

Spremljanje učinkov izvedbenih aktivnosti na Dvojnem jezeru

(Peto in Šesto Triglavsko jezero) – leto 2021

Vmesno poročilo



Ljubljana, oktober 2021

Projekt: Spremljanje učinkov izvedbenih aktivnosti na Dvojnem jezeru (Peto in Šesto Triglavsko jezero) – leto 2021/2022

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

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

Direktorica: prof. dr. Maja Ravnikar



PO POOBLASTILU DIREKTORJA

mag. Franc Potočnik

pomočnik direktorice za finančno
računovodsko področje

Vodja projekta: dr. Anton Brancelj

A handwritten signature in blue ink, representing dr. Anton Brancelj.

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

Za pomoč na terenu se zahvaljujemo:

- sodelavcu NIBa: dr. Žiga Ogorelec
- študentoma: Klemen Levičnik, Manuel Persoglia

1. Uvod

Poročilo je nadaljevanje raziskav na Dvojnem jezeru (v nadaljevanju 5. in 6. jezero), ki je bilo opravljeno v sklopu projekta »Vrh Julijcev« (<https://www.bohinj.si/projekt-vrh-julijcev/>) in ga financira Evropska Unija v okviru programa Evropski sklad za regionalni razvoj – Naložba v vašo prihodnost (TNP, 2019). Poročilo za leto 2019 je bilo v skladu s pogodbo izvedeno in oddano upravi TNP in se vsebinsko in metodološko nadaljuje v tem poročilu za leto 2021. Poročilo za stanje jezer v letu 2021 vsebuje rezultate kemijskih, fizikalnih in bioloških analiz, opravljenih 31.8. in 1.9.2021 na obeh jezerih, primerjavo s predhodnimi analizami oz. monitoringi, s poudarkom na primerjavi stanja za leto 2019, ter predlogi za raziskave v letu 2022, z namenom ugotavljanja stanja kakovosti obeh jezer ter predlogi za nadaljnje ukrepanje z izboljšanje njegovega stanja.

2. Metode

Bile so enake kot ob odvzemu vzorcev 2019 in v predhodnih raziskavah.

Izbor lokacij, terenska merjenja, odvzem vzorcev in opazovanja

Nad najglobljo točko vsakega jezera (Peto triglavsko jezero (= 5. jezero), Šesto triglavsko jezero (= 6. jezero), ki je bila predhodno določena na skici jezera, je bila:

- izmerjena največja trenutna globina jezera s pomočjo obteženega merilnega traku (na 0.5 m natančno),
- izmerjena prosojnost vodnega stolpca (bela ploščica /Secchi disk/, premera 20 cm; na 0,1 m natančno),
- izmerjena temperatura vode (T: °C), električna 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),
- odvzeti so bili vzorci za kvalitativne (= vrstna sestava) in kvantitativne analize (= biomasa) fitoplanktona in zooplanktona; uporabljene planktonske mreže tipa Eppstein z velikostjo okenc 20 μm (fitoplankton) in 60

- µm (zooplankton). Za vsako kategorijo (fitoplankton oz. zooplankton) so bili narejeni trije potegi od dna do površine in vsi potegi so bili združeni v enoten vzorec v 250 ml plastenki. Volumen precejene vode je bil: površina ustja mreže x globina x 3 potegi.
- odvzeti so bili vzorci za določitev koncentracije klorofila *a* na treh globinah sredi jezera (površina, srednja globina in dno). Na vsaki globini je bilo odvzetih 1,5 litra vode in prefiltriran tolikšen volumen vode, kot se je lahko precedil skozi filter, dokler se le-ta ni povsem zmašil. Vzorci na celuloznem filtru so bili shranjeni na temnem in hladnem prostoru do prenosa v laboratorij. V laboratoriju so bili vzorci do končne analize shranjena na -20 °C.
 - odvzeti so bili vzorci za kemijske analize vode na treh globinah sredi jezera (površina, srednja globina in dno) s pomočjo vzorčevalnika (model van Dorn, volumen 5 l). Z vsake globine je bilo za potrebe analiz odvzeto 1,5 l vode; na bregu je bilo prefiltrirano 50 ml vode preko 0,2 µm filtra za analize za ionsko kromatografijo ter neposredno iz vzorčevalnika shranjenih 250 ml vode za analize TOC, TP in TN.
 - v obrežnem pasu je bilo na globini 0,5 m na več mestih jezerske obale pobranih več vzorcev za analizo perifitona oz. fitobentosa in zoobentosa. Za vzorce perifitona je bilo izbranih pet kamnov v velikost pesti in z njih so bile s ščetko odstranjene alge, ki so bile nato shranjene v 250 ml plastenki. Za vzorce zoobentosa je bila uporabljena ročna mreža z velikostjo okenc 0,2 mm. Z brcanjem po dnu (metoda »kick sampling«) se je z dna dvignil sediment in tam živeče živali. Vzorčenje je trajalo tri minute in nato se je vsebino mreže shranilo v plastični posodi.
 - razporeditev in vrstno sestavo makrofitov je bila beležena po celem obodu jezera, poselitev posameznih vrst v globino pa je bila preverjena vizualno z brega ter dodatno s čolna ter s pomočjo grabilca (»mačka«), pritrjenega na vrv, s katerim so bile zajete rastline na dnu.
 - prisotnost dvoživk je bila ugotavljana vizualno.

Vzorci vode za določitev celokupnega ogljika (TOC), fosforja (P_{tot}) in dušika (N_{tot}) so bili nefiltrirani in shranjeni v 250 ml PVC plastenke. Vzorce za določitev količine

fosfata (PO_4^{3-}), nitrata (NO_3^-), nitrita (NO_2^-) in amonija (NH_4^+) so bili prefiltrirani skozi membranski filter (velikost por $0,2 \mu\text{m}$) in shranjeni v 50 ml PVC plastenki. Vsi vzorci za kemijske analize vode so bili do prenosa v laboratorij shranjeni na hladnem in v temnem prostoru (tudi med prenosom na terenu). V laboratoriju so bili shranjeni na 4°C .

Na jezerski obali so bili vzorci fitoplanktona, zooplanktona, perifitona in zoobentosa takoj shranjeni v 4% raztopini formalina in ustrezno označeni z lokacijo in datumom odvzema.

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

Kemijske in biološke analize v laboratoriju

Vse kemijske analize so bile opravljene po enakih protokolih kot v l. 2019. Enako velja za biološke analize.

Celokupni organski ogljik (TOC) in celokupni organski dušik (N_{tot}) je bil določen z zakisanjem vzorca (2M HCl) in prepihanjem s čistim kisikom. 50 ml vzorca je bilo takoj zatem injicirano v analizator (multi N/C, Analytic Jena). Organski ogljik se je pri 850°C pretvoril v CO_2 , dušik pa v NO_3 , katerih količine so bile potem odčitane na inštrumentu. Vrednosti so izražene kot mg C/L oz. mg N/L.

Celokupni fosfor (P_{tot}) je bil določen kot pretvorba polifosfatov in organskih fosfatov po zakisanju v ortofosfatne ione (PO_4^{3-}), ki so v prisotnosti amonijevega molibdata reagirali v fosfor-molibdenovo kislino. Koncentracija je bila določena z redukcijo molibdenovega modrega barvila, izmerjena pri valovni dolžini 880 nm (APHA, 1998).

Količina kationov in anionov (NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}) je bila izmerjena 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 je bil uporabljen faktor 4,43, za amonijak 1,23 in za fosfor v ortofosfatu faktor 5,27.

Za primerjavo rezultatov s prejšnjim vzorčenjem I. 2019 je bila določena tudi alkaliteta in kemijsko poraba kisika (KPK). Alkaliteta je bila določena s pomočjo Gran titracije z uporabo 0,01639N žveplove kisline do nevtralnega pH (=7.0). 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. Absorbanca je bila merjena 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 Turner Designs opremljenim s fluorescenčnim optičnim modulom za meritve koncentracij klorofila *a* z zakisanjem (ekscitacija ≤ 500 nm, emisija ≥ 665 nm).

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 (6-49/500 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.

Kvalitativne analize zooplanktona (= določanje vrstne sestave) so bile narejene do vrste in je bila ocenjena njihova relativna pogostost. Analize so vključevale skupine: kodačniki (Rotatoria), vodne bolhe (Cladocera) in ceponožce (Copepoda).

Kvantitativna analize zooplanktona (= biomasa) v letu 2021 ni bila možna, saj so bili v vzorcih le posamezni osebki kodačnikov in vodnih bolh, kar je bilo pod mejo detekcije analitske tehnice. Vzorci so bili na terenu odvzeti po ustaljeni metodi (glej zgoraj). Vzorci so bili v laboratoriju prefiltrirani preko predhodno stehtanega celuloznega filtra, sušeni 24 ur na 104 °C in stehtani na precizni tehtnici (na 1 mg natančno).

Analize zoobentosa so vključevale vse organizme, večje od 0,2 mm. Do vrste so bili določeni polži (Gastopoda) in školjke (Mollusca), raki dvoklopniki (Ostracoda), vodne bolhe (Cladocera), ceponožci (Copepoda). 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). V letu 2021 so bili odvzeti tudi vzorci zoobentosa za oceno biomase, a zaradi majhne količine živalskih organizmov (tako po velikosti kot po številu) in veliki biomasi alg, ki se je prepletala z živalskimi organizmi, ocena biomase zoobentosa ni bila opravljena, saj je bila pod mejo zaznavnosti tudi po odstranitvi alg. Metoda je bila enaka kot za zooplanktonski vzorec.

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 I. 2021 s predhodnimi raziskavami

Za ugotavljanje sprememb stanja, s poudarkom med letoma 2019 in 2021, so bili za izbrane fizikalne, kemijske in biološke parametre upoštevani podatki, zbrani iz predhodnega poročila. V vseh primerih so bili uporabljeni enaki/primerljivi inštrumenti in analitske metode. V primerjalni analizi so bili upoštevani podatki 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 biološke analize so bile upoštevane tabele iz predhodnega obdobja (t. j. 2019) in bile narejene primerjave z letom 2021.

Za vsak navedeni fizikalni in kemijski parameter je bila že v predhodnem poročilu za obdobje med I. 1992 in I. 2013 izračunana povprečna vrednost v tem obdobju ter določena najnižja (min.) in najvišja (max.) vrednosti teh parametrov na površini, v

sredini vodnega stolpca in na dnu jezera (glej poročilo za l. 2019). V tem poročilu so opravljene le primerjave med letoma 2019 in 2021. Navedene vrednosti imajo omejeno informativno vrednost, saj meritve odsevajo tudi vremenske in ekološke razmere nekaj dni pred odvzemom vzorcev.

3. Rezultati v letu 2021 in primerjava z letom 2019

(Podrobnejši numerični podatki za leto 2019 so v predhodnem poročilu)

Fizikalne in kemijske značilnosti vodnega stolpca izmerjene na terenu

Koordinate najglobljih točk v 5. jezeru, 6. jezeru, na katerih so bile opravljene terenske meritve in odvzem vzorcev vode in organizmov, so navedene v Tabeli 1 v predhodnem poročilu, prav tako batimetrični podatki (Slika 2) (poročilo TNP, 2019). Podatki za fizikalne parametre za leto 2021 za Dvojno jezero so navedeni v Tabeli 1.

Tabela 1: Vrednosti fizikalnih in kemijskih parametrov, izmerjenih v Dvojnem jezeru (Peto in Šesto jezero) v Triglavskem narodnem parku. Glob. – globina; Temp. – temperatura vode; Prevod. – električna prevodnost vode.

Peto (Dvojno) triglavsko jezero; 31.8.2021 ob 14.30; rahlo oblačno; rahlo vetrovno.

Globina jezera: 8,0 m. Prosojnost: 8,0 m (do dna).

Glob. (m)	Temp. (°C)	Prevod. (µS/cm)	Kisik (mg/L)	Kisik (%)	pH
0	8,6	163	10,9	110	7,42
1	7,6	164	10,7	105	7,42
2	6,7	168	10,7	105	7,43
3	6,0	169	10,4	100	7,43
4	5,4	170	10,4	100	7,42
5	5,4	171	10,4	100	7,39
6	5,4	172	10,4	100	7,38
7	5,5	192	10,2	98	7,35
8	5,4	258	9,8	90	7,31

Šesto (Dvojno) triglavsko jezero; 1.9.2021 ob 9.00; sončno; rahlo vetrovno. Globina jezera: 5,0 m. Prosojnost: 5,0 m (do dna).

Glob. (m)	Temp. (°C)	Prevod. (µS/cm)	Kisik (mg/L)	Kisik (%)	pH
0	8,0	160	10,7	105	7,41
1	7,9	160	10,4	100	7,41
2	7,5	162	10,4	100	7,40
3	7,0	163	10,4	100	7,39
4	6,6	182	10,0	93	7,38
5	6,5	222	9,8	90	7,35

Prosojnost

V obeh jezerih je bila prosojnost do dna.

V primerjavi z l. 2019 se je prosojnost v 5. jezeru izboljšala, v 6. pa je v obeh letih bila do dna. To je posledica dejstva, da je bila večina nitastih alg še pritrjenih na dnu in se niso nahajale v vodnem stolpcu.

Temperatura (Tabela 1)

V 5. in 6. jezeru je bila temperatura površinske vode 8,6 oz. 8,0 °C in je dokaj enakomerno upadala z globino. Temperatura na dnu 6. jezera (6,5 °C) je bila nekoliko višja kot v 5. jezeru (5,4 °C), kar je posledica manjše globine jezera in s tem večje intenzivnosti sončnega obsevanja in posledično intenzivnejšega segrevanja na jezerskem dnu.

Temperature v obeh jezerih so bile nekoliko nižje kot v l. 2019, kar je posledica kratkega hladnega obdobja pred vzorčenjem l. 2021.

Prevodnost (Tabela 1)

V obeh jezerih je prevodnost vode razmeroma enakomerno naraščala od površine proti dnu. V 5. jezeru je naraščala z vrednosti 163 µS/cm na površini na 182 µS/cm v globini 7 m. V najglobljem delu jezera (8 m) pa je narasla na vrednost 258 µS/cm. V 6. jezeru je naraščala z vrednosti 160 µS/cm na površini na 182 µS/cm v globini 4 m in dosegla vrednost 222 µS/cm na globini 5 m.

V primerjavi z letom 2019 ni bilo opaziti bistvenih razlik, z rahlimi razlikami tik nad jezerskim dnom, kjer pa se vrednosti lahko značilno spreminjajo že na razdalji 0,5m ali še manj.

Kisik (Tabela 1)

V 5. jezeru je absolutna količina kisika (mg/L) v vodnem stolpcu nihala med 10,9 mg/L (na površini) in 9,8 mg/L (na dnu), kar je enako relativni nasičenosti med 110 % in 90 %. Podobno je bilo v 6. jezeru, kjer so bile absolutne koncentraciji kisika v vodnem stolpcu med 10,7 mg/L (na površini) in 9,8 mg/L (na dnu) oz. med 105 % in 90 % relativne nasičenosti. Po celotni površini obeh jezer, še posebej pa v obrežnem pasu, so se v času obiska sproščali mehurčki, kot posledica intenzivne fotosinteze, tako nitastih zelenih alg kot tudi lasastolistne vodne zlatice.

Kisikove razmere so bile v obeh jezerih v vodnem stolpcu podobne kot l. 2019. Izjema je sloj pri dnu v 5. jezeru, kjer je bila nasičenost s kisikom večja kot l. 2019, kar je posledica večje prosojnosti jezera in s tem intenzivnejše fotosinteze na njegovem dnu.

Zakisanost / pH (Tabela 1)

Vrednosti pH se v vodnem stolpcu 5. jezera ni bistveno razlikovala med površino in dnom (7,42 na površini in 7,31 na dnu). Vrednosti v 6. jezeru so bile podobne in so prav tako upadale od površine proti dnu (7,41 na površini in 7,35 na dnu).

Vrednosti so bile v 5. jezeru podobne tistim v l. 2019, medtem ko so bile v 6. jezeru nekoliko nižje – v okviru 0,1-0,3 enote, a so bile še vedno v dolgoletnem povprečju.

Fizikalni, kemijski in biološki parametri, izmerjeni v laboratoriju

Alkaliteta (Tabela 2)

Alkaliteta kot pokazatelj količine raztopljenega apnenca v vodi ($\text{mg CaCO}_3/\text{L vode}$), predstavlja faktor kapacitete, ki meri sposobnost vode, da nevtralizira reakcijo s kislino. Vrednost je v obeh jezerih rahlo naraščala od površine proti dnu, le da je bila v 6. jezeru nekoliko nižja. V 5. in 6. jezeru so bile vrednosti na površini 1690 meq/L

oz. 1610 meq/L (tudi kot posledica predhodnega dežja) ter 1750 meq/L oz. 1670 meq/L na dnu.

Vrednosti v l. 2021 so bile nekoliko nižje v primerjavi s tistimi iz l. 2019, vendar blizu dolgoletnega povprečja.

Tabela 2: Vrednosti fizikalnih, kemijskih in bioloških parametrov, izmerjenih v obeh jezerih Dvojnega jezera v Triglavskem narodnem parku. Glob. – globina; 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; 31.8.2021 ob 14.30; delno oblačno; rahlo vetrovno.

Globina jezera: 8,0 m. Prosojnost: 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	1690	0,60	2,25	0,74	0,26	<0,10	<0,05	<0,002	0,26
S = 4	1690	0,43	1,94	0,83	0,26	<0,10	<0,05	<0,002	1,96
D = 8	1750	2,40	2,54	0,92	0,33	<0,10	<0,05	<0,002	18,61

Šesto (Dvojno) triglavsko jezero; 1.9.2021 ob 9.00; sončno; rahel veter. Globina jezera:

5,0 m. Prosojnost: 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	1610	0,77	1,19	0,45	0,17	<0,10	<0,05	<0,002	0,24
S = 2,5	1680	0,83	1,81	0,49	0,23	<0,10	<0,05	<0,002	0,11
D = 5	1670	0,71	1,69	0,45	0,24	<0,10	<0,05	<0,002	0,54

Kemijska poraba kisika (Tabela 2)

Kemijska poraba kisika (KPK) je merilo za vsebnost organskih snovi, ki se oksidirajo s kisikom. Je primerljiva oz. vzporedna s koncentracijo celokupnega ogljika. V jezerih je tako tudi pokazatelj razporeditve fitoplanktona in zooplanktona. Vrednosti KPK so

bile v obeh jezerih bistveno nižje kot je bila trenutna koncentracija kisika na določeni globini. V 5. jezeru so bile vrednosti 0,6 mg O₂/L na površini, 0,43 mg O₂/L v sredini in 2,4 mg O₂/L na dnu vodnega stolpca. To je bilo malo več kot v 6. jezeru, kjer je bila vrednost 0,77 mg O₂/L na površini, 0,83 mg O₂/L v sredini ter 0,71 mg O₂/L na dnu vodnega stolpca.

Vrednosti so bile v I. 2021 nižje kot I. 2019, kar je skladno tudi z drugimi rezultati (manjša količina biomase v vodnem stolpcu v I. 2021). Večina biomase, ki največ prispeva k vrednostim KPK, je bila še vedno v plasti tik nad dnom, fitoplanktona in zooplanktona pa je bilo v vodnem stolpcu zelo malo.

Celokupni organski ogljik (Tabela 2)

Predstavlja količino žive in nežive organske snovi. V 5. jezeru je količina nihala med 2,25 mg/L na površini, 1,94 mg/L v sredini in 2,54 mg/L na dnu jezera. V 6. jezeru so bile vrednosti nekoliko nižje in so bile 1,19 mg/L na površini, 1,81 mg/L na sredini ter 1,69 mg/L na dnu.

Vrednosti za celokupni organski ogljik so bile v I. 2021 precej nižje kot v I. 2019, kar je posledica tega, da v I. 2021 v vodnem stolpcu še ni bilo delov (kosmov) bentoških nitastih zelenih alg in tudi količina fitoplanktona in zooplanktona je bila zelo nizka. To se ujema s podatki o vrednostih KPK (navedeno zgoraj).

Celokupni dušik (Tabela 2)

Predstavlja vse oblike dušikovih spojin v vodnem stolpcu (izražen kot N/L). V 5. jezeru so bile vrednosti nekoliko višje kot v 6. jezeru, a so bile relativno nizke. V 5. jezeru so bile vrednosti: 0,74 mg/L na površini; 0,83 mg/L na sredini in 0,92 mg/L na dnu. V 6. jezeru so bile vrednosti: 0,17 mg/L na površini, 0,23 mg/L v sredini in 0,24 mg/L na dnu).

Vrednosti celokupnega dušika se v 5. jezeru I. 2021 ni bistveno razlikovala od I. 2019, medtem ko so bile vrednosti v 6. jezeru značilno nižje v primerjavi z I. 2019.

Nitrat (Tabela 2)

Vrednosti nitrata so obeh jezerih sledile vzorcu razporeda celokupnega dušika.

Najvišje so bile v 5. jezeru: 0,26 mg NO₃-N/L (= 1,16 mg NO₃/L) na površini, 0,26 mg NO₃-N/L (=1,16 mg NO₃/L) v sredini in 0,33 mg NO₃-N/L (=1,48 mg NO₃/L) na dnu vodnega stolpca. V 6. jezeru so bile vrednosti nekoliko nižje: 0,17 NO₃-N mg NO₃/L (= 0,75 mg NO₃/L) na površini, 0,23 NO₃-N mg NO₃/L (= 1,00 mg NO₃/L) v sredini in 0,25 NO₃-N mg NO₃/L (= 1,05 mg/L) na dnu vodnega stolpca.

Vrednosti nitrata so bile v 5. jezeru v l. 2021 nekoliko nižje kot v l. 2019, medtem ko so bile v 6. jezeru podobne kot v l. 2019.

Nitrit in Amonij (Tabela 2)

Zaradi visokih koncentracij kisika v obeh jezerih nismo ugotovili prisotnosti nitrita in amonija. Stanje je enako kot v l. 2019.

Celokupni fosfor in ortofosfat (Tabela 2)

Celokupni fosfor (P_{tot}) je bil v obeh jezerih pod mejo zaznavnosti inštrumenta, t. j. < 0,01 mg /L. Enako velja za ortofosfat PO₄³⁻P (< 0,002 mg/L).

V l. 2021 je bilo celokupnega fosforja v vodnem stolpcu manj kot l. 2019, kar je posledica majhne celokupne mase planktonskih organizmov.

Klorofil a (Tabela 2)

Količina klorofila je bila v 5. jezeru v zgornjem delu stolpca relativno nizka (0,26 µg Chla/L), je pa močno narasla na dnu jezera (18,61 µg Chla/L) kot posledica velike koncentracije nitastih zelenih alg, ki so se (še vedno) zadrževale na dnu jezera, a so se posamezni kosmi že trgali od dna. V 6. jezeru je bilo na površini 0,24 µg Chla/L), na dnu pa 0,54 µg Chla/L). V 5. jezeru je bila prevleka zelenih alg še vedno tesno pritrjena na jezersko dno. V vodnem stolpcu so bili prisotni le posamezni kosmi alg.

Zaradi specifičnih vremenskih razmer je obe leti težko primerjati. V obeh letih je bila koncentracija klorofila na površini majhna. Z globino se je povečevala, vendar je bila

koncentracija odvisna od tega, kako visoko so se že dvignile nitaste zelene alge v vodni stolpec.

Biomasa fitoplanktona, zooplanktona in zoobentosa

Biomasa fitoplanktona je v neposredni povezavi z količino klorofila, zato se koncentracija klorofila uporablja kot aproksimacija biomase. V literaturi je najpogosteje navedeno, da klorofil predstavlja 1% celotne biomase planktonskih alg.

Biomasa zooplanktona ($> 60 \mu\text{m}$) je bila, po treh potegih s planktonsko mrežico in posušena na 104°C , pod mejo detekcije – $<1,0 \text{ mg}$ (upoštevajoč volumen precejene vode). V 5. jezeru je bilo precejenih 750 l vode, v 6. jezeru pa 470 l.

Vzorčenje bentosa je zaradi obilice alg v litoralnem delu predstavljalo velik problem, saj so se je v množici alg nahajali le posamezni osebki večji od 0,2 mm, zato njihova biomasa ni bila izmerjena. Vzorci so bili zaradi obilice alg, ki so zamašile mreže, lahko odvzeti le na majhnih površinah. Tudi številčna ocena osebkov na površino obale je bila zaradi tega onemogočena. Vsekakor velja, da je bilo na m^2 obale v letu 2021 zelo malo bentoških organizmov.

Fitoplankton

(slike nekaterih predstavnikov so v Prilogi 8 v poročilu za l. 2019)

Tabela 3: Seznam planktonskih vrst alg v obeh jezerih Dvojnega jezera v

Triglavskem narodnem parku v letu 2021 in 2019: Peto triglavsko jezero – 5. TJ, Šesto triglavsko jezero – 6. TJ; x – nekaj celic; x(+) – prisotna le v letu 2021; x(++) – prisotna leta 2019 in 2021; (-) – odsotna v letu 2021; * – nitaste zelene alge (bentos); # - perifiton na nitastih algah.

VIŠJA TAKSONOMSKA ENOTA	Vrsta	5. TJ 30.08.	6. TJ 01.09.
Bacillariophyceae	<i>Fragilaria crotonensis</i>	x(++)	x(++)
Chlamydomonadales	<i>Paulschulzia tenera</i>	(-)	(-)
Cyanophyceae - Phormidiales	<i>Tychonema tenue</i>	x(+)	x(+)
Cyanophyceae - Synechococcales	<i>Woronichinia naegeliana</i>	(-)	(-)

	<i>Woronichinia fusca</i>	(-)	(-)
	<i>Cyanobium</i> sp.	x(+)	x(+)
	<i>Merismopedia glauca</i>	x(+)	x(+)
	<i>Synechocystis aquatilis</i>	x(+)	x(+)
Cyanophyta	<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>dictyohalla</i> [#]	(-)	(-)
	<i>Phormidium amoenum</i> [#]	(-)	(-)
	<i>Phormidium lucidum</i> [#]	(-)	(-)
	<i>Symplocastrum periciliatum</i> [#]	(-)	(-)
	<i>Tychonema bornetii</i> [#]	(-)	(-)
Conjugatophyceae - Zygnematophyceae	<i>Meguetotia</i> sp.*	x(++)	x(++)
	<i>Spirogyra</i> spp.*	x(++)	x(++)
	<i>Zygnema</i> spp.*	x(++)	x(++)
Desmiales	<i>Cosmarium meneghinii</i>	x(+)	x(+)
Dynophyta	<i>Ceratium hirundinella</i>	(-)	(-)
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>	(-)	(-)
Skupaj taksonov / vrst (leto 2021)		11+3*	11+3*
Taksoni/vrste odsotne v l. 2021 a prisotne v l. 2019		10	10

V 5. in 6. jezeru so bile posamično prisotne celice 11 pravih planktonskih vrst alg (Tabela 3), ki pa niso oblikovale večjih planktonskih populacij. Vse vrste so bile prisotne le z majhnim številom celic na volumsko enoto. Prisotni so bili tudi posamezni delčki nitastih zelenih alg Conjugatophyceae - Zygnematophyceae, glavnina pa se je še zadrževala ob dnu obeh jezer.

Vrstna sestava alg v letu 2021 se razlikuje od sestave v letu 2019 predvsem zaradi odsotnosti 10 vrst v l. 2021. Vzrok je najverjetneje ta, da je bilo leta 2021 v vodnem stolpcu zelo malo hranil, ki so jih zadrževale preproge nitastih zelenih alg na dnu jezera in tudi bogato zaraščeni obrežni sloj – z makrofiti in zelenimi nitastimi algami. Več vrst, najdenih v vodnem stolpcu v letu 2019 je pripadalo t. i. metafitonski oz. epifitski združbi, ki se pojavi v vodnem stolpcu takrat, ko se nitaste alge ločijo od dna

in preidejo v vodni stolpec in so tesno povezane z nitastimi algami – uporabljajo jih namreč kot podlago za rast. V letu 2019 so bile nitaste zelene alge že v stolpcu, zato tudi večja biodiverzitetata alg in delno tudi povečana koncentracija hranil, ki so jih nitaste alge ob začetku odmiranja iz sedimenta prenesle v vodni stolpec.

Zooplankton

(slike nekaterih predstavnikov so v Prilogi 8 v poročilu za l. 2019)

Tabela 4: Seznam zooplanktonskih vrst v obeh jezerih Dvojnega jezera v

Triglavskem narodnem parku v letu 2021 in 2019: Peto triglavsko jezero – 5.

TJ, Šesto triglavsko jezero – 6. TJ; x – nekaj osebkov; xx- pogosta; x(+) –

prisotna le v letu 2021; x(++) – prisotna leta 2019 in 2021; * – bentoška vrsta.

VIŠJA TAKSONOMSKA ENOTA	Vrsta	5. TJ 31.08.	6. TJ 01.09.
Rotifera - kotačniki	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	x(++)	
	<i>Keratella quadrata</i> (Gosse, 1851)	x(++)	
	<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson, 1925)	xx(++)	x(++)
	<i>Trichocerca cf. longiseta</i> (Schrank, 1802)	x(++)	x(++)
Cladocera- vodne bolhe	<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)*		x(+)
	<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)*		x(+)
	<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1776)*	x(++)	x(++)
Copepoda – ceponožci	<i>Calanoida</i> – naupliji (verjetno rod <i>Arctodiaptomus</i>)	x(+)	
	<i>Canthocamptus staphylinus</i> (Jurine, 1820)*		x(+)
	<i>Euyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)*		x(+)
	<i>Cyclopoida</i> – naupliji (verjetno rod <i>Eucyclops</i>)		x(++)
Ostracoda - dvoklopniki	<i>Cypria ophthalmica</i> (Jurine, 1820)*		x(+)
Skupaj taksonov / vrst		6	9

V 5. in 6. jezeru je bilo v zooplanktonskih vzorcih v l. 2021 ugotovljenih 6 (5. jezero) oz. 9 vrst (6. jezero), ki pa so bili zelo redki in so bili zastopani le z majhnimi osebki (velikosti do 0,1 – 0,3 mm) (Tabela 4). Po številu osebkov je nekoliko izstopala le majhna vrsta kotačnika *Polyarthra dolichoptera*. Je predstavnik vrst, ki jih pred letom 2019 ni bilo v jezeru. Razen dodatnih treh vrst iz skupine Rotatoria ter nauplijev iz

skupine Copepoda, so predstavniki vseh ostalih vrst v zooplanktonskih vzorcih prebivalci jezerskega dna (bentoški organizmi), ki so se zgolj slučajno znašli v vzorcih – in vedno s posameznimi osebki. Obema jezeroma so bile skupne le tri vrste: dve planktonski in ena bentoška (Tabela 4). Bentoške vrste so prevladovala v plitvejšem 6. jezeru. Njihova prisotnost v vodnem stolpcu je tudi posledica tega, da sta obe jezera razmeroma plitvi. Verjetno so bili zajeti tik nad jezerskim dnom.

Primerjava zooplanktonske sestave med letoma 2019 in 2021 ne kaže bistvene razlike med pravimi planktoni. Je pa nekoliko več bentoških vrst v vzorcih v letu 2021 v 6. jezeru, vendar jo lahko upoštevamo le kot naključni pojav in posledico razmeroma nizkega vodostaja.

Perifiton

(slike nekaterih predstavnikov so v Prilogi 8 v poročilu za l. 2019)

Tabela 5: Seznam perifitonskih kremenastih alg (Bacillariophyta) in njihova relativna prisotnost v obeh jezerih Dvojnega jezera v Triglavskem narodnem parku v letu 2021 in 2019: Peto triglavsko jezero – 5. TJ, Šesto triglavsko jezero – 6. TJ; 3 – zelo pogosta vrsta: > 10% lupinic; 2 – prisotna vrsta: 1-10 % lupinic; 1 – redka vrsta: < 1 % lupinic; x(+) – prisotna le v letu 2021; x(++) – prisotna leta 2019 in 2021; (-) – odsotna v letu 2021.

ime - šifrant ARSO	novo ime (Hoffman et al. 2013)	5. TJ 31.08.	6. TJ 01.09.
<i>Achnantes conspicua</i>	<i>Plantesa conspicua</i>		1(++)
<i>Achnantes flexella</i>	<i>Eucocconeis felxella</i>	(-)	(-)
<i>Achnantes helvetica</i>	<i>Psammothidium helveticum</i>	1(++)	
<i>Achnantes lanceolata</i>	<i>Planothidium lanceolatum</i>	1(++)	2(++)
<i>Achnantes minutissima</i>	<i>Achnanthidium minutissimum</i>	3(++)	3(++)
<i>(Achnanthidium sp.</i>		(-)	1(++)
<i>Amphora ovalis</i>		(-)	
<i>Amphora pediculus</i>		(-)	(-)
<i>Amphora sp.</i>			1(+)
<i>Anomoeneis vitrea</i>			(-)
<i>Asterionella formosa</i>		(-)	
<i>Aulacoseira sp.</i>		(-)	(-)
<i>Caloneis alpestris</i>		1(+)	2(+)
<i>Caloneis silicula</i>		1(+)	1(++)
<i>Caloneis lacentula</i>	<i>Caloneis lacenttula</i>	(-)	

<i>Craticula cuspidata</i>		1(+)	
<i>Cyclotella radiosa</i>		(-)	2(++)
<i>Cyclotella</i> sp.		1(+)	2(++)
<i>Cymatopleura solea</i>		(-)	
<i>Cymbella affinis</i>		1(++)	2(++)
<i>Cymbella amphycephala</i>	<i>Cymbopleura amphycephala</i>	(-)	
<i>Cymbella caespitose</i>	<i>Encyonema caespitosum</i>	2(++)	1(++)
<i>Cymbella cistula</i>	<i>Cymbella neocistula</i>	1(++)	1(++)
<i>Cymbella ehrenbergii</i>	<i>Cymbopleura inaequalis</i>	(-)	1(+)
<i>Cymbella gracilis</i>	<i>Encyonema neogracile</i>	1(++)	(-)
<i>Cymbella leptoceros</i>	<i>Cymbella neoleptoceros</i>		1(++)
<i>Cymbella microcephala</i>	<i>Enyonopsis microcephala</i>	(-)	1(++)
<i>Cymbella minuta</i>	<i>Encyonema minutum</i>	2(++)	3(++)
<i>Cymbella reichardtii</i>	<i>Encyonemareichardtii</i>		1(+)
<i>Cymbella silesiaca</i>	<i>Encyonema silesiacum</i>	1(++)	2(++)
<i>Cymbella sinuata</i>	<i>Reimeria sinuata</i>	2(++)	
<i>Cymbella subaequalis</i>	<i>Cymbopleura subaequalis</i>	(-)	(-)
<i>Cymbopleura cuspidata</i>		1(+)	1(+)
<i>Delicata delicatula</i>		1(+)	
<i>Denticula tenuis</i>		3(++)	3(++)
<i>Diatoma vulgare</i>		(-)	(-)
<i>Didymopshaenia geminata</i>		1(++)	
<i>Diploneis elliptica</i>		(-)	(-)
<i>Diploneis minuta</i>		(-)	(-)
<i>Diploneis krammeri</i>	<i>Diploneis ovalis</i>	(-)	(-)
<i>Epithemia</i> sp.		(-)	1(++)
<i>Eunotia praerupta</i>		(-)	
<i>Fallacia subhamulata</i>		1(+)	
<i>Fragilaria arcus</i>		(-)	
<i>Fragilaria construens</i>	<i>Fragilaria construens</i>	(-)	
<i>Fragilaria crotonensis</i>		2(++)	
<i>Fragilaria parasitica</i>		(-)	(-)
<i>Fragilaria pinnata</i>		2(++)	1(++)
<i>Fragilaria ulna acus</i>		1(++)	
<i>Fragilaria ulna ulna</i>		1(++)	1(++)
<i>Gomphonema acuminatum</i>			1(++)
<i>Gomphonema angustum</i>		2(++)	1(++)
<i>Gomphonema clavatum</i>		(-)	(-)
<i>Gomphonema minutum</i>		1(++)	1(++)
<i>Gomphonema</i> sp.		1(++)	1(++)
<i>Hannaea arcus</i>		1(+)	
<i>Hantzschia amphioxys</i>		(-)	(-)
<i>Navicula atomus</i>	<i>Mayamaea atomus</i>	(-)	
<i>Navicula clementis</i>	<i>Placoneis clementis</i>	(-)	
<i>Navicula contenta</i>	<i>Diadesmis contenta</i>	(-)	(-)
<i>Navicula cryptotenella</i>		1(++)	2(++)
<i>Navicula gregaria</i>		1(++)	
<i>Navicula laevisissima</i>	<i>Sellaphora laevisissima</i>	1(++)	(-)
<i>Navicula menisculus</i>		1(++)	
<i>Navicula pupula</i>	<i>Sellaphora pupula</i>	(-)	1(++)
<i>Navicula radiosa</i>		1(++)	1(++)

<i>Navicula reichardtiana</i>		1(++)	
<i>Navicula schoenfeldii</i>	<i>Geissleriana schoenfeldii</i>	1(++)	1(++)
<i>Navicula</i> sp.		1(++)	1(++)
<i>Navicula tripunctata</i>		1(+)	2(+)
<i>Navicula trivialis</i>		(-)	(-)
<i>Neidium dubium</i>		(-)	(-)
<i>Nitzschia angusta</i>		1(++)	
<i>Nitzschia acicularis</i>		1(+)	2(+)
<i>Nitzschia angustatula</i>			(-)
<i>Nitzschia fotnicola</i>		(-)	
<i>Nitzschia linearis</i>		(-)	(-)
<i>Nitzschia palea</i>		(-)	1(++)
<i>Nitzschia paleacea</i>			1(++)
<i>Nitzschia</i> sp.		1(++)	1(++)
<i>Pinnularia borealis</i>		(-)	
<i>Pinnularia microstauron</i>		1(++)	1(++)
<i>Pinnularia viridis</i>		1(++)	
<i>Pinnularia</i> sp.		2(+)	1(++)
<i>Placoneis placentula</i>		1(+)	
<i>Sellaphora bacillum</i>		1(+)	
<i>Stauroneis anceps</i>		(-)	(-)
<i>Surirella angusta</i>		(-)	
<i>Surirella bifrons</i>			(-)
<i>Surirella minuta</i>		(-)	
Skupaj taksonov – 2021 (2019)		44 (66)	39 (54)
Skupnih taksonov 2019 + 2021		31	32
Število izginulih taksonov iz 2019		37	21
Število novih taksonov 2021		13	7
Skupno število taksonov v obeh jezerih		24	24

Tabela 6: Seznam rodov perifitonskih alg (brez kremenastih alg) v obeh jezerih Dvojnega jezera v Triglavskem narodnem parku v jeseni leta 2021: Peto triglavsko jezero – 5. TJ, Šesto triglavsko jezero – 6. TJ; x – prisoten taxon.

VIŠJA TAKSONOMSKA ENOTA	Rod	5. TJ 31.08	6. TJ 01.09.
CYANOPHYTA	<i>Aphanothece</i>		x
	<i>Aphanocapsa</i>		x
	<i>Calothrix</i>	x	x
	<i>Homoeothrix</i>	x	x
	<i>Leptochaete</i>	x	x
	<i>Lyngbia</i>	x	x
	<i>Nostoc</i>	x	x
	<i>Phormidium</i>	x	x
	<i>Plectonema</i>	x	x
	<i>Pleurocapsa</i>	x	x
	<i>Pseudanabae</i>	x	x
CHRYSTOPHYCEAE	<i>Chromulina</i>		x
PYROPHYTA	<i>Gymnodinium</i>		x

	<i>Peridinium</i>		x
	<i>Trachelomona</i>		x
CHLOROPHYCEAE	<i>Characium</i>	x	
	<i>Chlorella</i>		x
	<i>Chlorococcum</i>	x	x
	<i>Planctosphaera</i>	x	x
	<i>Scenedesmus</i>		x
CONJUGATAE	<i>Cosmarium</i>	x	x
	<i>Mougeotia</i>	x	x
	<i>Spirogyra</i>		x
	<i>Staurastrum</i>	x	x
	<i>Zygnema</i>		x
Skupaj taksonov – 2021 (2019)		15 (16)	24 (27)

Fitobentoške združbe obeh jezerih so bile relativno bogate (Tabeli 5 in 6). V obeh jezerih skupaj je bilo določenih 115 vrst oz. taksonov, kar je skupno nekoliko več kot v letu 2019 (102 vrsti oz. taksona) (za podrobnosti glej komentar spodaj). V 5. jezeru je bilo v l. 2021 59 taksonov oz. vrst (l. 2019: 82), med katerimi je 44 vrst pripadalo skupini kremenastih alg (diatomeje = Bacillariophyta). Ostale skupine v tem jezeru so bile modrozeleni cepeljivke (Cyanophyta), zastopane z 9 taksoni, zelene alge (Chlorophyta) s 3 taksoni in jarmovke (Conjugatae) s 3 taksoni.

V 6. jezeru je bilo v letu 2021 določenih skupaj 63 taksonov oz. vrst (l. 2019: 81), od katerih je 39 vrst pripadalo skupini kremenastih alg (Bacillariophyta). Ostale alge so pripadale skupinam modrozelenih cepeljivk (Cyanophyta) in sicer 11 taksonov, zelenim algam (Chlorophyta), zastopane s 4 taksoni in jarmovkam (Conjugatae) s 5 taksoni. Poleg teh so se v manjšem številu celic pojavile še zlatorjave alge (Chrysophyta) z 1 taksonom in rdeče alge (Pyrophyta) s 3 taksoni.

24 vrst kremenastih alg ter 14 taksonov iz ostalih skupin, je bilo skupnih obema jezeroma v l. 2021 (Tabeli 5 in 6). Ekskluzivnih vrst v l. 2021 (prisotnih samo v enem od jezer) je bilo 15 v 5. jezeru (14 vrst diatomej in ena iz drugih skupin) ter 22 v 6. jezeru (13 vrst diatomej in ena iz drugih skupin).

Poleg splošnega upada števila vrst kremenastih alg v obeh jezerih, od 66 v l. 2019 na 44 v l. 2021 v 5. jezeru ter od 54 v l. 2019 na 39 v l. 2021, je upadlo tudi število vrst, ki so bile najdene v obeh jezerih - s 42 v l. 2019 na 24 v l. 2021.

Primerjava vrstne sestave kremenastih alg med letoma 2019 in 2021 pokaže, da je bilo v obeh letih prisotnih skupaj 31 vrst v 5. jezeru in 32 v 6. jezeru. V l. 2021 ni bilo ugotovljenih 37 vrst, ki so bile prisotne v l. 2019 v 5. jezeru ter 21 vrst, ki so bile prisotne v 6. jezeru. Obenem se je število novih vrst v l. 2021 povečalo za 13 vrst v 5. jezeru in 7 v 6. jezeru.

Razmeroma velike razlike med obema letoma zlasti pri diatomejah imajo lahko več vzrokov, ki jih v tako kratkem času (2019-2021) ni možno razložiti. Vzroki za spremembe so lahko: I) vse manjkajoče vrste v l. 2021 so bil v l. 2019 v vzorcih zastopane posamič, tako da obstaja možnost, da v l. 2021 niso bile zaznane; II) zaradi intenzivne prerasti nitastih alg v obrežnem delu v l. 2021 niso mogle razviti dovolj velikih populacij bodisi zaradi pomanjkanja hranil ali pomanjkanja svetlobe. Pojav »novih« vrst, ki so prav tako označene kot »redke vrste«, je prav tako lahko povezan z dejstvom: I) da so bile prisotne že v preteklosti, a so bile tako redke, da niso bile zajete pri vzorčenju; II) da so bile razmere ob odvzemu vzorcev v l. 2021 zanje bolj ugodne kot za druge vrste in so zaradi odsotnosti konkurence lahko povečale svoje populacije.

Vsekakor pa je nesporno, da je število vrst kremenastih alg v l. 2021 precej nižje kot v l. 2019. Najverjetnejša razlaga je, da je gost preplet nitastih zelenih alg, ki se je še zadrževal na dnu, povzročil pomanjkanje hranilnih snovi za druge vrste ob hkratnem zasenčenju, kar je zmanjševalo fotosintetsko aktivnost (in s tem rast) kremenastim algam, ki so pritrjene na podlago.

Jezerska gladina se je v avgustu l. 2021 v kratkem času znatno znižala (za okoli 1,5, m), kar je bilo razvidno iz posušenih ostankov nitastih zelenih alg na kopnem delu brega. Glede na gosto prevleko nitastih zelenih alg v času vzorčenja, ko so alge pokrivale tako makrofite kot tudi skalnate predele, je to najverjetnejši vzrok za manjše število vrst kremenastih alg v obrežnem pasu.

Zoobentos

(slike nekaterih predstavnikov so v Prilogi 8 v poročilu za l. 2019)

Tabela 7: Seznam bentoških taksonov/vrst v obeh jezerih Dvojnega jezera v Triglavskem narodnem parku v letu 2021: Peto triglavsko jezero – 5. TJ, Šesto triglavsko jezero – 6. TJ; x – nekaj osebkov; xx – pogost; x(+) – prisotna le v letu 2021; x(++) – prisotna leta 2019 in 2021; (-) – odsotna v letu 2021.

VIŠJA TAKSONOMSKA ENOTA	Vrsta	5. TJ 31.08.	6. TJ 01.09.
Nematoda - gliste	nedoločeno	x(++)	x(++)
Mollusca - mehkužci	<i>Pisidium casertanum</i> Poli, 1791	x(+)	x(++)
Oligochaeta - maloščetinci	Enchytraeidae	x(++)	x(++)
	Lumbriculidae		(-)
Ostracoda – raki dvoklopniki	<i>Cypria ophthalmica</i> (Jurine, 1820)	x(++)	x(++)
Cladocera- vodne bolhe	<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)*		x(+)
	<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	x(++)	x(++)
	<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1776)	xx(++)	x(++)
Copepoda – ceponožci	<i>Bryocamptus rhaeticus</i> (Schmeil, 1893)	x(+)	x(+)
	<i>Canthocamptus staphylinus</i>	x(+)	x(+)
	<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	xx(++)	xx(++)
	<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)		x(++)
Diptera – dvokrilci (trzače)	Chironomidae – zelo majhne/mlade ličinke	x(++)	x(++)
Skupaj taksonov / vrst		10(7)	12(10)

Zoobentoški organizmi so bili v obeh jezerih zelo redki in telesno majhni (Tabela 7). To je posledica intenzivnega prehranjevanja rib v obalnem delu jezera, zlasti pisancev.

V 5. jezeru je bilo l. 2021 10 vrst/taksonov (l. 2019: 7). V 6. jezeru je bilo l. 2021 12 taksonov (l. 2019: 19). Obe jezera sta imeli v l. 2021 podobno sestavo favne, saj je bilo 10 taksonov/vrst prisotnih v obeh jezerih. Dodatno so bili v 6. jezeru prisotni še posamezni osebki vodnih bolh *Acroperus harpae* in *Macrocyclus albidus*. Obe vrsti sta pogosti v nižinskih vodnih telesih, ki so zmerno eutrofizirani in sta prilagojeni na življenje med gostimi sestoji rastlin. Vrsta *Bryocamptus rhaeticus* je bila v preteklosti v obeh jezerih pogosta, medtem ko je najdba vrste *Canthocamptus staphylinus* prvič zabeležena v visokogorskih jezerih. Nekoliko pogostejša je bila vodna bolha vrste *Chydorus sphaericus*, ki je majhna, splošno prisotna v večini visokogorskih jezer in

se lahko neovirano giblje med vodnim rastlinjem in nitastimi algami. Podobno je tudi z vrsto *Eucyclops serrulatus*).

Makrofiti – večje vodne rastline

Obe jezери sta bili gosto poraščena z nitastimi algami, ki sicer po definiciji ne spadajo med večje vodne rastline/makrofite. V obeh jezerih so bile v času raziskav še pretežno razporejene po dnu. Ob bregu ni bilo opaziti nobenih plavajočih zaplat alg, kar je bilo prisotno l. 2019. So pa alge intenzivno preraščale grmičke/zaplate lasastolistne vodne zlatice (*Batrachium trichophyllum* L.), zlasti v 5. jezeru, ki so v času vzorčenja l. 2019 še cvetele, medtem ko v l. 2021 ni bilo opaziti cvetočih rastlin.

Vodna zlatica je bila v 5. jezeru v l. 2021 sicer pogosta v obrežnem pasu in se je z globino njena gostota zmanjševala, pod 5 m pa jih nismo več zasledili. Vendar so bile po oceni rastline v slabem stanju zaradi gostih prevlek alg, ki so bile prisotne neposredno na rastlinah. V 6. jezeru je bilo podobno, le da so bile posamezne rastline, zaradi bolj plitvega jezera, posejane tudi na dnu.

Dvoživke

V nobenem od obeh jezer nismo opazili ne paglavcev niti odraslih živali dvoživk.

4. Zaključki

Obsežnejša razprava in primerjava s predhodnim obdobjem (2002-2013) ter literatura je navedena v poročilu o raziskavah Dvojnega jezera v poročilu iz l. 2019. V nadaljevanju so podani le splošni zaključki ter primerjava z l. 2019.

Na podlagi rezultatov fizikalnih, kemijskih in bioloških analiz je stanje 5. in 6. jezera podobno kot l. 2019. Kljub intenzivnemu izlovu rib, ki se izvaja v okviru projekta, še ni zaznati bistvenih sprememb. Med raziskavami stanja obeh jezer so bile še vedno opažene posamezne ribe (manjših velikosti). Pri poskusnem testiranju pasti za izlov pisancev, ki so bile postavljene med raziskavami ekološkega stanja obeh jezer

(31.8.), je bilo preko noči v posamezne pasti ulovljenih manjše število pisancev (3 oz. 5 osebkov), ki so bili telesno majhni in jih verjetno trenutno nastavljene mreže ne zajamejo. V prihodnje bo potrebo ukrepati tako, da se izlovijo vsi osebki, saj v nasprotnem primeru projekt reševanja obeh jezer ne bo uspešen. Vsekakor se ob prisotnosti rib ne bo mogla vzpostaviti bolj raznolika in telesno večja favna v obeh jezerih, vključno s planktonskimi organizmi, ki lahko kontrolirajo količino alg, ki vplivajo na videz in kakovost jezera.

Fizikalni, kemijski in biološki parametri med obema letoma se sicer nekoliko razlikujejo, vendar to lahko pripisujemo bolj sezonskim razmeram (vremenu) ali pa dejstvu, da so nekateri organizmi bili/so zelo redki in se le naključno zajamejo v vzorce, kar lažno navaja na spremembe (boljše/slabše). Splošni zaključek je, da sta obe jezera še vedno v slabem ekološkem stanju. Jezera se med seboj sicer nekoliko razlikujeta v času, ko sta ločeni, vendar se ob visokem vodostaju razmere v obeh jezerih izenačijo.

Še vedno je v jezerih problem masovnega pojavljanja nitastih zelenih alg. V letu 2021 so bile v času raziskav še vedno prisotne le na dnu jezera in le manjši kosmi so bili v vodnem stolpcu. So pa v obrežnem pasu močno vplivali na druge makrofite (vodno zlatico), katere primerki so bilo po subjektivni oceni manjši v primerjavi s preteklimi leti in močno prekriti z nitastimi algami.

Kemijsko stanje v vodnem stolpcu, je, glede na nutrienste, sicer pokazalo ugodno stanje. Koncentracije so bile nizke, vendar je bila količina fitoplanktona nizka, kar je znak, da verjetno večino hranil zadržijo nitaste zelene alge na dnu in jih sprostijo v vodni stolpec šele, ko propadejo.

Nizka prisotnost zooplanktona (velikost osebkov in število) pa je posledica: I) majhnega števila fitoplaktonskih alg (kot hrana) in II) prisotnosti rib (zooplankton kot plen rib). V obeh primerih torej ni pričakovati, da bi se pojavljalo večje število zooplaktonskih organizmov večjih velikosti (0,5 – 1,5 mm).

Predlog, je da se v nadaljevanju izvedejo raziskave, vezane na hranila.

5. Nadaljnje raziskave

Za celovito oceno ekološkega stanja obeh jezer bi bilo potrebno oceniti količino hranil, ki so razpoložljive rastlinam (alge in cvetnice) v obeh jezerih. Ob jesenskih raziskavah so vrednosti hranil v vodnem stolpcu sicer nizke, kar je po kriterijih za oceno ekološkega stanja jezer sicer ugodno. Temu nasprotno je velika količina nitastih zelenih alg, ki kot koprena preko poletja prekrivajo jezersko dno, dokler se v času odmiranja ne pojavijo na površini (in povzročajo – negativne – odzive javnosti).

Najugodnejše obdobje, ko se lahko ugotovi dejanska količina razpoložljivih hranilnih snovi v vodnem stolpcu je ob spomladanski homotermiji (ko ima celoten stolpec enako temperaturo = 4 °C). To se zgodi nekaj dni po stopitvi ledu na jezeru in lahko traja tudi nekaj tednov. V tem času se jezerska voda v vodnem stolpcu zaradi izenačene temperature in vetrov intenzivno meša. Iz globljih plasti prenaša hranilne snovi, ki so se preko zime kopičile na dnu jezera, in se v obdobju homotermije enakomerno porazdelijo po vodnem stolpcu. Količina alg, ki bi te hranilne snovi vezala v biomaso, pa še ni velika.

Predlog je, da se za celovito oceno ekološkega stanja v l. 2022 izvede spomladanska analiza koncentracije dušikovih in fosforjevih spojin v vodnem stolpcu obeh jezer. To naj bi bilo takoj po stalitvi ledu na obeh jezerih, ko bo temperatura vode po celotnem stolpcu 4 °C oz. ko bo potekalo celovito mešanje jezerske vode in bodo takrat hranilne snovi enakomerno razporejene v vodnem stolpcu. Istočasno bodo tudi ostali parametri (temperatura, kisik, prevodnost, pH) enaki po celotnem vodnem stolpcu.

6. Priloga

Fotografije: terensko delo

Avtorji fotografij: Brancelj A., Ocepek Ž.

1) Meritve in odvzem vzorcev na terenu – 2021



Terenska ekipa (Manuel Persoglia, K. Levičnik; Brancelj) (foto: Žiga Ogorelc)



Priprave za vzorčenje na 5. jezeru



Priprave na odvzem bioloških vzorcev na 6. jezeru



Priprave vzorcev za prenos v laboratorij



Priprave vzorcev za prenos v laboratorij

2) Utrinki z jezer



Alge in lasastolisna zlatica ob bregu 5. jezera



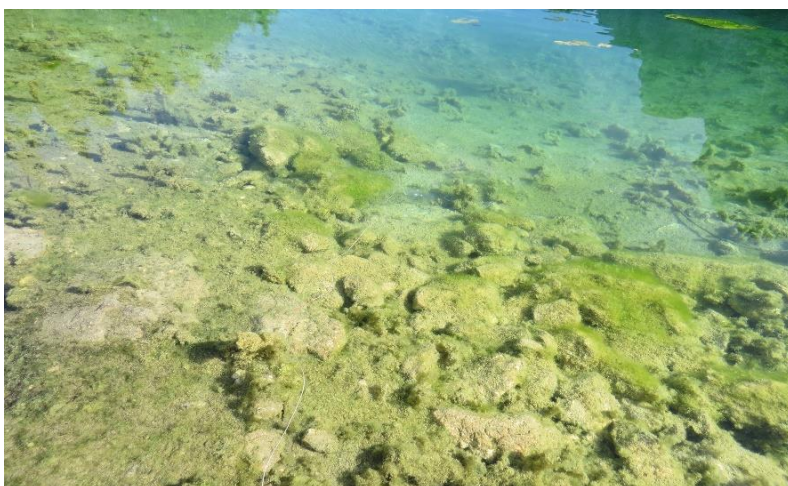
Odvzem vzorcev na 6. jezeru



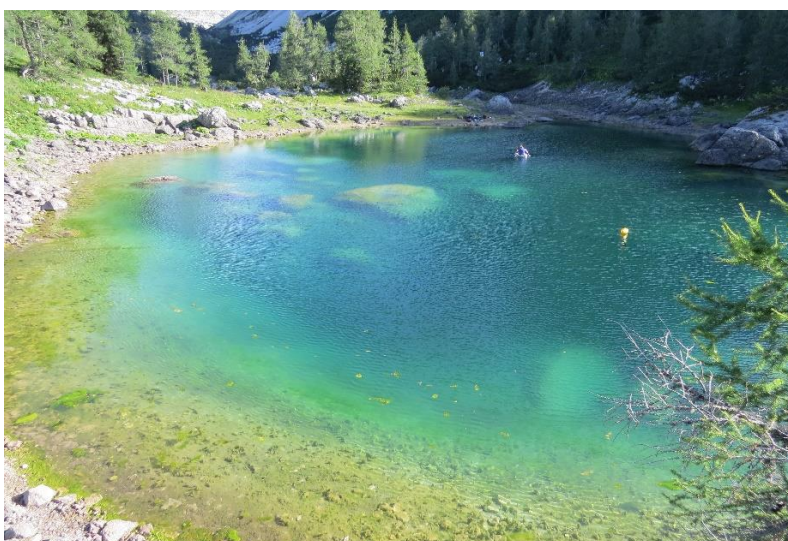
Panorama 6. jezera



Mreža za izlov rib v 5. jezeru



Detajl brega na 6. jezeru



Pogled na 6. jezero