

# Sprememba sestave fitobentosa po odvzemu vode za hidroelektrarne na Kokri in Selški Sori v slovenskih Alpah

Nataša SMOLAR-ŽVANUT<sup>1</sup> & Aleksandra KRIVOGRAD KLEMENČIČ<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Inštitut za vode Republike Slovenije, Hajdrihova 28c, 1000 Ljubljana; E-mail: natasa.smolar@izvrs.si

<sup>2</sup> Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Oddelek za sanitarno inženirstvo, 1000 Ljubljana; E-mail: aleksandra.krivograd@zf.uni-lj.si

<sup>3</sup> Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Hajdrihova 28, 1000 Ljubljana

**Izvleček.** Namen naše raziskave je bil ugotoviti vpliv odvzema vode za potrebe hidroelektrarn Oljarica in Niko na reki Kokri in Selški Sori na združbo fitobentosa. Skupno smo v reki Kokri in Selški Sori določili 52 taksonov iz šestih razredov alg. Po številu določenih taksonov so prevladovali kremenaste alge. Primerjava vrstnih sestavov fitobentosa obeh rek na odvzemnih mestih pred in po odvzemu vode za hidroelektrarno je pokazala, da je prišlo v reki Selški Sori do znižanja biodiverzitete na odvzemnem mestu pod jezom, v obeh rekah pa so izginili nekateri taksoni, značilni za neonesnažene vodotoke, hkrati pa je bilo zaznati več taksonov, značilnih za vodotoke s povišanim organskim onesnaženjem. Na obeh rekah so bile vrednosti saprobnega indeksa na odvzemnih mestih pod odvzemu vode višje, kar je lahko posledica povečane organske obremenitve ali pa znižanega pretoka. Biomasa fitobentosa na reki Kokri je bila najvišja v predelih struge z nizko vodno gladino in upočasnjenim tokom.

Ključne besede: Alpe, fitobentos, hidroelektrarne, odvzem vode, reke, Slovenija

**Abstract. CHANGE IN PHYTOBENTHOS COMPOSITION AFTER WATER ABSTRACTION FOR HYDROELECTRIC POWER PLANTS ON THE KOKRA AND THE SELŠKA SORA RIVERS IN THE SLOVENIAN ALPS** – The objective of our research was to determine the impact of water abstraction for hydroelectric power plant purposes Oljarica (River Kokra) and Niko (River Selška Sora) on phytobenthos community. Altogether, 52 taxa from six algal classes were determined in both rivers. According to the number of identified taxa, diatoms prevailed. Comparison of phytobenthos species compositions on both rivers before and after water abstraction showed that in the Selška Sora River phytobenthos biodiversity was lower below the dam while in both rivers decrease of algal taxa typical for unpolluted waters and increase of algal taxa typical for organically polluted waters were noticed. On both rivers, the values of Saprobic index were higher on the sites with water abstraction, which could be the result of increased organic load or reduced flow. Phytobenthos biomass in the Kokra River was the highest in the areas with low water level and low water velocity.

Key words: Alps, phytobenthos, hydroelectric power plants, water abstraction, rivers, Slovenia

## Uvod

Do odvzemov vode iz vodotokov prihaja zaradi uporabe vode v energetske ali ribogojne namene, za namakanje, pitno vodo, tehnološke namene ter za potrebe turizma in rekreacije. Zaradi odvzema vode so pogosto najbolj prizadeti pritrjeni organizmi (primarni producenti), kar se kaže v spremembi razmerja primarni in sekundarni producenti ter v bioprodukciji vodotoka. Najbolj je prizadet litoralni del vodotoka, ki je biološko najproduktivnejši in ima neposredni vpliv na samočistilno sposobnost vodotoka (Bergey et al. 2010). Zaradi osušenosti struge ali zmanjšanja globine vode je preprečena migracija nevretenčarjev in rib po toku navzgor in navzdol, kar prekine prehranjevalne verige in povezave med organizmi. Npr., pod pregradami je pogosto opažena sprememba starostne strukture in zmanjšanja gostote ribje populacije (Bundi & Eichenberger 1989). Pod pregrado lahko nastanejo spremembe v dotoku hranilnih snovi, svetlobnih razmer in aktivnosti nevretenčarjev, ki se hranijo s fitobentoškimi algami (Stevenson 1984). Z odvzgom vode iz vodotoka se zmanjša količina drifta (Biggs & Close 1989) in pride do spremenjene razporeditve organizmov ter porušitve zgradbe in funkcije združbe (Gore 1994). Zmanjšanje pretoka vode vpliva tudi na obvodne živali, ki žive na bregu, in tiste, ki žive v tleh na vplivnem območju podtalnice.

Umetno zmanjšanje pretoka vode pod pregrado ustvarja fizikalne in kemijske razmere, ki povzročajo povečano rast bentoških alg (Mc Intire 1966, Lowe 1979, Valentin et al. 1995, Biggs 1996) in porušijo zgradbo ter funkcijo fitobentoške združbe (Lowe 1979).

Biomasa in vrstni sestav bentoških alg sta pogosto neposredno povezani s hidrološkimi značilnostmi vodotoka (Biggs 1996). Bentoške alge se v določenih razmerah lahko močno razrastejo in postanejo škodljive za živalske združbe. V slabo puferiranih vodotokih lahko močna razrast alg povzroči porast pH, zmanjšanje vsebnosti raztopljenega kisika (dihanje alg v nočnem času in propad alg v jesenskem času), spremembo v hrapavosti dna vodotoka in spremembo v združbi vodnih nevretenčarjev (Moreno et al. 2010). Rast alg ima velik vpliv na populacijo nevretenčarjev in rib, energijska razmerja in kompeticijo v vodotokih (Biggs 1996). S spremembo hitrosti vodnega toka pa lahko nastanejo spremembe v vrstni sestavi bentoških alg. Povečana hitrost vodnega toka pospešuje naseljevanje pritrjenih organizmov, z manjšanjem hitrosti pa se poveča število organizmov, živečih na mulju (epipelni organizmi) (Rolland et al. 1997, Yamada & Nakamura 2002). Pri nižjem pretoku se v vodotoku povišajo vrednosti hranilnih in strupenih snovi. S povečanjem količine hranilnih snovi se poveča biomasa alg, bakterij in drugih mikroorganizmov, ob povečani strupenosti pa vrstno osiromašijo ali celo izginejo. Odvzem vode iz vodotokov in porast koncentracije hranilnih snovi v vodotoku ima podoben vpliv, saj se v obeh primerih spremeni vrstna diverziteteta (Rott & Pfister 1988). Zmanjšanje vodne površine v strugi lahko onemogoča obstoj združbe bentoških alg (Bergey et al. 2010).

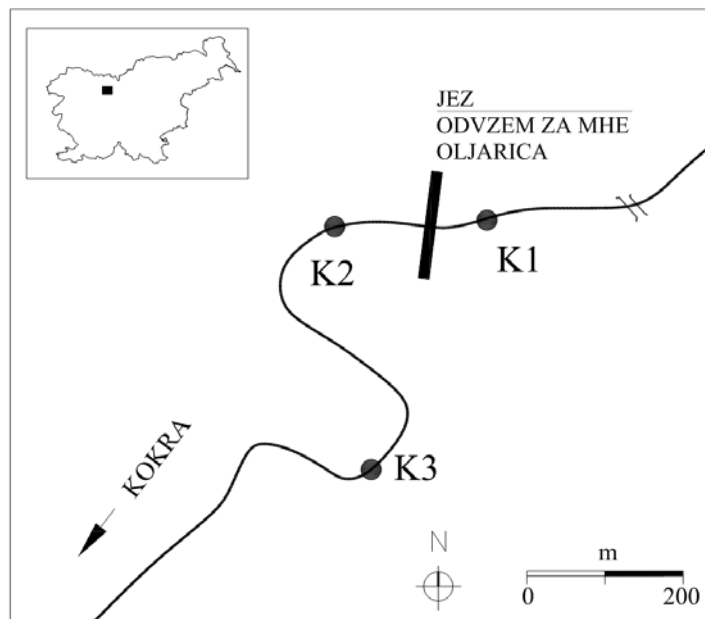
Namen naše raziskave je bil ugotoviti vpliv odvzema vode za potrebe hidroelektrarn Oljarica in Niko na reki Kokri in Selški Sori na združbo fitobentosa v kvalitativnem in kvantitativnem smislu ter vpliv na biomaso alg.

## Mesto raziskav

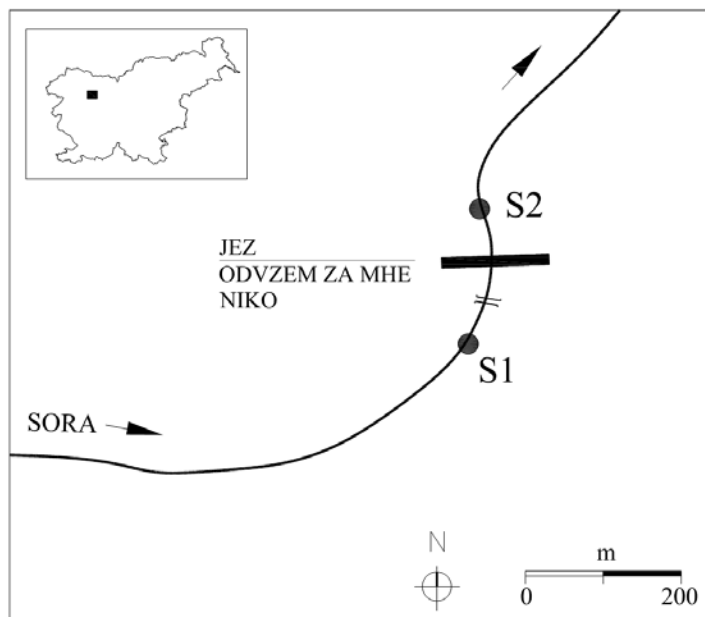
### Reka Kokra

Reka Kokra izvira na nadmorski višini 1640 m. Dolžina vodotoka je 30 km, povprečni strmec 17 ‰ in zbirna površina 236 km<sup>2</sup>. Osnovo hidrografskega omrežja sestavljata Kokra in Jezernica, ki se Kokri pridruži na Spodnjem Jezerskem, izvira pa v Ravenski Kočni. Tudi v nadaljnjem toku pritekajo v Kokro številni krajši in daljši pritoki z obeh bregov. V zgornjem in srednjem delu je dolina ozka. Od spodnjega Jezerskega navzdol se je tako reka globoko zajedla v apneno-dolomitni pokrov Kamniških Alp. Značaj Kokre je opazen tudi v njenem padcu, saj na razdalji 20 km od izvira do Preddvora premaga nad 800 m višinske razlike. Pri Preddvoru se tok reke umiri in počasi teče po vršaju, ki ga je nasula daleč na ravnino, ter se v Kranju izliva v Savo. Tu lahko zasledimo tudi 10 pleistocenskih rečnih teras, ki jih je ustvarila Kokra v ledenih in medledenih dobah (Ajdič et al.1998).

Za Kokro velja varstveni režim za hidrološko, geomorfološko površinsko in botanično naravno dediščino, varstvena namembnost pa je spomeniška in rekreacijska. Pretežni del vodnih količin reke Kokre prihaja iz alpskega področja, ki je spomladi pod vplivom taljenja snega. Najnižje vode so avgusta in septembra, takrat Kokra do Kranja na posameznih odsekih povsem presuši (Ajdič et al.1998). Zaradi nepovratnih odvzemov za vodovode na območju občin Preddvor in Jezersko in odvzema za protokolarni objekt Brdo je postal vodonosnik od Preddvora do Kranja »lačen« vode. Odvzem vode za malo hidroelektrarno (MHE) Oljarica je v naselju Britof, ki je blizu izliva in kjer so razmere v obdobju nizkih voda zelo kritične. Odvzem vode je na 720 m dolgem odseku struge, ki ga tvori dvojni meander. Vrh prodne terase okoli obravnavanega odseka reke Kokre je pozidan na obeh straneh (naselja: Britof, Predoslje, Orehovlje in Suha). V Kokro in njen pritok Belo gravitira določen delež odpadnih voda. Meteorni dotoki prinašajo s seboj tudi nekaj odplak iz gospodinjstev. To se zaradi odvzema vode precej pozna, posebno v desni obrežni konkavi pod jezom. Za namen raziskave smo na reki Kokri izbrali tri odvzemna mesta: i) odvzemno mesto K1 leži 70 m nad odvzemom vode za MHE Oljarica, ii) odvzemno mesto K2 leži 120 m pod odvzemom vode za MHE Oljarica in iii) odvzemno mesto K3 leži 550 m pod odvzemom vode za MHE Oljarica (Sl. 1). Znotraj vsakega odvzemnega mesta smo izbrali dve vzorčni mesti (K1.1, K1.2; K2.1, K2.2 in K3.1, K3.2.) glede na širino struge, strukturo habitatov, globino vode in hitrosti vodnega toka.



Slika 1. Odvzemna mesta na reki Kokri.



Slika 2. Odvzemna mesta na Selški Sori.

## Reka Selška Sora

Reka Selška Sora nad Železniki ima obširno in gorato prispevno območje. Na levi se razprostira pogorje Ratitovca ter naprej Možica in Lajnarja, ki se prevešata v dolino Bače. Na desni strani spremljajo dolino Selske Sore grebeni Porezna. Krovne površine teh pogorij so sestavljene iz apnenca in dolomita. Med kamninami se najpogosteje pojavljajo glinovci, rdeči lapor in peščenjak (Geološki zavod Slovenije 2004). Prispevno območje je močno poraščeno, kljub temu pa ima reka močan hudourniški značaj. Čeprav je prispevno območje obkroženo z visokimi gorami, se vpliv taljenja snega ne pozna pozno v pomlad. Selška Sora ima na obravnavanem območju v kraju Železniki spremenjen režim pretakanja nizkih in srednjih voda. Poleg manjše onesnaženosti in odvzema vode so v veliki meri opazne tudi regulacijske ureditve. Hidroelektrarna (HE) Niko leži na jezcu pod vtokom Prednje Smoleve v kraju Železniki. Odvzem vode je na dolgem odseku struge, kjer se morfološke karakteristike struge ne menjavajo. Odvzem, onesnaženje in regulacije vplivajo na naravno podobo vodotoka. Odvzem vode za HE Niko je na dolžini 990 m. Del zajete vode se lahko 340 m pod jezom prek bočnega izpusta vrača v strugo. Pri cerkvi, to je 480 m pod jezom, doteka z leve stranski pritok, ki v sušnem obdobju na pretok v Selški Sori nima vpliva. Jez odvaja vodo na desno v odprto mlinščico, ki ima na začetku površinski tok, sledi zajezev, od koder gre voda po zaprtem kanalu do strojnice HE. Za namen raziskave smo na reki Selški Sori izbrali dve odvzemni mesti: i) odvzemno mesto S1 leži 60 m gorvodno od mostu, pred odvzemom vode za HE Niko, ii) odvzemno mesto S2 leži 50 m pod jezom, na vplivnem območju odvzema vode za HE Niko (Sl. 2). Znotraj vsakega odvzemnega mesta smo izbrali dve vzorčni mesti (S1.1, S1.2 in S2.1, S2.2) glede na širino struge, strukturo habitatov, globino vode in hitrosti vodnega toka.

## Materiali in metode dela

### Hidrološki dejavniki

Na reki Kokri smo za vsako izbrano vzorčno mesto izmerili lokalne hitrosti vodnega toka s hidrometričnim krilom SEBA Mini Current Meter MI, Nemčija. Za meritve različnih hitrosti smo uporabljali različna krila. Na vseh vzorčnih mestih smo merili hitrost vodnega toka 3 cm nad dnom, odvisno od globine vode smo merili hitrost vodnega toka v vertikalah nad vzorčnim mestom na treh do petih točkah. Povprečno hitrost v merskih vertikalah nad vzorčnimi mesti smo izmerili na 0,4 m globine vode, merjeno od dna struge. Čas meritve v posamezni točki je bil eno minuto. Na Selški Sori smo hitrosti vodnega toka na posameznih vzorčnih mestih le ocenili. Na obeh rekah smo na vseh odvzemnih mestih s hidrometričnim krilom (SEBA Mini Current Meter MI, Nemčija) izmerili tudi pretok.

## Fizikalni in kemijski dejavniki

Meritve osnovnih fizikalnih in kemijskih dejavnikov smo opravili na izbranih odzemnih mestih na reki Kokri dne 10.9.2008 in na izbranih odzemnih mestih na reki Selški Sori dne 6.8.2008. Merili smo specifično električno prevodnost, temperaturo vode, pH, vsebnost raztopljenega kisika v vodi in nasičenost vode s kisikom s pomočjo prenosnega multimetra (WTW Multiline/F, Nemčija) po metodologiji APHA (1992).

## Biološki dejavniki

Vzorke fitobentosa smo na obeh rekah pobirali tako, da smo postrgali površino prodnikov, kamnov, skal, peska, makrofitov in potopljenega lesa na območju odvzema. Vzorke smo že na terenu fiksirali s formalinom, tako da je bila končna koncentracija formalina v vzorcih 4 %. V laboratoriju smo vzorce fitobentosa pregledali pod svetlobnim mikroskopom, s fazno kontrastno optiko pri povečavah do 1000 $\times$  (Nikon Eclipse E400). Pri pregledu vzorcev smo ocenili pogostost posameznih taksonov (vrst) fitobentosa s pomočjo lestvice: 1 = redko, 3 = pogosto, 5 = množično (Pantle & Buck 1955). Fitobentos smo določali s pomočjo sledečih določevalnih ključev: Starmach (1966, 1972, 1980), Krammer & Lange-Bertalot (1997a, b, 2004a, b), Hindák (1996).

V reki Kokri smo opravili tudi kvantitativno analizo fitobentoške združbe, v ta namen smo s krtačko postrgali določeno površino prodnika in jo razredčili z vodo. V laboratoriju smo ovrednotili suho težo in organsko snov po metodiki APHA (1992) in koncentracijo klorofila *a* s filtriranjem skozi Watman GF/C filtre ter z ekstrahiranjem z vročim metanolom (Vollenweider 1974).

## Biostatistične metode

Primerjavo združb fitobentosa med vzorčnimi mesti in med območji odvzema smo napravili s pomočjo podatkov vrstnega sestava in relativne pogostosti obstoječih vrst. Podobnost oziroma različnost združb fitobentosa smo vrednotili z Bray-Curtisovim koeficientom podobnosti (Clarke & Warwick 2001). Saprobni indeks smo izračunali po Pantle & Buck (1955) z modifikacijo po Zelinka & Marvan (1961).

## Rezultati in razprava

### Hidrološki dejavniki

Pretoki, srednja hitrost in padec na posameznih odvzemnih mestih reke Kokre so prikazani v tabeli 1. Pod jezom se je zmanjšal pretok vode. Na odvzemnem mestu K3 je pretok manjši, kar je posledica pretakanja skozi prodnato podlago. Hitrost vodnega toka je zelo nizka, kar je posledica raztečenosti, vendar je kljub temu premajhna za obravnavani odsek, ker je padec bistveno večji. Izmerjene lokalne hitrosti vodnega toka na posameznih točkah odvzema fitobentosa so bile sledeče: K1.1: 0,40 m/s, K1.2: 0,33 m/s, K2.1: 0,08 m/s, K2.2: 0,58 m/s, K3.1: 0,04 m/s in K3.2: 0,03 m/s.

**Tabela 1.** Pretok, srednja hitrost vodnega toka in padec na posameznih odvzemnih mestih reke Kokre dne 10.9.2008.

dejavnik	odvzemno mesto		
	K1	K2	K3
pretok Q [m <sup>3</sup> /s]	1,57	0,19	0,19
srednja hitrost [m/s]	0,50	0,30	0,14
padec [‰]	8,11	5,50	11,60

Pretoki Selške Sore so za obe odvzemni mesti za dan 6.8.2008 prikazani v tabeli 2. Na odvzemnem mestu S2, ki leži na vplivnem območju HE Niko, se je pretok znižal z 1,38 m<sup>3</sup>/s, kolikor je znašal na odvzemnem mestu S1, ki leži nad odvzemom vode za HE Niko, na 0,22 m<sup>3</sup>/s.

**Tabela 2.** Pretoki reke Selške Sore dne 6.8.2008.

dejavnik	odvzemno mesto	
	S1	S2
pretok Q [m <sup>3</sup> /s]	1,38	0,22

### Fizikalni in kemijski dejavniki

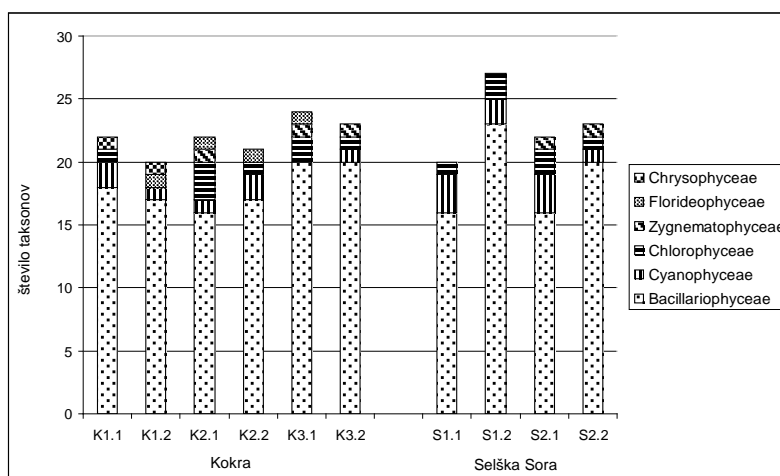
Vrednosti izmerjenih fizikalnih in kemijskih dejavnikov so bile v Kokri in v Selški Sori podobne pred odvzemom vode in na vplivnem območju odvzema oziroma po vrnitvi vode v vodotok (Tab. 3). Temperature reke Kokre v poletnem obdobju so bile letnemu času primerne, temperatura vode je vzdolž toka naraščala. Na vseh odvzemnih mestih so bile koncentracije raztopljenega kisika v vodi ter nasičenosti vode s kisikom dovolj visoke (nasičenost s kisikom okoli 100 %) za ohranjanje naravne strukture in funkcije vodotoka.

**Tabela 3.** Vrednosti fizikalnih in kemijskih dejavnikov na odzemnih mestih reke Kokre in Selske Sore, dne 10.9.2008 in 6.8.2008.

odvzemno mesto	T [°C]	O <sub>2</sub> [mg/l]	saturacija [%]	prevodnost [μS/cm]	pH
K1	12,2	11,2	103	320	8,0
K2	12,8	10,8	102	320	7,8
K3	14,2	11,4	109	325	7,8
S1	15,8	10,0	98	315	7,9
S2	15,4	10,0	98	307	7,9

## Biološki dejavniki

Skupaj smo na vseh mestih odvzema v Kokri in Selski Sori identificirali 52 različnih taksonov iz šestih razredov alg. Sestava fitobentosa po razredih na posameznih odzemnih mestih je za obe reki prikazana na sliki 3. Na vseh točkah odvzema so po številu določenih taksonov prevladovali kremenaste alge, podobno kot pri drugih raziskavah alg v slovenskih rekah (npr. Krivograd Klemenčič 2004, Krivograd Klemenčič & Vrhovšek 2003, Krivograd Klemenčič & Vrhovšek 2004, Krivograd Klemenčič et al. 2003, Krivograd Klemenčič et al. 2009). Na točkah K1.1, K2.2, S1.1 in S2.1 so po številu identificiranih taksonov kremenastim algam sledile Cyanophyceae, na točkah K2.1 in K3.1 pa Chlorophyceae. Razredi Chrysophyceae, Zygnematophyceae in Florideophyceae so bili na določenih točkah odvzema zastopani le s posameznimi taksoni. Vrsta *Hydrurus foetidus* iz razreda Chrysophyceae je bila zabeležena le na odzemnem mestu K1 v Kokri, tudi predstavnica razreda Florideophyceae *Audouinella chalybea* je bila ugotovljena le v Kokri (vsa tri odzemna mesta). *Hydrurus foetidus* je vrsta, ki je značilna za bistrine in hladne potoke in reke, masovno se razvije konec zime, ko voda doseže temperaturo okoli 14 °C (Starmach 1980). Traaen in Lindstrom (1983) sta opazovala razširjenost nekaterih vrst alg v treh norveških rekah, ugotovila sta, da je bilo 90 % kolonij vrste *Hydrurus foetidus* zabeleženih pri hitrostih vodnega toka nad 0,8 m/s.



**Slika 3.** Sestava fitobentosa po skupinah na posameznih točkah odvzema v Kokri in Selski Sori.



## Kokra

V reki Kokri smo na vseh točkah odvzema skupaj določili 43 različnih taksonov iz šestih razredov alg (Tab. 4).

Tabela 4. Vrstni sestav in relativna pogostost fitobentosa v Kokri dne 10.09.2008.

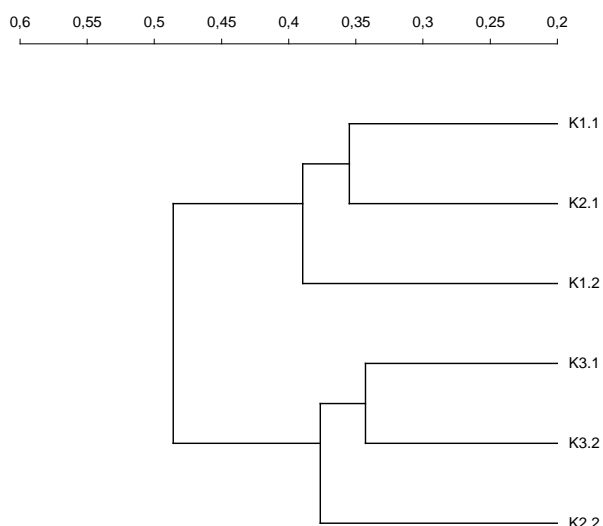
Takson	Saprobna st.	K1		K2		K3	
		K1.1	K1.2	K2.1	K2.2	K3.1	K3.2
<b>PROKARYOTA</b>							
<b>CYANOPHYTA</b>							
CYANOPHYCEAE							
<i>Chamaesiphon incrustans</i> Grunow	o-b				1		
<i>Homoeothrix varians</i> Geitler	o	1	3	1	1		1
<i>Pleurocapsa</i> sp. Thuret	o-b	1					
<b>EUKARYOTA</b>							
<b>HETEROKONTOPHYTA</b>							
CHRYSOPHYCEAE							
<i>Hydrurus foetidus</i> (Villars) Kirchner	o-b	1	1				
BACILLARIOPHYCEAE							
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	b	1	3	1	1	1	1
<i>Achnanthes</i> sp. Bory	b	3	3	3	3	3	3
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	o-b				1	1	1
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	b	1	1	1	3	3	1
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	o	1	1	1	1	1	3
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	o	1	1	1			
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehrenberg) Kirchner	o-b			1			
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	o-b	3	1	1	1	1	3
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory	o-b	1		1	1	1	1
<i>Denticula tenuis</i> Kützing	o		1				
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	b	3	1	1	3		1
<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve	o	1	1				
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	o-b		1		1		
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange- Bertalot	b	1	1	1	1	1	1
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	b	3	1	3	1	1	1
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	o	1	3	3	1	1	
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	b	3	1	1	1		
<i>Melosira varians</i> Agardh	o-b		1				
<i>Meridion circulare</i> (Greville) C. A. Agardh	o	1					
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	b-a					3	3

Takson	Saprobna st.	K1		K2		K3	
		K1.1	K1.2	K2.1	K2.2	K3.1	K3.2
<i>Navicula dicephala</i> (Ehrenberg) W. Smith	o					1	
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	b					1	1
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	b					1	
<i>Navicula pupula</i> Kützing	b						1
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	o-b	1		1	1	1	1
<i>Navicula</i> sp. Bory	b	1	1	1	1	1	1
<i>Navicula tripunctata</i> (O. F. Müller) Bory	o-b	1	1		1	3	1
<i>Navicula veneta</i> Kützing	a					3	1
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	o	1	1	1			
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	o					1	1
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W. Smith	o-b	1					
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	b-a			1	1	3	1
<i>Surirella angusta</i> Kützing	o-b						1
<b>CHLOROPHYTA</b>							
CHLOROPHYCEAE							
<i>Cladophora</i> sp. Kützing	b-a				3	3	1
<i>Oedogonium</i> sp. Link	o-b			1		1	
<i>Ulothrix</i> sp. Kützing	b			1			1
<i>Ulothrix zonata</i> Kützing	o	1		3			
ZYGNEMATOPHYCEAE							
<i>Closterium moniliferum</i> (Bory) Ehrenberg	b			1		1	1
<b>RHODOPHYTA</b>							
FLORIDEOPHYCEAE							
<i>Audouinella chalybea</i> (Lyngbye) Fries	b-a		1	1	1	1	
<b>Skupno število taksonov</b>		22	20	22	21	24	23
		26		27		29	
<b>Saprobni indeks</b>		1,47		1,63		1,74	

S 33 taksoni so prevladovale kremenaste alge, sledile so Chlorophyceae s štirimi in Cyanophyceae s tremi taksoni, razredi Chrysophyceae, Zygnematophyceae in Florideophyceae so bili zastopani s po enim taksonom. Po številu določenih taksonov se posamezne točke odvzema med seboj niso bistveno razlikovale. Najvišje število taksonov je bilo zabeleženo na odvzemnem mestu K3 (29), najnižje pa na odvzemnem mestu K1 (26). Na vseh šestih točkah odvzema so bile ugotovljene sledeče vrste: *Achnanthes minutissima*, *Achnanthes* sp., *Cocconeis pediculus*, *Cocconeis placentula*, *Cymbella silesiaca*, *Gomphonema angustatum*, *Navicula* sp. in *Fragilaria ulna*. *Achnanthes* sp. je bila najštevilčnejše zastopana vrsta, v vseh vzorcih se je pojavljala z oceno 3 (pogosta). Med posameznimi mesti odvzema so opazne razlike glede na vrstni sestav. Na odvzemnem mestu K1 zasledimo veliko vrst, značilnih za neonesnažene oligosaprobne vodotoke: *Homoeothrix varians*, *Fragilaria arcus*, *Cocconeis*

*placentula*, *Cymbella affinis*, *Denticula tenuis*, *Gomphonema angustum*, *Meridion circulare*, *Nitzschia dissipata* in *Ulothrix zonata* (Hindak et al. 1978; Krammer 1997a,b, 2004a,b, Komarek & Anagnostidis 2005). Na odvzemnem mestu K2 nismo zaznali večjih sprememb v vrstnem sestavu, v večjem številu pa sta bili zabeleženi zeleni algi *Cladophora* sp. in *Ulothrix zonata*. Na odvzemnem mestu K3 so nekateri predstavniki čistih voda izginili (npr. *Fragilaria arcus*, *Cymbella affinis*, *Denticula tenuis*, *Meridion circulare*, *Nitzschia dissipata*, *Ulothrix zonata*), pojavili pa so se predstavniki močnejšega organskega onesnaženja (npr. *Navicula cryptocephala*, *Navicula lanceolata*, *Navicula menisculus*, *Navicula pupula*, *Navicula veneta*). Z odvzemom vode pride v večini primerov do zmanjšanja biodiverzitete vodne in obvodne flore, spremenjene lokalne razmere pa lahko omogočajo povečevanje biomase posameznih vrst, ki lahko povzročijo okoljske probleme (Nilsson & Brittain 1996), kot so pogini rib, zmanjšanje rekreacijske privlačnosti. Vrednosti saprobnega indeksa so bile na odvzemnem mestu K1 1,47, na odvzemnem mestu K2 1,63 in na odvzemnem mestu K3 1,74. Glede na rezultate saprobnega indeksa lahko uvrstimo reko Kokro na odvzemnem mestu K1 v oligosaprobnno (neonesnaženo), na odvzemnih mestih K2 in K3 pa med oligosaprobnno (neonesnaženo) in  $\beta$ -mezosaprobnno (srednje onesnaženo). Poslabšanje kakovosti vode na drugem in tretjem odvzemnem mestu je lahko posledica povečane obremenitve vode ali pa zmanjšane pretoka.

Bray-Curtisov koeficient podobnosti (Sl. 4) je pokazal dva ločena dendrograma. Točka odvzema K2.1 je bila bolj podobna točkama na odvzemnem mestu K1 kot točki odvzema K2.2. Podobno velja za točko odvzema K2.2, ki je bila bolj podobna točkama na odvzemnem mestu K3 kot točki odvzema K2.1.



**Slika 4.** Dendrogram: Bray-Curtisov koeficient podobnosti za fitobentos v reki Kokri.

### Biomasa fitobentosa

V tabeli 5 so podane vrednosti suhe teže, organske snovi in klorofila *a* v reki Kokri dne 10.9.2008. Povprečne vrednosti dejavnikov biomase perifitona v Kokri (organska snov, suha teža in klorofil *a*) so bile najvišje na odvzemnem mestu K3. Nizki pretoki vode, ugodne svetlobne razmere in struktura usedlin so bili dejavniki, ki so omogočali veliko rast alg.

**Tabela 5.** Vrednosti suhe teže, organske snovi in klorofila *a* v Kokri dne 10.9.2008.

Odvzemno mesto		Suha teža [g/m <sup>2</sup> ]	Organska snov [g/m <sup>2</sup> ]	klorofila <i>a</i> [mg/m <sup>2</sup> ]
K1	K1.1	14	7	21
	K1.2	13	5	33
	povprečje	13,5	6	27
K2	K2.1	56	12	37
	K2.2	19	9	73
	povprečje	37,5	10,5	55
K3	K3.1	121	25	113
	K3.2	22	10	25
	povprečje	71,5	17,5	69

Maksimalne vrednosti biomase perifitona so bile v Savi Bohinjki vselej zabeležene v obdobju minimalne višine vode v zimskem času (Kosi 1988), v reki Soči v pozno poletnem oz. zgodnje jesenskem obdobju v predelih z manjšimi hitrostmi vodnega toka (Smolar-Žvanut et al. 2010). Vrednosti biomase v reki Kokri se ujemajo s podatki podobnih raziskav na drugih vodotokih v Sloveniji (Peroci et al. 2009). Če je vsebnost hranilnih snovi v vodi velika, hitrost vodnega toka pa nizka, lahko pride do zelo velikih vrednosti biomase perifitona (Biggs 1996). Največja biomasa perifitonskih alg pa je navadno pri srednjih hitrostih vodnega toka (Stevenson 1996). Na rekah Okuku v Novi Zelandiji in Sokna na Norveškem so ugotavljali odvisnost med hitrostjo vodnega toka in perifitonsko biomaso v določenih časovnih razmikih po poplavih. V začetnih fazah naseljevanja perifitonskih alg na rečno dno niso ugotovili razlik v perifitonski biomaso med habitatmi z nizkimi, srednjimi in visokimi hitrostmi vodnega toka. V kasnejših fazah razvoja perifitonske združbe pa so izmerili najvišjo perifitonsko biomaso pri nizkih hitrostih vodnega toka (< 0,3 m/s) ter najnižjo perifitonsko biomaso pri najvišjih hitrostih vodnega toka (> 0,7 m/s) (Biggs & Stokseth 1996).

V onesnaženih vodah so sestavni del organske teže perifitona organski sedimenti, heterotrofne bakterije, glive, praživali in majhni mnogoceličarji. Ocena biomase s pigmenti je le približek dejanski vrednosti zato, ker na vsebnost pigmentov v algah v določenem okolju vplivajo različni dejavniki (življenjski cikel, svetloba, temperatura, dušik, fosfor, magnezij, železo itd.) (Uehlinger 1991). Zaradi vpliva drugih ekoloških dejavnikov pa je rast alg nemogoče pojasniti le z nizkimi pretoki vode, pomembni so tudi količina nutrientov, svetloba in struktura usedlin (Uehlinger 1991). Umetno zmanjšanje pretoka vode pod pregrado ustvarja fizikalne in kemijske razmere, ki povzročajo rast fitobentosa (Mc Intire 1966, Lowe 1979, Valentin et al. 1995, Biggs 1996) in porušijo zgradbo in funkcijo fitobentoške združbe (Lowe 1979). Biomasa in vrstni sestav perifitonskih alg sta pogosto neposredno povezana s hidravličnimi značilnostmi vodotoka (Biggs 1996). Bentoške alge se v določenih okoliščinah

lahko močno razrastejo in postanejo škodljive za živalske združbe. Zaradi obratovanja hidroelektrarn in odvzema vode so bentoške alge pogosto izpostavljene izsuševanju, kar lahko privede do fizioloških in morfoloških sprememb alg.

### Selška Sora

V Selški Sori smo na vseh štirih točkah odvzema skupaj določili 39 različnih taksonov iz štirih razredov alg (tabela 6). Po številu določenih taksonov (31) so prevladoval kremenaste alge, sledile so Cyanophyceae s štirimi, Chlorophyceae z dvema in Zygnematophyceae z enim taksonom. Na odvzemnem mestu S1 (nad jezom) smo določili višje število taksonov (32) kot na odvzemnem mestu S2 (pod jezom) (28). Najvišje število vrst (27) smo določili na točki odvzema S1.2 (nad jezom počasen tok), najnižje (20) pa na točki odvzema S1.1 (nad jezom hiter tok). Na odvzemnem mestu S2 sta se točki S2.1 in S2.2 po številu določenih taksonov razlikovali le za en takson.

Tabela 6. Vrstni sestav fitobentosa in relativna abundanca v Selški Sori dne 6.8.2008.

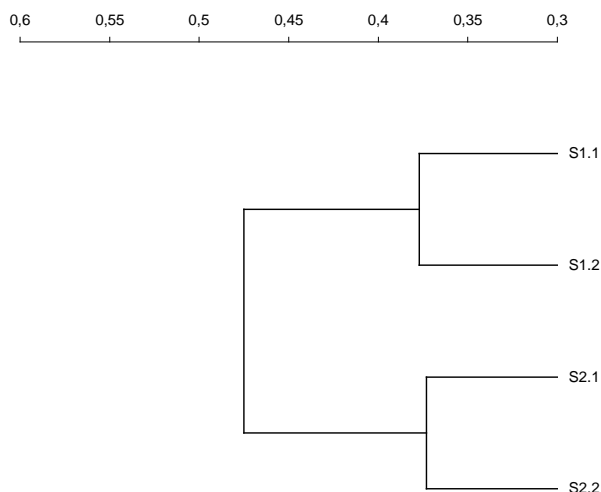
Takson	Saprobna st.	S1		S2	
		S1.1	S1.2	S2.1	S2.2
<b>PROKARYOTA</b>					
<b>CYANOPHYTA</b>					
CYANOPHYCEAE					
<i>Chamaesiphon incrustans</i> Grunow	o-b	3		1	
<i>Lyngbya kuetzingiana</i> Kirchner	-	1		1	
<i>Pleurocapsa</i> sp. Thuret	o-b		1		
<i>Phormidium</i> sp. Kützing	o-a	1	1	1	1
<b>EUKARYOTA</b>					
<b>HETEROKONTOPHYTA</b>					
BACILLARIOPHYCEAE					
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson) Grunow	o		1		
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	b	1	1		
<i>Achnanthes</i> sp. Bory	b	3	3	1	1
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	o-b	1			
<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve	o	1	1		
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	o-b		1		
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	b	1	1	1	3
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	b	3	3	1	3
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	o	1	1	1	3
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	o		1		1
<i>Cymbella microcephala</i> Grunow	o				1
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	o-b	1	1	1	1
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory	o-b	1	1	1	1
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	o		1		
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	b	1	3	1	3
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	o		1		

Takson	Saprobna st.	S1		S2	
		S1.1	S1.2	S2.1	S2.2
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	b	1	1	1	1
<i>Gomphonema</i> sp. Ehrenberg	b				1
<i>Melosira varians</i> Agardh	o-b			1	3
<i>Navicula pupula</i> Kützing	b		1		1
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	o-b		1	1	
<i>Navicula</i> sp. Bory	b	1	1		1
<i>Navicula tripunctata</i> (O. F. Müller) Bory	o-b	1		1	
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	a	1	1	3	3
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	o		1		
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	o			1	1
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W. Smith	o-b	1	1	1	1
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	a		1	1	3
<i>Rhoicosphaenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	b	1			
<i>Surirella angusta</i> Kützing	o-b		1		1
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer & Lange-Bertalot	o-b			1	1
<b>CHLOROPHYTA</b>					
CHLOROPHYCEAE					
<i>Cladophora</i> sp. Kützing	b-a	3	1	3	
<i>Ulothrix zonata</i> Kützing	o		1	3	3
ZYGNEMATOPHYCEAE					
<i>Closterium moniliferum</i> (Bory) Ehrenberg	b			1	1
<b>Skupno število taksonov</b>		20	27	22	23
			32		28
<b>Saprobni indeks</b>			1,65		1,77

Na vseh štirih točkah odvzema so bile zabeležene sledeče vrste: *Phormidium* sp., *Achnanthes* sp., *Cocconeis pediculus*, *Cocconeis placentula*, *Cymbella sinuata*, *Cymbella silesiaca*, *Diatoma vulgare*, *Fragilaria ulna*, *Gomphonema olivaceum*, *Nitzschia acicularis* in *Nitzschia linearis*. Najštevilčneje so se pojavljale vrste *Achnanthes* sp., *Cocconeis pediculus*, *Diatoma vulgare* in *Nitzschia acicularis*. Iz primerjave vrstnih sestavov na odzemnih mestih S1 in S2 je razvidno, da so na vzorčnem mestu pod jezom poleg znižanega števila vrst izginile tudi nekatere vrste, značilne za čistejšje vodotoke (*Achnanthes lanceolata*, *Diatoma mesodon*, *Fragilaria arcus*, *Gomphonema angustum* in *Nitzschia dissipata*) (Krammer & Lange-Bertalot 1997a, 2004a,b). O znižani biodiverziteti alg pod pregradami poročajo tudi drugi avtorji (Cazaubon & Giudicelli 1999), kot glavni razlog navajajo izginjanje številnih vodnih habitatov, primernih za bentoške alge (Gore 1994). V Selški Sori so se pod jezom pojavile nove vrste, značilne za vodotoke s povišanim organskim onesnaženjem (*Closterium moniliferum*, *Melosira varians*, *Surirella brebissonii* var. *kuetzingii*). Na odzemnem mestu pod jezom, predvsem v predelu s počasnim tokom, se je povečala relativna abundanca nekaterih indikatorskih vrst, značilnih za močno organsko onesnaženje (*Melosira varians*, *Nitzschia acicularis* in *Nitzschia*

*palea*) (Krammer & Lange-Bertalot 1997a, 2004a). Na zgoraj opisane spremembe kažejo tudi izračunane vrednosti saprobnega indeksa, ki so bile nad jezo nižje (1,65) kot pod jezo (1,77), vendar nikjer niso dosegle  $\beta$ -mezosaprobnih stopnje onesnaženja. Glede na rezultate saprobnega indeksa lahko uvrstimo Selško Soro na odvzemnih mestih S1 in S2 med oligosaprobnost (neonesnaženo) in  $\beta$ -mezosaprobnost (srednje onesnaženo) stopnjo.

Iz Bray-Curtisovega koeficienta podobnosti (Sl. 5) je razvidno, da sta si bili med seboj bolj podobni točki odvzema na odvzemnem mestu S1 in točki odvzema na odvzemnem mestu S2.



**Slika 5.** Dendrogram: Bray-Curtisov koeficient podobnosti za fitobentos v Selški Sori dne 6.8.2008.

Tudi v raziskavi alg v reki Dragonji (Krivograd Klemenčič et al. 2003) je bilo v predelih reke s počasnim vodnim tokom bistveno višje število vrst kot v predelih reke s hitrim vodnim tokom. Naseljevanje fitobentoških alg je hitrejše pri nizkih hitrostih vodnega toka, do rasti alg in povečevanja organske snovi pa pride pri srednjih hitrostih vodnega toka. Visoke hitrosti vodnega toka ovirajo naseljevanje fitobentoških alg in prirast organske snovi (Biggs 1996). Povečanje hitrosti toka stimulira rast alg, zato je reprodukcija večja pri višjih hitrostih vodnega toka (Peterson & Stevenson 1989). Privzem hranilnih snovi in fotosinteza se povečata pri višjih hitrostih vodnega toka (Stevenson, 1996). V vseh vodotokih nastopajo spremembe hitrosti vodnega toka v času in prostoru in fitobentoške alge so izpostavljene tem nihanjem. Naraščanje hitrosti vodnega toka poveča strižno napetost in pride do odstranjevanja alg (Ghosh & Gaur 1998). Vpliv je očiten v alpskih vodotokih, kjer se hitro menja višina vode in nastajajo spremembe v hitrosti vodnega toka. Pri hitrem toku lahko pride do popolnega uničenja fitobentosa. Tok vode namreč odtrga alge od podlage, mehansko premikanje plavin pa privede do poškodb alg (Wetzel 1983).

## Zaključki

Rezultati analiz na Kokri in Selški Sori so pokazali zmanjšan pretok vode ter zmanjšanje v hitrostih vodnega toka na odsekih, kjer je prišlo do odvzema vode za potrebe hidroelektrarn, kar se je v kombinaciji z drugimi ekološkimi dejavniki pokazalo v spremembi vrstnega sestava fitobentosa in v biomasi. V obeh rekah smo na odvzemnih mestih, kjer je prišlo do odvzema vode, opazili, da ni več nekaterih taksonov alg, ki so bili zabeleženi na odvzemnih mestih pred odvzemom vode (reka Kokra: *Pleurocapsa* sp., *Hydrurus foetidus*, *Fragilaria arcus*, *Meridion circulare*, *Melosira varians*; reka Selška Sora: *Pleurocapsa* sp., *Achnanthes lanceolata*, *Amphora pediculus*, *Gomphonema angustum*, *Rhoicosphaenia abbreviata*). Za natančnejšo analizo ocena vpliva odvzema vode na fitobentos bi bilo treba opraviti analize velikosti in gibljivosti substrata, svetlobnih razmer, strižnih hitrosti, globine vode, izbranih fizikalno – kemijskih parametrov ter opraviti vzorčenje v različnih letnih časih. Vsekakor pa lahko na podlagi rezultatov predlagamo, da je za zagotavljanje združbe fitobentosa v vodotokih potrebno zagotavljanje ustreznih pretokov vode na odsekih, kjer prihaja do odvzemov vode iz vodotokov.

## Summary

Water is abstracted from watercourses for different purposes: hydroelectric power plants, fish farming, irrigation, drinking water, industrial purposes and for tourism and recreation. Water abstraction affects mostly the organisms that are not able to move (primary producers), this is reflected in the change of the relationship between primary and secondary producers and watercourse bio-productivity. The aim of our research was to determine the impact of water abstraction for the purpose of hydroelectric power plants Oljarica (River Kokra) and Niko (River Selška Sora) on phytobenthos community. Phytobenthos was sampled at each sampling site on two sampling points with different water velocities. At all sampling sites, flow and basic physical and chemical parameters were measured. On the River Kokra, local water velocities were also measured at single sampling points. Altogether, 52 taxa from six algal classes were determined in both rivers. According to the number of identified taxa, diatoms prevailed. In the River Kokra, diatoms followed Chlorophyceae and Cyanophyceae. In the River Selška Sora, diatoms followed Cyanophyceae, Chlorophyceae and Zygnematophyceae. Comparison of phytobenthos species compositions on both rivers before and after water abstraction showed that in the River Selška Sora phytobenthos biodiversity was lower below the dam while in both rivers decrease of algal taxa typical for clean waters and increase of algal taxa typical for organic polluted waters were noticed. On both rivers, the values of Saprobic index were higher on the sites with water abstraction, which could be the result of increased organic load or reduced flow. Phytobenthos biomass in the River Kokra was the highest in the areas with low water level and low water velocity.



## Literatura

- Ajdič M., Bertok M., Seliškar A., Globevnik L. (1998): Načrt urejanja povodja, vodnogospodarsko načrtovanje v okvirih približevanja Evropski skupnosti : načrt urejanja povodja Kokre : šopek kapljic za vsakogar. Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava RS za varstvo narave, Ljubljana, 103 pp.
- APHA. AWWA. WPCF. (1992): Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th edition.
- Bergey E.A., Bunlue P., Silalom S., Thapanya D., Chantaramongkol P. (2010): Environmental and biological factors affect desiccation tolerance of algae from two rivers (Thailand and New Zealand) with fluctuating flow. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 29(2):725–736.
- Biggs B.J.F. (1996): Hydraulic habitat of plants in streams. *Regul. Rivers: Res. Manage.* 12: 131-144.
- Biggs B.J.F., Close M.E. (1989): Peryphiton biomass dynamics in gravel bed rivers: the relative effects of flows and nutrients. *Freshwat. Biol.* 22: 209-231.
- Biggs B.J.F., Stokseth S. (1996): Hydraulic habitat suitability for periphyton in rivers. *Regul. Rivers: Res. Manage.* 12: 251-261.
- Bundi U., Eichenberger E. (1989): Wasserentnahme aus Fließgewässern: Gewässerökologische Anforderungen an die Restwasserführung. Schriftenreihe Umweltschutz, Nr. 10, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Bern, 50 pp.
- Cazaubon A., Giudicelli J. (1999): Impact of the residual flow on the physical characteristics and benthic community (algae, invertebrates) of a regulated mediterranean river: the Durance, France. *Regul. Rivers: Res. Manage.* 15: 441-461.
- Ghosh M., Gaur J.P. (1998): Current velocity and the establishment of stream algal periphyton communities. *Aquat. Bot.* 60: 1-10.
- Clarke, K.R. and Warwick. R.M. (2001): Change in Marine Communities: An approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E Ltd. Plymouth, UK.
- Geološki zavod Slovenije (2004): Geološka karta Slovenije, Mladinska knjiga.
- Gore J.A. (1994): Hydrological Change. In: Calow P., Petts G.E. (Eds.), *The Rivers Handbook Hydrological and Ecological Principles*, Vol. 2. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 33-54.
- Hindák F. (1996): Kľuč na určovanie nerozkonarených vláknitých zelených rias (Ulotrichineae, Ulotrichales, Chlorophyceae). Slovenská botanická spoločnosť pri SAV, Bratislava, 73 pp.
- Kosi G. (1988): Vpliv hipolimnijske vode Blejskega jezera iz natege in kanalizacije na primarno produkcijo perifitona v Savi Bohinjki. Magistrsko delo, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 72 str.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (1997a): Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. In: Ettl H., Gärtner G., Heynig H., Mollenhauer D. (Eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 876 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (1997b): Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl H., Gärtner G., Heynig H., Mollenhauer D. (Eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 2/2. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 596 pp.

- Krammer K., Lange-Bertalot H. (2004a): Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl H., Gärtner G., Heynig H., Mollenhauer D. (Eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/3. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 576 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (2004b): Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema, Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. In: Ettl H., Gärtner G., Heynig H., Mollenhauer D. (Eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/4. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 437 pp.
- Krivograd Klemenčič A. (2004): Algal flora of four different springs in Slovenia. *Ann. Ser. hist. nat.* 14: 85-92.
- Krivograd Klemenčič A., Toman M.J., Balabanič D. (2009): Records of new algal taxa within various aquatic and aerophytic habitats in Slovenia. *Nat. Slov.* 11(2): 5-26.
- Krivograd Klemenčič A., Vrhovšek D. (2003): Algae in three different waterfalls in Slovenia - the Savica waterfall, the waterfalls of the Krka river and a small waterfall on Pohorje. *Acta Musei Nat. Pragae.* 59: 93-98.
- Krivograd Klemenčič A., Vrhovšek D. (2004): Algae in the Savica waterfall, Slovenia. *Nat. Slov.* 6(1): 35-39.
- Krivograd Klemenčič A., Vrhovšek D., Kosi G. (2003): Algae in Dragonja river. *Ann. Ser. hist. nat.* 13: 83-90.
- Lowe R.L. (1979): Phytobenthic ecology and regulation streams. In: Ward J.V., Stanford J.A. (Eds.), *The Ecology of Regulated Streams.* Plenum Press, New York, pp. 25-34.
- Mc Intire C.D. (1966): Some effects of current velocity on periphyton communities in laboratory streams. *Hydrobiologia* 27: 559-570.
- Moreno J.L., Angeler D.G., De las Heras J. (2010): Seasonal dynamics of macroinvertebrate communities in a semiarid saline spring stream with contrasting environmental conditions. *Aquat. Ecol.* 44: 177-193.
- Nilsson C., Brittain J.E. (1996): Remedial strategies in regulated rivers: introductory remarks. *Regul. Rivers: Res. Manage.* 12: 347-351.
- Pantle R., Buck H. (1955): Die biologische der Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas-und Wasserfach.* 96: 604.
- Peroci P., Smolar-Žvanut N., Krivograd Klemenčič A. (2009): Ocena vpliva odvzema vode iz vodotoka Oplotnica na hidromorfološke in fizikalno-kemijske dejavnike ter na združbo perifitona. *Nat. Slov.* 11(1): 5-23.
- Peterson C.G., Stevenson R.J. (1989): Substratum Conditioning and Diatom Colonization in Different Current Regimes. *J. Phycol.* 25: 790-793.
- Rolland T., Fayolle S., Cazaubon A., Pagnetti S. (1997): Methodical approach to distribution of epilithic and drifting algae communities in a French subalpine river: Inferences on water quality assessment. *Aquat. Sci.* 59: 57-73.
- Rott E., Pfister P. (1988): Natural epilithic algal communities in fast-flowing mountain streams and rivers and some man - induced changes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 23: 1320-1324.
- Starmach K. (1966): Cyanophyta - Sinice, Glauciphyta - Glaukofity. In: Starmach K. (Ed.), *Flora słodkowodna polski.* Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 808 pp.

- Starmach K. (1980): Chrysophyceae - Zlotowiciowce (oraz zooflagellata wolnozyjace). In: Starmach K. (Ed.), *Flora słodkowodna polski*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 774 pp.
- Starmach K. (1972): Chlorophyta III. Zielenice Nitkovate: Ulotrichales, Ulvales, Prasiolales, Sphaeropleales, Cladophorales, Chaetophorales, Trentepohliales, Siphonales, Dichotomosiphonales. In: Starmach K. (Ed.), *Flora słodkowodna polski*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 750 pp.
- Stevenson R.J. (1984): How currents on different sides of substrates in streams affect mechanisms of benthic algal accumulation. *Int. Rev. Gesamten Hydrobiol.* 69: 241-262.
- Stevenson R.J. (1996): The Stimulation and Drag of Current. In: Stevenson R.J., Bothwell M.L., Lowe M.L. (Eds.), *Algal Ecology Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press, Louisville, pp. 141-168.
- Traaen T.S., Lindstrøm E.-A. (1983): Influence of current velocity on periphyton distribution. In: Wetzel R. G. (Ed.), *Periphyton of Freshwater Ecosystems*. Dr. W. Junk Publishers, Boston, pp. 97-99.
- Uehlinger U. (1991): Spatial and temporal variability of the periphyton biomass in a prealpine river (Necker, Switzerland). *Arch. Hydrobiol.* 123(2): 219-237.
- Valentin S., Wasson J.G., Phillipe M. (1995): Effects of hydropower peaking on epilithon and invertebrate community trophic structure. *Regul. Rivers: Res. Manage.* 10: 105-119.
- Vollenweider R.A. (1974): *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 225 pp.
- Wetzel R.G. (1983): Attached algal-substrata interactions: fact or myth and when and how? In: Wetzel R.G. (Ed.), *Periphyton of Freshwater Ecosystems*. Dr. W. Junk publishers, Boston, pp. 207-215.
- Yamada H., Nakamura F. (2002): Effect of fine sediment deposition and channel works on periphyton biomass in the Makomanai river, northern Japan. *River Res. Appl.* 18: 481-493.
- Zelinka M., Marvan P. (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.* 57: 389-407.