona se v primerjavi s preteklimi leti ni bistveno razlikovala po vrstni sestavi. Razlike v kvantiteti pa so posledica sezonske dinamike in se spreminjajo celo na tedenskem ali mesečnem nivoju. V preteklosti se je v spomladanskem obdobju med zooplanktonom pojavljala tudi endemna vrsta ceponožca *Eudiaptomus hadzici* (Brehm, 1939), ne pa tudi v poletnih vzorcih. Vrsta je razširjena le po visokogorskih jezerih zahodnega Balkana.

Najbolj opazne spremembe so se v jezeru v zadnjem obdobju zgodile v obrežnem pasu, natančneje med potopljenimi makrofiti vrste preraslolisti dristavec (*Potamogeton perfoliatus*). Leta 2013 je bil obrežni pas do globine 1,5 m še gosto porasel s to vrsto po vsem obodu jezera. Konec poletja 2019 nismo zasledili nobene rastline te vrste. Celoten obrežni pas v širini 3–5 m je bil l. 2019 pokrit z nitastami zelenimi algami (Conjugatae: *Mougeotia*, *Spirogyra*, *Zygnema*), ki so na površini tvorile gosto preprogo, ki je preprečevala prodiranje svetlobe v globino in s tem onemogočile rast drugim rastlinam. Najverjetneje so se nitaste zelene alge pozno spomladi/zgodaj poleti množično pojavile v plitvi obrežni vodi, kjer so z naglim razmnoževanjem prerasle makrofite in jim odvzele svetlobo in hranila in s tem povzročile njihov propad. Za natančno oceno stanja populacije preraslolistega

dristavca bo potrebno ugotoviti njegovo stanje v obrežnem pasu tudi v pozni pomladi, ko se začne njihovo rastno obdobje.

Perifiton je bil odvzet na mestih, kjer je bil pas alg vzdolž brega najožji in ni bilo blatnega dna, ampak trdna podlaga. Med bentoškimi diatomejami je bila najpogostejša vrsta *Achnanthes minutissimum* v. *minutissimum* v vseh treh jezerih, saj gre za skupino, ki je značilna za alpski prostor (94% pogostost). Pogosta pa je bila tudi vrsta *Planothidium lanceolatum*, čeprav gre za vrsto, ki za alpski prostor ni značilna, pač pa za srednje in nizke nadmorske višine (< 200 m). Glede na naše rezultate za biološki element fitobentos lahko zaključimo, da Jezero na Planini pri jezeru kaže na večjo trofično in saprobno obremenjenost v primerjavi s 5. in 6. jezerom. Ni pa znano, kako perifitonske alge reagirajo na prisotnost nitastih zelenih alg, ki so jim v obrežnem pasu konkurenca tako za hranila kot tudi za svetlobo.

Zoobentos so v jezeru predstavljale le vrste, ki lahko živijo zakopane v blatu (polži, školjke, maloščetinci) ali pa se zadržujejo med gostimi sestoji makrofitov in/ali nitastih alg in so telesno dovolj majhni, da so za ribe nezanemljivi kot hrana. Kljub vsemu je bila količina zoobentosa majhna (le po nekaj predstavnikov posameznih vrst). Razlog je v načinu prehranjevanja rib, še zlasti koreslja, ki si hrano išče tudi na dnu in celo rije po površini mehkega sedimenta, s čemer ulovi tudi plitvo zakopane bentoške živali. S prehranjevanjem na blatnem dnu pa tudi kali vodo in pospešuje vračanje hranil in finega organskega materiala iz sedimenta v vodni stolpec, kar še povečuje obremenitev obrežnega dela jezera.

Ocena stanja: eutrofno stanje = zelo slabo ekološko stanje. Razlaga: glede na mejne vrednosti parametrov po kriteriju OECD (Tabela 8) je Jezero na Planini pri jezeru glede na večletne povprečne vrednosti celokupnega dušika opredeljeno kot eutrofno, čeprav je bilo v l. 2019 še v mejah, ki opredeljujejo mesotrofno stanje. Tudi večletno povprečje vrednosti celokupnega fosforja je v mejah, ki opredeljuje eutrofno stanje (31 – 100 µg P/L), dno jezera pa je celo v hipereutrofnem stanju. Podobno velja tudi za klorofil a in zelo slabe kisikove razmere na dnu jezera. Glede na prosojnost jezera pa je jezero na meji med mezotrofnim in eutrofnim stanjem. Glede na biološke komponente (fitoplankton, perifiton in zoobentos) je jezero v slabem oz. zelo slabem

ekološkem stanju, zlasti po merilih prisotnosti nitastih zelenih alg ter monokulture fitoplanktona. Fitoplanktonska vrsta *C. hirudinella* sicer nima indikativne vrednosti glede trofičnega stanja, a je prav zaradi monokulture to močno opozorilo na nenormalne razmere v jezeru. Tudi odsotnosti drugih vrst alg to močno opozorilo za slabo stanje vodnega stolpca.

6. Zaključki

Vsa tri obravnavana jezera so pod močnim človekovim vplivom, ki se odraža v obsežnem turističnem obisku v poletnem času in s tem povezanim delovanjem obeh koč – tako pri Dvojnem jezeru kot tudi pri Jezeru na Planini pri jezeru. V obeh kočah so bili v preteklosti že narejeni omilitveni ukrepi, da bi zmanjšali vpliv koč na jezerske ekosisteme. Drugi, po naši oceni močnejši vpliv imajo na jezera ribe, ki so bile v preteklosti vanje naseljene.

Dvojno jezero (5. in 6. triglavsko jezero) je bilo do l. 1991 v zelo dobrem ekološkem stanju, potem pa se je njuno stajanje zaradi naselitve rib začelo zelo naglo slabšati. O stanju Jezera na Planini pri jezeru pred naselitvijo rib ni zanesljivih podatkov, vendar je bilo leta 1991 že v eutrofnem stanju. Analize sedimenta so razkrile, da se je stanje po l. 1950, kmalu po naselitvi rib močno poslabšalo, in da so nekatere vrste, vključno z vodno bolho vrste *Daphnia longispina* izumrle ali se je njihovo število močno zmanjšalo (Brancelj in sod. 2000). Danes vrsta ponovno predstavlja pomemben zooplanktonski element v jezeru.

V primerjavi z l. 1991, ko so bile narejene prve analize fizikalnih, kemijskih in bioloških parametrov, se je stanje v vseh treh jezerih močno (Dvojno jezero) ali zmerno (Jezero na Planini pri jezeru) poslabšalo. Še vedno obstaja trend počasnega slabšanja, kar je podprto tudi z rezultati za obdobje 12 let (2002 – 2013), ko so se že zgodile največje spremembe v Dvojnem jezeru. Spremembe so nekoliko manj izrazite pri fizikalnih in kemijskih parametrih in bolj poudarjene pri bioloških. Največja sprememba je nedvomno ta, da je konec poletja v Jezeru na Planini pri jezeru zaradi množice nitastih alg izginila populacija preraslolistega dristavca, ki je v preteklosti tvoril goste sestoje do globine 1,5 m.

Omilitveni ukrepi, kot so prepoved uporabe mila v jezerih (oz. kopanje), izboljšanje delovanja biološke čistilne naprave, izlov rib, lahko slabšanje stanja omilijo, ne pa ustavijo ali celo obrnejo. Glavni problem je sedaj masa organskih snovi in hranil, ki so se v zadnjih desetletjih nabrali na dnu in ob razgradnji (gnitju), porabljajo kisik. To ni neugodno samo za živali (zooplankton, zoobentos), ampak vodi vrsto kemijskih procesov, ki vplivajo na kakovost vode. Ena od njih je, da se ob pomanjkanju kisika iz sedimenta sprošča fosfat. Le-ta se ob zadostnih količinah kisika v globini jezer veže v netopno obliko z železom, ki pa ob pomanjkanju kisika razpade na železov in fosfatni ion, ki se vrne v vodni stolpec in s tem pospeši rast alg (Slika 1). Te po odmrtnju padejo na dno, kjer gnijejo, ob tem se porablja kisik in pride ponovno do pomanjkanja kisika (anoksije) in s tem razpad železovega fosfata – in krog se ponovi. Proces kroženja je pravzaprav spirala, ki se z vsakim ciklom le poveča.

Za čim bolj uspešno ukrepanje bi bilo potrebno tudi ugotoviti stanje hranil tik pred, med in takoj po spomladanski homotermiji, ko se mineralne snovi (hranila) razporejajo po vodnem stolpcu in ustvarjajo pogoje za rast alg.

7. Literatura

- APHA, AWWA and WEF, 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th edition. United Book Press, Baltimore, pp. I-49.
- ARSO, 2004. Habitatni tipi Slovenije – tipologija; www.arso.gov.si/narava/poročila_in_publikacije/HabitatniTipiSlovenije2004.pdf (vpogled 14.10.2019).
- Bole, J., 1962. Mehkužci Triglavskega narodnega parka in okolice. (Mollusca: Gastropoda, Bivalvia). Varstvo narave, 1: 57- 85.
- Brancelj, A. (ur.), 2002: Visokogorska jezera v vzhodnem delu Julijskih Alp. Založba ZRC SAZU, Ljubljana, pp. 266.
- Brancelj, A., Blejec, A., 1994. Diurnal vertical migration of *Daphnia hyalina* Leydig, 1860 (Crustacea: Cladocera) in lake Bled (Slovenia) in relation to predation. Hydrobiologia, 284: 125-136.

- Brancelj, A., Šiško, M., Rejec Brancelj, I., Jeran, Z., Jačimović, R., 2000. Effects of land use and fish stocking on a mountain lake – evidence from the sediment. *Periodicum biologorum*, 102: 259-268.
- EUR 28, 2013. Interpretation manual of European Union habitats, https://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/docs/Int_Manual_EU28.pdf.
- Gams I., 1962. Visokogorska jezera v Sloveniji. *Geografski zbornik*, 7: 195-262.
- VGI, 1987: Slap Savice 011-2-3. Vojno-geografski inštitut, Beograd. (Gauss-Krügerjeva projekcija).
- Hofmann, G., Werum, M. & Lange-Bertalot, H. (2013). *Diatomeen im Süßwasser—Benthos von Mitteleuropa*. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. pp. [1]-908, 133 pls. Königstein: Koeltz Scientific Books.
- Jurkovšek, B., 1986. Osnovna geološka karta – list Beljak in Ponteba. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Kiauta, B., 1962. Odonati Triglavskega narodnega parka in okolice. *Varstvo narave*, 1: 99-117.
- Lazar, J., 1960. Alge Slovenije, seznam sladkovodnih vrst in ključ za določevanje. Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana, pp. 279.
- Leskošek, T., Brancelj A., 2009. Pod mirno gladino Dvojnega jezera se spreminja ekosistem. *Proteus*, 9/10: 398-408.
- MOP, 2008. Tipi površinskih voda za vrednotenje ekološkega stanja. (http://www.mop.gov.si/si/delovna_podrocja/voda/ekolosko_stanje_povrsinskih_voda/).
- MOP, 2017. Metodologija vrednotenja ekološkega stanja jezer na podlagi splošnih fizikalno-kemijskih elementov kakovosti. RS, Ministrstvo za okolje in prostor, pp. 26.
- Rejic, M., 1960a. Prispevek k poznavanju favne Slovenije (Crustacea, Copepoda, Diaptomidae, Temoridae). *Biološki vestnik*, 7: 65-67.
- Rejic, M., 1960b. Prispevek k favni Slovenije. *Biološki vestnik*, 7: 69-73.
- Rejic, M., 1962. Prispevek k favni Slovenije III. *Biološki vestnik*, 10: 63-68.
- Tarman, K., 1992. Osnove ekologije in ekologija živali. Državna založba Slovenije, Ljubljana, pp. 547.

TNP, 2019. Projekt »Vrh Julijcev«. (<https://www.bohinj.si/projekt-vrh-julijcev/>).

Wetzel, R., G., 2001. Limnology; Lake and River Ecosystems (3rd edition).

Philadelphia; pp.110.

8. Priloge

Fotografije:

- **Zgodovina**
- **Fotografije jezer – 2019**
- **Meritve in odvzem vzorcev na terenu – 2019**
- **Utrinki z jezer – 2019**
- **Nitaste zelene alge na bregu jezer – 2019**
- **Fotografije nekaterih alg iz jezer TNP**
- **Fotografije nekaterih živali iz jezer TNP**

Avtorji fotografij (abecedni vrstni red): Brancelj A., Eleršek T., Levičnik K.,
Pišek Szillich N., Redxepi B., Remec Rekar Š., [www - svetovni splet](http://www-svetovni-splet.si))

1) Zgodovina



Dvojno (5. jezero) iz zraka, posneto 16.10.2000. V zgornjem desnem kotu prvi grmiček lasastoliste vodne zlatice (med dvema skalama).



Dvojno (5. jezero) iz zraka, posneto 15.10.2006. Celoten breg jezera je že gosto porasel z grmički lasastoliste vodne zlatice. Enako tudi mlaka med obema jezeroma (spodaj levo).

2) Fotografije jezer – 2019



Dvojno (5. jezero) – pogled proti jugu; 26.8.2019



Dvojno (6. jezero) – pogled proti jugu; 27.8.2019



Jezero na Planini pri jezeru; 28.8.2019

3) Meritve in odvzem vzorcev na terenu – 2019



Terenska ekipa (B. Redxepi, N. Pišek Szillich; K. Levičnik; foto A. Brancelj)



Meritve fizikalnih lastnosti vodnega stolpca (temperatura, prevodnost, pH)



Priprave na odvzem bioloških vzorcev iz Jezera na Planini pri jezeru

4) Utrinki z jezer – 2019



Alge in lasastolisna zlatica ob bregu 5. jezera



Ribe ob bregu Jezera na Planini pri jezeru



Žeja ob Jezeru na Planini pri jezeru

5) Nitaste zelene alge na bregu Jezera na Planini pri jezeru – 2019



6) Fotografije nekaterih alg iz jezer TNP



Gomphonema truncatum



Stauroneis anceps



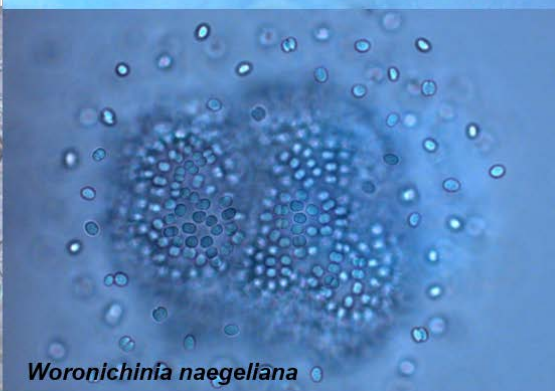
Ankistrodesmus falcatus



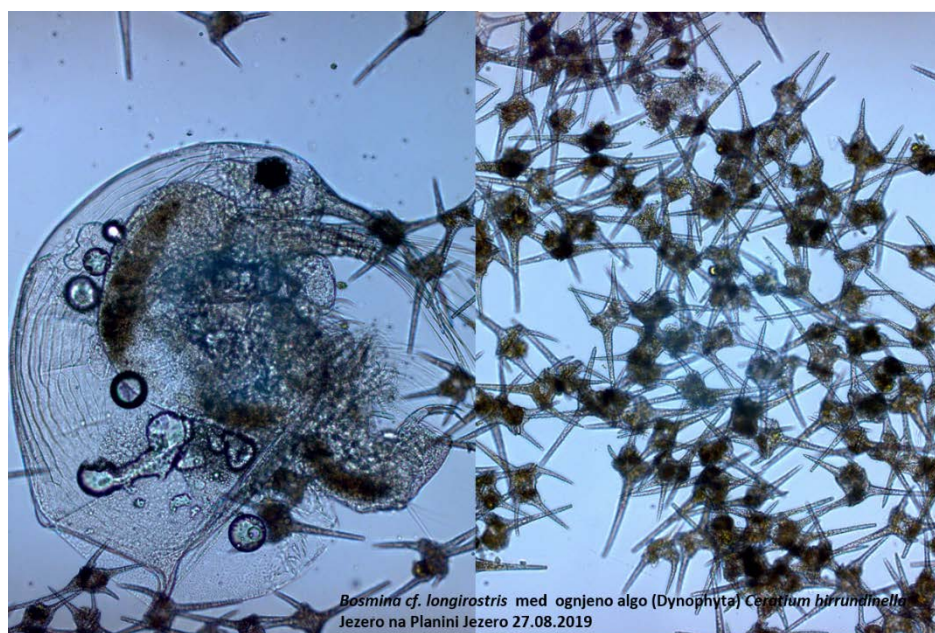
Paulschulzia tenera



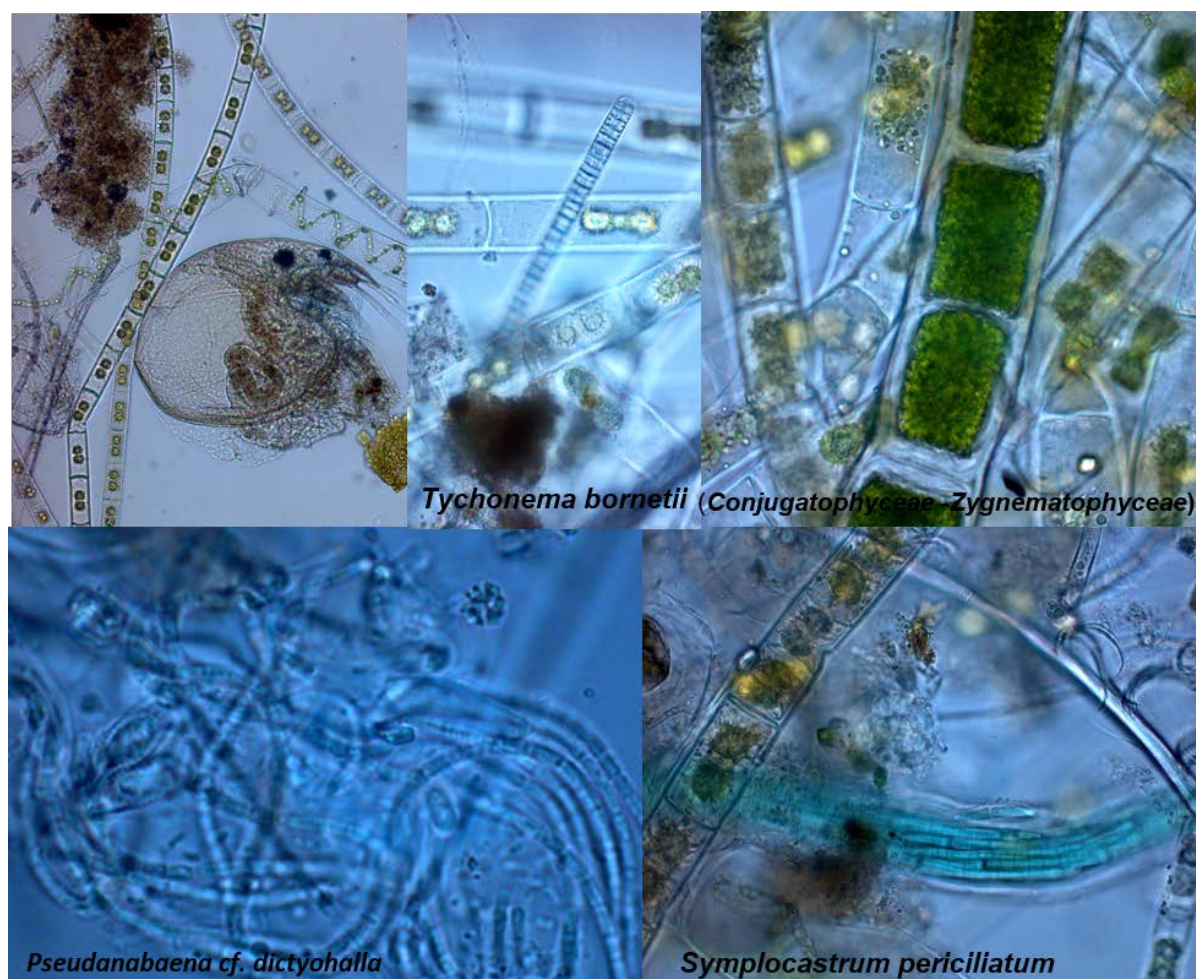
Coelastrum microporum, *Coconeis* sp.



Woronichinia naegelliana



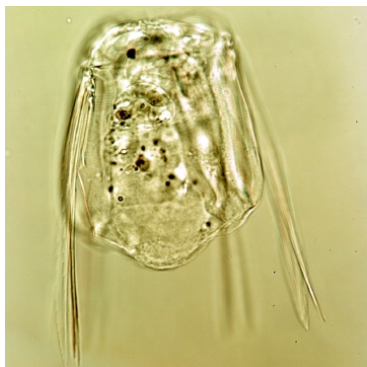
Zoo- in fitoplankton iz Jezera na Planini pri jezeru (*Bosmina longirostris* - levo in *Ceratium hirundinella* – desno).



7) Fotografije nekaterih živali iz jezer TNP



Keratella hiemalis
Rotatoria



Polyarthra dolichoptera
Rotatoria



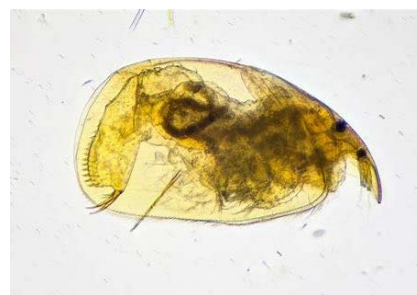
Pisidium cesarteum
Mollusca



Tubificidae
Oligochaeta



Erpobdella octoculata
Hirudinea



Alona affinis
Cladocera



Chydorus sphaericus
Cladocera



Daphnia longispina
Cladocera



Bosmina longirostris
Cladocera



Macrocyclus albidus
Copepoda – Cyclopoida



Cyclops strenuus
Copepoda – Cyclopoida



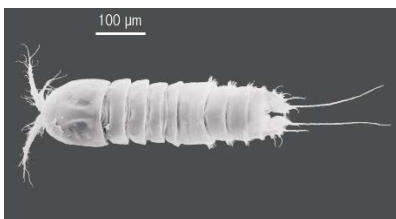
Eucyclops serrulatus
Copepoda – Cyclopoida



Arctodiaptomus alpinus
Copepoda – Calanoida



Acanthodiaptomus denticornis
Copepoda – Calanoida



Pseudomoraria triglavensis
Copepoda – Harpacticoida



Cypria ophthalmica
Ostracoda



ličinke dvokrilcev
Diptera – Chironomidae