

SAPROBIOLOŠKA ANALIZA OPSKRBNIH
VODA POTOKA PLITVIČKIH JEZERA

Mit deutscher Zusammenfassung

ZLATKO PAVLETIĆ i IVO MATONIČKIN

(Iz Instituta za botaniku Sveučilišta u Zagrebu)

Primljeno za štampu 6. II 1967.

Uvod

Hidrološki sistem Plitvičkih jezera i općenito pojava travertinskih sedimenata na tom području u znatnoj mjeri ovisi o bonitetu ovdašnjih voda koje karakterizira relativno visoki alkalinitet i općenito bikarbonatska tvrdoća. Stoga se i travertinizacija na tom području vršila, čini se, najviše u doba kada su vode bile uglavnom čista bikarbonatska otopina bez primjesa organskih tvari.

U recentno doba, međutim, ovaj proces stvaranja sedrenih naslaga u znatnoj je mjeri usporen zbog djelovanja raznih faktora, među kojima ima najveći utjecaj antropogeni faktor. To se naročito očituje u stalnom zagađivanju voda koje nastaje bilo od otpadnih voda naselja i turističkih objekata ili direktnim zagađivanjem od strane posjetilaca na tom području kojih je svakim danom sve više.

Zbog toga je od znatne važnosti utvrditi saprobiološke odnose u tim vodama o čemu do sada nema podataka. Osim toga i općenito su malo poznati saprobiološki odnosi u krškim vodama tekućicama. U tom pogledu poznati su radovi Bauer-a (1958), Schinzel-a (1955), Zötl-a (1957), Weber-a (1959) i nekih drugih koji obrađuju problematiku zagađivanja krških osnovnih voda u području austrijskih Alpa. Međutim, za vode u užem području Krša gotovo i nema podataka u literaturi. Iako se biologija površinskih voda jugoslavenskog Krša u posljednje vrijeme mnogo istražuje (Pevalek 1953, Golubić 1957, Marčenko 1960, Pavletić 1957 i kasnije, Matonićkin-Pavletić 1961, i kasnije K. i L. Höfler 1961, Gessner 1955 i 1958), otpadnim vodama se

posvećuje samo djelomična pažnja, koliko je to u vezi s obradom pojedinih biocenoza u raznim vodenim biotopima Krša. Pogotovo manjka sistematsko istraživanje površinskih voda Krša u pogledu njihova zagađenja.

Ovakvo stanje je nametnulo da se za početak obradi manje područje koje će ukazivati na uzroke smanjivanja procesa travertinizacije i ujedno dati osnove za daljnja istraživanja saprobioloških odnosa u površinskim krškim vodama.

Solidan osnov za takva istraživanja pružilo je područje opskrbnih potoka u hidrološkom sistemu Plitvičkih jezera. S jedne strane zbog njihove važnosti u formiranju ovoga sistema, a s druge strane što su ove vode u posljednje vrijeme detaljno proučene tako da su poznate biocenoze koje se u njima razvijaju i ekološki faktori koji uvjetuju taj razvoj (Matonićkin-Pavletić 1964).

To područje obuhvaća Crnu i Bijelu rijeku, Maticu, Rječicu i potok Plitvice, koji predstavljaju glavne opskrnbne potoke Plitvičkih jezera. Prilike u svim tim potocima u pogledu njihova zagađenja kao prijemnika otpadnih voda nisu svuda jednake pa je stoga to povoljnije njihovo saprobiološko istraživanje radi bolje komparacije.

Ovdje izneseni rezultati zasnivaju se na višegodišnjim istraživanjima na tom području koja su vršena u razna godišnja doba između 1961. do 1966. godine.

Metodika rada

Za saprobiološku analizu ovih potoka izabrali smo neke od direktnih ekoloških metoda koje danas smatraju kao najpogodnije za zorno prikazivanje saprobioloških prilika u tekućim vodama. Ove metode imaju osnov u saprobnom sistemu koji se danas sve manje primjenjuje u svom klasičnom obliku (Kolkwitz i Marson, 1909). Isto tako sve manje se primjenjuju i modifikacije ovog sistema (Liebmann 1962).

Od ovih metoda najpoznatije su Knöpp-ova (1954) i metoda po Pantle-u i Buck-u (1955).

Obje metode primijenili smo u našim istraživanjima. Po metodi Knöppa izradi se za svako istraživano stanište popis prisutnih vrsta indikatora s oznakom njihove učestalosti brojevima od 1-7, koji se uvrštavaju u rubrike pripadnosti pojedinim zonama prema klasičnom saprobnom sistemu, i to tako da se za oligosaprobnu zonu stavi oznaka 0, za β -mesosaprobnu β , za α -mesosaprobnu α i za polisaprobnu zonu znak p. Brojčane vrijednosti svih vrsta određene saprobne zone se zatim zbrajaju na svakoj istraženoj postaji. Dobiveni podaci se potom unose na grafikon s time da se na pozitivnu stranu ordinate unese zbroj učestalosti $0 + \beta$, a na negativnu stranu $\alpha + p$, dok se na apscisi označuju postaje prema udaljenosti od početne postaje nizvodno u kilometrima. Na taj način dobije se grafički prikazano stanje u tekućici duž njezina toka. Ovakav prikaz Knöpp označuje kao srednja vrijednost boniteta ili longitudinalni presjek biološke kvalitete neke tekućice (Gütelängschnitt).

Pored toga Knöpp je uveo i termine relativni bonitet ili čistoća, i relativni saprobitet ili onečišćenje. Relativni bonitet se dobije po formuli

$(\Sigma 0 + \beta) : (\Sigma 0 + \beta + \alpha + p)$ u postocima, a relativni saprobitet ili onečišćenje na osnovu omjera $(\Sigma p + \alpha) : (\Sigma 0 + \beta + \alpha + p)$, također u postocima. Kratice označuju sumu učestalosti organizama indikatora za svaku zonu.

Metoda po Pantle-u i Buck-u (1956—1960) je nešto jednostavnija. Zbog toga je ona prvi put primijenjena i kao standardni postupak u Demokratskoj Republici Njemačkoj od strane Breitig-a (1961). Prema toj metodi određuje se tzv. saprobni indeks prema formuli $S = \frac{\Sigma s \cdot u}{\Sigma u}$

gdje »S« znači saprobni indeks, a »s« stupanj saprobnosti koji označuje indikatorsku vrijednost za svaku vrstu prema Liebmannovom popisu organizama indikatora (Liebmann 1962), dok »u« označuje učestalost za svaku pojedinu vrstu. Stoga se svaka vrsta vrednuje prema njenom položaju u saprobnom sistemu i njezinoj učestalosti. Kod preračunavanja se upotrebljavaju slijedeće numeričke vrijednosti:

a) za stupanj saprobnosti (s)	
s	Pripadnost organizama indikatora
1	oligosaprobn
2	β - mesosaprobn
3	α - mesosaprobn
4	polisaprobn

b) za učestalost (u)	
u	Učestalost vrsta
1	pojedinačni nalazi
3	česte
4	vrlo česte

Na taj način može se odrediti stupanj onečišćenja za određeno stanište na osnovu dobivenog indeksa prema ovoj tabeli:

Indeks saprobnosti	Stupanj zagađenja
1,0—1,5	vrlo slabo (oligosaprobn)
1,5—2,5	umjereno (β -mesosaprobn)
2,5—3,5	jako (α -mesosaprobn)
3,5—4	vrlo jako (polisaprobn)

Dobiveni rezultati mogu se prikazati grafički i kartografski. Ova metoda se dosada primjenjivala uglavnom za vode tekućice, ali se u posljednje vrijeme upotrebljava i za određivanje stupnja onečišćenja i kod drugih voda.

Saprobna analiza

Kao što je naprijed napomenuto, izvršena je saprobna analiza na Bijeloj i Crnoj rijeci, Rječici i potoku Plitvice. Na svim tim potocima utvrđene su vrste indikatora i na osnovu njihove učestalosti primjenjene su gore navedene metode po Knöpp-u, te Pantle-u i Buck-u.

1. Bijela rijeka

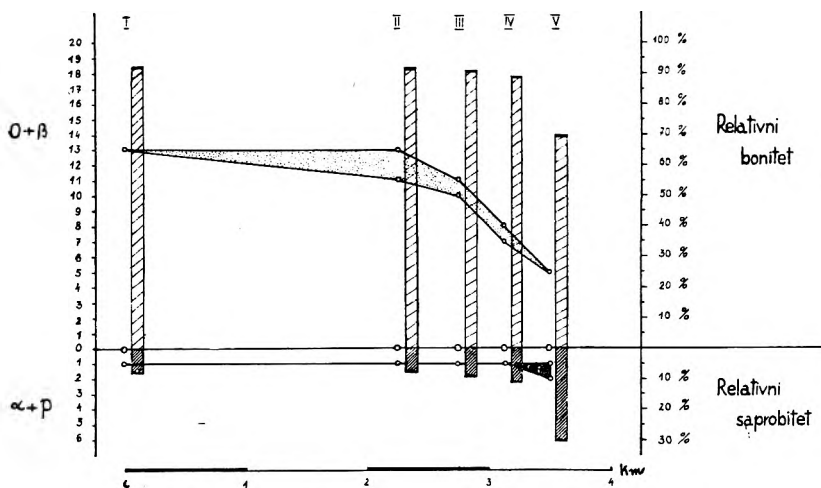
Na Bijeloj rijeci obrađeno je 5 staništa duž čitavog toka potoka i to:

- I. Izvor,
- II. Sredina tijeka,
- III. Kaskadice visine 1 m,
- IV. Nakon utoka potoka Ljeskovac,
- V. Prije spajanja sa Crnom rijekom.

Na svim tim postajama izvršena je analiza prisutnih organizama indikatora i utvrđeno njihovo vrednovanje učestalosti što je prikazano u tabeli 1.

Na osnovu podataka o učestalosti vrsta na pojedinim postajama mogle su se dobiti vrijednosti koje se mogu upotrijebiti za biološko vrednovanje voda. Za Knöppovu metodu mogu se dobiti vrijednosti za $0 + \beta$ i $\alpha + p$, tj., zbroj učestalosti vrsta indikatora za pozitivni i negativni dio ordinate. Ili drugim riječima, za vrijednosti koje pokazuju slabije zagađenje i one koje odražavaju indikatore jačeg onečišćenja. Osim toga, na osnovu ovih podataka mogu se odrediti i vrijednosti relativnog boniteta ili čistoće i relativnog saprobiteta ili onečišćenja, na osnovu omjera $(\Sigma 0 + \beta) : (\Sigma 0 + \beta + \alpha + p)$ i $(\Sigma \alpha + p) : (\Sigma 0 + \beta + \alpha + p)$.

Za vrednovanje po metodi Pantle-a i Buck-a na osnovu dobivenih vrijednosti učestalosti mogu se dobiti podaci o indeksu saprobiteta za svaku pojedinu postaju. Tako dobiveni podaci prikazani su u tabeli 2.



Sl. 1. Longitudinalni presjek biološke kvalitete voda Bijele rijeke

Tabela 1

Učestalost organizama indikatora na istraženim postajama Bijele
rijeke po metodama Knöppa, te Pantleu i Bucka

Postaja	Vrste	po Knöppu			po Pantleu i Bucku				
		0	β	α	p	1	2	3	4
I	<i>Vaucheria gemminata</i>	1				1			
	<i>Phormidium autumnale</i>			1				1	
	<i>Calothrix parietina</i>	1				1			
	<i>Planaria alpina</i>	2				1			
	<i>Ecdyonurus fluminum</i>	2				3			
	<i>Agapetus fuscipes</i>	2				3			
	<i>Limnophilus flavicornis</i>	1				1			
	<i>Helmis mauei</i>	4				5			
			13		1		15		1
II	<i>Spirogyra crassa</i>		1				3		
	<i>Nostoc verrucosum</i>	1				1			
	<i>Phormidium autumnale</i>			1				1	
	<i>Fontinalis antipyretica</i>	1				1			
	<i>Planaria gonocephala</i>	1				1			
	<i>Pisidium cinereum</i>			1			1		
	<i>Ecdyonurus fluminum</i>	3				3			
	<i>Limnophilus flavicornis</i>	1				1			
	<i>Helmis mauei</i>	4				5			
		11	2	1		12	4	1	
III	<i>Phormidium autumnale</i>			1				1	
	<i>Vaucheria gemminata</i>	3				3			
	<i>Fontinalis antipyretica</i>	2				3			
	<i>Planaria gonocephala</i>	1				1			
	<i>Ancylus fluviatilis</i>		1	1			1		
	<i>Helmis mauei</i>	4					5		
		10	1	1		12	1	1	
IV	<i>Phormidium autumnale</i>			1				1	
	<i>Nostoc verrucosum</i>	2				1			
	<i>Vaucheria gemminata</i>	4				3			
	<i>Planaria gonocephala</i>	1				1			
	<i>Ancylus fluviatilis</i>		1				1		
		7	1	1		5	1	1	
V	<i>Phormidium autumnale</i>			1				1	
	<i>Vaucheria gemminata</i>	3				5			
	<i>Cladophora glomerata</i>	1				1			
	<i>Planaria gonocephala</i>	1				1			
	<i>Eristalis tenax</i>				1				1
		5		1	1	7		1	

Tabela 2

Podaci za biološko vrednovanje voda u istraženim postajama Bijele rijeke

Postaja	$0 + \beta$	$\alpha + p$	Relativni bonitet u %	Relativni saprobit. u %	Indeks saprobiteta
I	13	1	90	10	1,1
II	13	1	92	8	1,3
III	11	1	91	9	1,2
IV	8	1	89	11	1,3
V	5	2	70	30	1,7

Ovi se podaci mogu prikazati i grafički (sl. 1) tako da se na pojedinim postajama unesu odgovarajuće vrijednosti zbroja učestalosti i podaci u postocima za relativni bonitet i relativni saprobitet. Na taj način dobije se po Knöppu longitudinalni presjek biološke kvalitete voda u Bijeloj rijeci. Na apscisi su označene postaje prema njihovoj udaljenosti u kilometrima.

Iz grafikona se može jasno uočiti da se vode u Bijeloj rijeci u nizvodnom smjeru postepeno zagađuju. Dok su na samom izvoru gotovo čiste s relativnim bonitetom od 90%, u nizvodnom smjeru se zapaža postepeno povećanje indikatora β -mesosapronih voda u dužini od preko 2 km.

Ipak, na postaji koja je ovdje istražena voda ne pokazuje neko jače zagađenje, tako da relativni saprobitet iznosi i ovdje svega 10%, a relativni bonitet je također još uvijek vrlo visok. Međutim, zapaža se tendencija sve većeg onečišćenja vode, tako da se nakon tog područja relativni bonitet počinje smanjivati i u znatnoj mjeri povećavati relativni saprobitet, tako da poslije 3 km počinju dolaziti do izražaja i indikatori polisapronih voda (ispunjeno crnim), pa na kraju toka potoka relativni saprobitet pada na 70% čime se proporcionalno povećao relativni saprobitet na 30%. To je i razumljivo ako se uzme u obzir da je upravo to područje Bijele rijeke najgušće naseljeno pa u vodu ulaze mnoge otpadne vode iz nastamba i gospodarskih zgrada koje u znatnoj mjeri zagađuju prijemnik Bijele rijeke.

Do istih zaključaka možemo doći i uspoređivanjem vrijednosti indeksa saprobiteta koji se stalno povećava u nizvodnom smjeru.

2. Crna rijeka

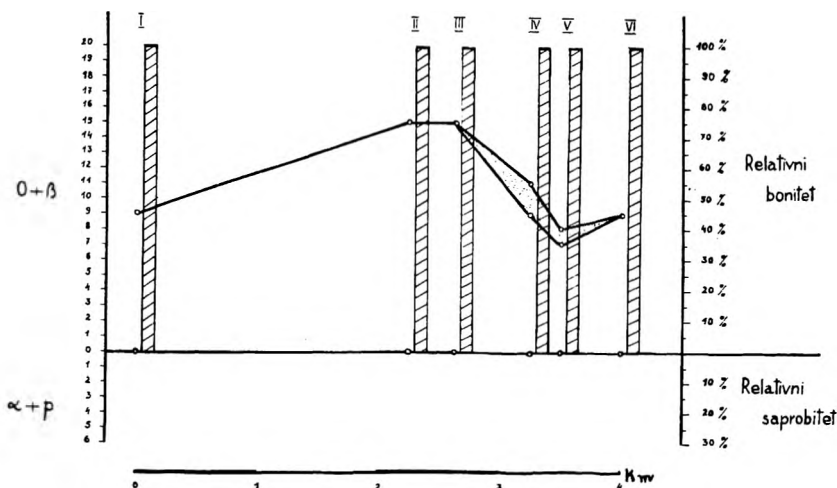
U svome kratkom toku (oko 4 km) Crna rijeka nekoliko puta mijenja svoje hidrološke i druge ekološke karakteristike, pa se kod određivanja postaja uzelo to u obzir i izdvojilo najtipičnija staništa duž čitavog tijeka. Na taj je način izdvojeno 6 različitih postaja na kojima se izvršila saprobiološka analiza. To su ove postaje:

- I. Izvor,
- II. Višestepena kaskada u sredini tijeka,
- III. Prelaz potoka u mirniji tijek,
- IV. Kod napuštene mlinice,
- V. Donji tijek prije utoka u Bijelu rijeku,
- VI. Nakon spajanja sa pritokom Kavga.

Na svim ovim postajama, kao i na prethodnoj rijeci, izvršena je saprobiološka analiza prema prisutnosti i učestalosti vrsta na osnovu obiju primijenjenih metoda, što je prikazano u tabeli 3.

Biološko vrednovanje vode prikazano je u tabeli 4.

Na osnovu ovih podataka vidi se da je bonitet voda duž čitavog tijeka uglavnom povoljan, jer na svim postajama iznosi 100%. Međutim iz longitudinalnog presjeka biološke kvalitete (sl. 2) jasno se vidi da se vode u donjem tijeku postepeno zagađuju, iako u malim količinama. Naime u tom dijelu tijeka dolaze do izražaja indikatori β -mesosaprobni vrsta, i to uglavnom konjugatna vrsta *Spirogyra crassa* koja se sve više razvija u ustajalim vodama i na prisojnim staništima.



Sl. 2. Longitudinalni presjek biološke kvalitete voda u Crnoj rijeci

Tabela 3

Učestalost organizama indikatora u Crnoj rijeci

Postaja	Vrste	po Knöppu				po Pantleu i Bucku			
		0	β	α	p	1	2	3	4
I	<i>Cinclidotus aquaticus</i>	2				3			
	<i>Planaria alpina</i>	1				1			
	<i>Apatania muliebris</i>	2				1			
	<i>Helmis mauegi</i>	4				3			
		9				8			
II	<i>Cinclidotus aquaticus</i>	2				3			
	<i>Fontinalis antipyretica</i>	2				3			
	<i>Planaria alpina</i>	2				3			
	<i>Apatania muliebris</i>	2				1			
	<i>Agapetus fuscipes</i>	3				3			
	<i>Goera pilosa</i>	1				1			
	<i>Helmis mauegi</i>	2				3			
		14				17			
III	<i>Fontinalis antipyretica</i>	4				3			
	<i>Planaria alpina</i>	2				1			
	<i>Ecdyonurus fluminum</i>	3				3			
	<i>Goera pilosa</i>	1				1			
	<i>Limnophilus flavicornis</i>	1				1			
	<i>Agapetus comatus</i>	3				3			
	<i>Helmis mauegi</i>	1				1			
		15				13			
IV	<i>Nostoc verrucosum</i>	1				1			
	<i>Spirogyra crassa</i>		2				3		
	<i>Vaucheria gemminata</i>	2				1			
	<i>Cinclidotus aquaticus</i>	2				3			
	<i>Fontinalis antipyretica</i>	2				1			
	<i>Planaria alpina</i>	1				1			
	<i>Helmis mauegi</i>	2				1			
		9	2			7	3		
V	<i>Nostoc verrucosum</i>	1				1			
	<i>Spirogyra crassa</i>		1				1		
	<i>Fontinalis antipyretica</i>	1					1		
	<i>Ecdyonurus fluminum</i>	3					1		
	<i>Helmis mauegi</i>	2					1		
		7	1			3	1		
VI	<i>Nostoc verrucosum</i>	1				1			
	<i>Meridion circulare</i>	1				1			
	<i>Planaria alpina</i>	1				1			
	<i>Ecdyonurus fluminum</i>	2				1			
	<i>Helmis mauegi</i>	4				3			
		9				7			

Tabela 4
 Biološko vrednovanje voda u Crnoj rijeci

Postaja	$0 + \beta$	$\alpha + p$	Relativni bonitet u %	Relativni saprobitet u %	Indeks saprobiteta
I	9	—	100	—	1
II	14	—	100	—	1
III	15	—	100	—	1
IV	11	—	100	—	1,3
V	8	—	100	—	1,2
VI	9	—	100	—	1

Iz ovog presjeka se mogu jasno uočiti dva odsječka rijeke. Jedan nešto čišći, a drugi s neznatnim stupnjem saprobnosti. Zanimljivo je da se ta dva dijela uglavnom poklapaju s hidrološkim prilikama u koritu. Dok je rijeka tekuća i ima karakter gorskog potoka, njezine vode su nešto čišće, a kada zađe u ravničarski tok i poprimi značajke gotovo ustajale vode, tada voda postaje nešto malo onečišćena. Uzroke slabijeg onečišćenja treba tražiti u pritjecanju iscijeđene vode sa šumskih obronaka koja nanosi i stanovitu količinu organskog detritusa. Naneseni materijal onda može djelovati u stanovitoj mjeri nepovoljno na biološki kvalitet vode. Sasvim na kraju tijeka opaža se stanovito povišenje boniteta, što je najvjerojatnije u vezi s pritjecanjem čišćih voda pritoke Kavge.

I uspoređivanjem vrijednosti indeksa saprobiteta vidi se postepeno zagađivanje u nizvodnom smjeru s laganim poboljšanjem na krajnjem donjem dijelu tijeka. To pokazuje i mikrobiološka analiza ovdašnjih voda pa je broj utvrđenih bakterija znatno veći u donjem tijeku nego u gornjem (Pavletić-Stilinović 1966).

3. Matica

Zbog tako različitih prilika u pogledu biološkog vrednovanja vode u Crnoj i Bijeloj rijeci bilo je zanimljivo istražiti stanje u onim vodama koje nastaju spajanjem ovih dvaju potoka, tj. u tzv. Matici koja ima oko 2 km dugačku protoku i samo u početku ima karakter nešto brže tekućice dok kasnije protječe kroz sada zatrpano područje Prošćanskog jezera u dužini od oko 1,5 km. Stoga smo i u ovom području izvršili biološku analizu voda po već unaprijed opisanim metodama i to na ovim postajama:

- I. Odmah nakon spajanja Crne i Bijele rijeke,
- II. Nakon primitka svih pritoka,
- III. Utok Matice u Prošćansko jezero.

Vrednovanje učestalosti za ove tri postaje prikazano je u tabeli 5.

Na osnovu tog vrednovanja dobiveni su podaci za dobivanje uzdužnog presjeka biološke kvalitete, što je prikazano u tabeli 6.

Tabela 5

Učestalost organizama indikatora u Matici

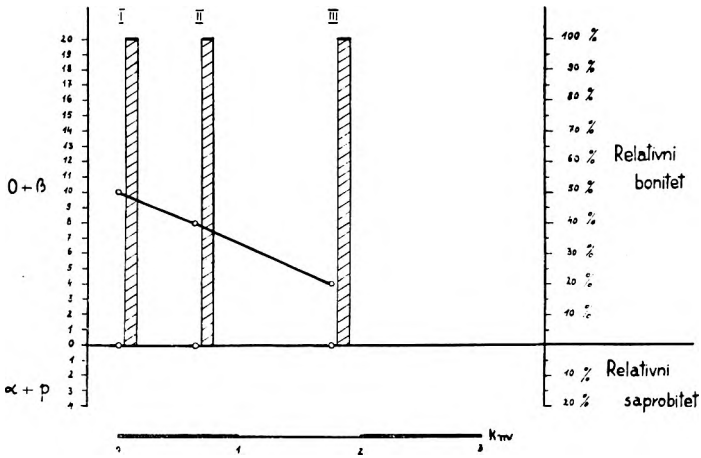
Postaja	Vrste	po Knöppu				po Pantleu i Bucku			
		0	β	α	p	1	2	3	4
I	<i>Noctoc verrucosum</i>	1				1			
	<i>Vaucheria gemminata</i>	2				1			
	<i>Fontinalis antipyretica</i>	4				3			
	<i>Helmis mauei</i>	3				3			
		10				8			
II	<i>Vaucheria gemminata</i>	1				1			
	<i>Planaria gonocephala</i>	1				1			
	<i>Ecdyonurus fluminum</i>	3				3			
	<i>Helmis mauei</i>	3				3			
		8				8			
III	<i>Fontinalis antipyretica</i>	1				1			
	<i>Polyphemus pediculus</i>	2				3			
	<i>Helmis mauei</i>	1				1			
		4				5			

Tabela 6

Biološko vrednovanje voda u Matici

Postaja	0 + β	α + p	Relativni bonitet u %	Relativni saprobitet u %	Indeks saprobiteta
I	10	—	100	—	1
II	8	—	100	—	1
III	4	—	100	—	1

Iako bi se očekivalo da će na ove vode utjecati onečišćenje iz Bijele rijeke, ipak je na svim postajama utvrđen visoki relativni bonitet od 100% (sl. 3). Ali i pored toga može se vidjeti da su vode gornjega toka jače zagađene jer imaju najvišu učestalost oligosaprobnih predstavnika. U nizvodnom smjeru se učestalost ovih indikatora postepeno smanjuje, što ukazuje na postepeno prečišćivanje ovih voda. Znači da se duž tijeka Maticе postepeno vrše procesi samoočišćenja, a da pri tom nema utjecaja nekih drugih faktora koji bi djelovali na povećanje saprobiteta. Ovo se može tumačiti na taj način što Matica u svom donjem toku ne prima nikakove pritoke niti otpadne vode jer protječe kroz ravno zatrpano područje gornjeg dijela Prošćanskog jezera.



Sl. 3. Uzdužni presjek biološke kvalitete voda u Matici

Smanjeno zagađenje u odnosu na vode Bijele rijeke može se protumačiti činjenicom što se ove vode miješaju ne samo sa relativno čistim vodama Crne rijeke nego na to utječu vode izvora tzv. Pećine koje se ulijevaju neposredno nakon spajanja Crne i Bijele rijeke. Osim toga treba napomenuti da sastavljena voda u početku poprma relativno brzi tijek po nagnutom koritu što izazivlje jako prozračivanje, a time i stanovito pročišćavanje vode.

Osim toga može se općenito zapaziti mali broj vrsta indikatora, što također ukazuje na povećanje boniteta tih voda.

Na relativno visoki bonitet tih voda ukazuje i izračunati indeks saprobiteta koji ni na jednom ispitanom staništu ne prelazi 1.

4. Rječica

Radi uspoređivanja s opskrbnim potocima na području Plitvičkih jezera bilo je potrebno izvršiti biološku analizu na jednom drugom hidrološkom sistemu koji opskrbljuje vodom Plitvička jezera. To je područje Rječice koje se zapravo sastoji od čitavog sistema izvorišnih krakova skupljenih u glavnom protoku nazvanom tim imenom. I na tom potoku ispitana su staništa na 3 mjesta gdje su izvršena sva glavna mjerenja i zapažanja. To su:

- I. Najistočniji izvorišni krak,
- II. Nakon utoka najveće pritoke,
- III. Donji tijek prije ulaska u jezero Kozjak.

Na ovim je postajama nađeno malo vrsta indikatora, ali je ipak toliko da se mogla izvršiti biološka analiza i procjena učestalosti, kako je to prikazano u tabeli 7.

Tabela 7
Vrednovanje učestalosti vrsta indikatora u Rječici

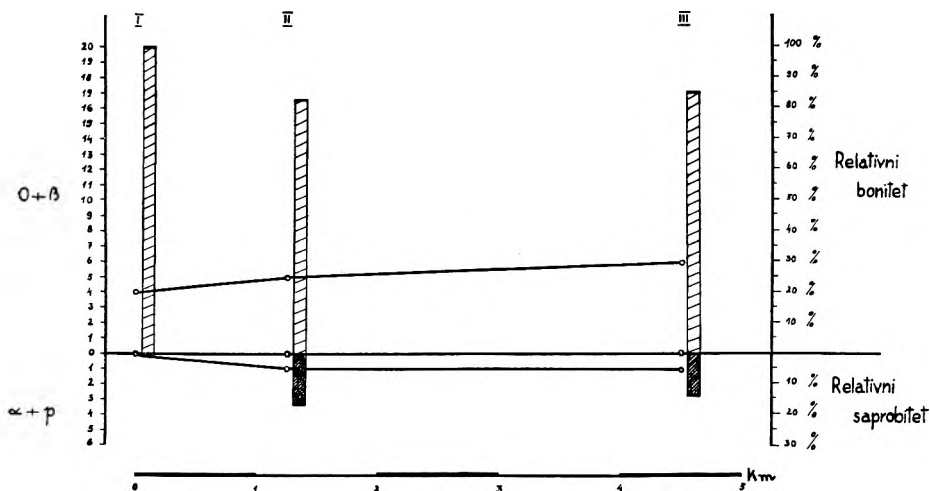
Postaja	Vrste	po Knöppu				po Pantleu i Bucku			
		o	β	α	p	1	2	3	4
I	<i>Planaria alpina</i>	2				1			
	<i>Ecdyonurus fluminum</i>	2				1			
		4				2			
II	<i>Phormidium autumnale</i>			1					1
	<i>Planaria gonocephala</i>	2				3			
	<i>Helmis maugeri</i>	3				3			
		5				6			
III	<i>Phormidium autumnale</i>			1					1
	<i>Planaria gonocephala</i>	2				3			
	<i>Ecdyonurus fluminum</i>	2				1			
	<i>Agapetus comatus</i>	2				3			
		6		1		7			1

Ovakova procjena, i pored toga što se zasnivala na manjem broju indikatora, omogućila je da se dobiju podaci za biološko vrednovanje ovih voda što je pokazano u tabeli 8.

Tabela 8
Biološko vrednovanje vode u Rječici

Postaja	0 + β	α + p	Relativni bonitet u %	Relativni saprobitet u %	Indeks saprobiteta
I	4	—	100	—	1
II	5	1	83	17	1,3
III	6	1	86	14	1,2

Iz ovih podataka je vidljivo da su u ovom području najčišće vode u izvorišnom dijelu. To pokazuje njihov relativni bonitet koji iznosi 100% kao i indeks saprobiteta koji je ovdje 1. Drugačije su, međutim, prilike na onom dijelu riječnoga korita koji je primio pritoke. Tu se zapaža stanovito povećanje učestalosti oligosaprobrih indikatora, te prisutnost indikatora nešto jače zagađenih voda što sve utječe na smanjenje relativnog boniteta i povećanje saprobiteta. Prema uzdužnom presjeku biološke kvalitete (sl. 4) može se uočiti tendencija postepenog iako malog zagađivanja



Sl. 4. Uzdužni presjek biološke kvalitete voda u Rječici

vode. To je svakako u prvom redu u vezi sa stalnim pritjecanjem pritoka i procijeđenih voda koje postepeno unose detritus i drugi otpadni materijal s prirodnih staništa na obalnom području tog hidrološkog sistema. Međutim, ovdje u stanovitoj mjeri utječu i otpadne vode naselja, koja doduše nisu tako gusta, ali ipak postoje u nekim dijelovima gornjeg tijeka Rječice. Ovo relativno povećanje saprobiteta u glavnoj protoci odražava se i u nešto povećanom indeksu saprobiteta koji je određen po metodi Pantle-a i Buck-a.

5. Plitvice

Kao opskrbeni potok obradili smo i potok Plitvice iako on direktno ne ulazi ni u jedno od Plitvičkih jezera nego se njegove vode samo spajaju s njihovim vodama kod tzv. Sastavaka. Karakter ovih voda je sličan kao i u svim ostalim ovakvim potocima, pa su one bile pogodne za komparaciju. I ovdje smo zbog kratkoće tijeka obradili svega tri postaje:

- I. Izvor,
- II. Kaskadice u srednjem tijeku,
- III. Neposredno iznad slapa Plitvice.

Na svim tim postajama izvršili smo već uobičajenu biološku analizu i odredili učestalost vrsta indikatora što je prikazano u tabeli 9.

Ovdje su prisutni vrlo različiti indikatori s promjenljivom učestalosti, pa je zbog toga na tom području bilo nekih razlika u odnosu na glavne podatke za biološko vrednovanje voda. Ovi su podaci prikazani u tabeli 10.

Tabela 9

Učestalost vrsta po pojedinim zonama saprobiteta u potoku Plitvice

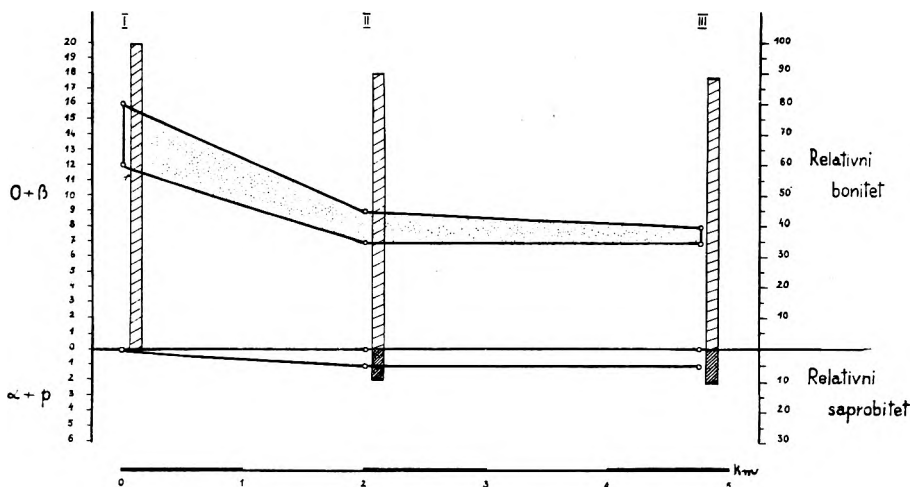
Postaja		po Knöppu				po Pantleu i Bucku			
		0	β	α	p	1	2	3	4
I	<i>Calothrix parietina</i>	1				1			
	<i>Meridion circulare</i>	1				1			
	<i>Spirogyra crassa</i>		1				1		
	<i>Vaucheria gemminata</i>	1				1			
	<i>Cinclidotus aquaticus</i>	5				5			
	<i>Planaria alpina</i>	1				1			
	<i>Ancylus fluviatilis</i>		3				3		
	<i>Helmis mauegi</i>	3				1			
		12	4			10	4		
II	<i>Phormidium autumnale</i>			1				1	
	<i>Spirogyra crassa</i>		2				1		
	<i>Vaucheria gemminata</i>	2				1			
	<i>Cinclidotus aquaticus</i>	1				1			
	<i>Planaria alpina</i>	1				1			
	<i>Helmis mauegi</i>	3				3			
	7	2	1		6	1	1		
III	<i>Phormidium autumnale</i>			1				1	
	<i>Spirogyra crassa</i>		1				1		
	<i>Vaucheria gemminata</i>	1				1			
	<i>Cinclidotus aquaticus</i>	1				1			
	<i>Planaria gonocephala</i>	1				1			
	<i>Ecdyonurus fluminum</i>	1				1			
	<i>Helmis mauegi</i>	3				5			
	7	1	1		7	1	1		

Tabela 10

Glavni podaci za biološko vrednovanje voda u potoku Plitvice

Postaja	0 + β	α + p	Relativni bonitet u %	Relativni saprobitet u %	Indeks saprobiteta
I	16	—	100	—	1,3
II	9	1	90	10	1,4
III	8	1	89	11	1,3

Ovaj potok pokazuje sasvim osebujnu sliku uzdužnog presjeka biološke kvalitete, drugačiju od uzdužnih presjeka ranije obrađenih potoka (sl. 5). Već kod izvora se zapaža dosta visoka učestalost oligosaprobnih i beta mesosaprobnih indikatora, iako to ne utječe na relativni bonitet ovdašnjih voda koji iznosi 100%. To je, uostalom, i razumljivo jer je ovo vrelo djelomično kaptirano za potrebe vodovoda užeg područja Plitvica.



Sl. 5. Uzdužni presjek biološke kvalitete vođa u potoku Plitvice

Prisutnost oligosaprobnihi indikatori može se tumačiti stalnim ulaskom organskog detritusa i u ovo područje iz gustih okolnih šuma. Već na slijedećoj postaji nakon 2 km zapažaju se i indikatori jaćeg zagađenja voda što je u vezi s brojnim naseobinama koje se nalaze u blizini. Time se smanjuje relativni bonitet na 90% i ujedno se očituje i relativna saprobnost voda. Ova saprobnost dolazi još više do izražaja na trećem staništu gdje prelazi 10%, a relativni bonitet pada ispod 90%. To je također u vezi s naseljima koja stalno prate kroz čitava tri kilometra tijekom potoka.

Zanimljivo je da uspoređivanje indeksa saprobiteta ne pokazuje takav postepeni rast saprobnosti, nego je najviši u srednjem toku, što ukazuje na neujednaćenost vrednovanja raznim metodama. Ipak treba naglasiti da je na ispitanim postajama utvrđen relativno mali broj vrsta indikatori, a i vrednovanje učestalosti nije sasvim egzaktno pa i to može utjecati na stanovite razlike u vrednovanju biološke kvalitete vode.

Saprobiološke karakteristike opskrbnih potoka Plitvićkih jezera

Uspoređujući postignute rezultate biološke analize opskrbnih potoka Plitvićkih jezera, možemo konstatirati da upotrebljene metode po Knöpp-u i posebno po Pantle-u i Buck-u mogu poslužiti za biološko vrednovanje ovih voda.

Na osnovu tih istraživanja moglo se ustanoviti različite tipove biološke kvalitete u ovim tekućicama iako je broj vrsta indikatora organizama bio relativno malen. To je i razumljivo, ako se uzme u obzir da su to vode s relativno visokim bonitetom koje, da tako kažemo, još nisu imale vremena da se jače zagade, jer predstavljaju uglavnom vode koje su neposredno izašle iz podzemnih rezervoara.

Ipak i pored toga moguće je ustanoviti utjecaj stanovitog zagađenja, bilo prirodnog ili uvjetovanog utjecajem čovjeka. Treba odmah naglasiti da ne postoje nigdje idealno čiste tekuće vode jer u tekućice stalno zalaze pritoci, koji sobom nose stanovitu količinu organskog materijala. To je pogotovo slučaj na Plitvičkim jezerima, gdje su gotovo sva područja izvan vode pokrivena gustim šumama u kojima prevladavaju bjelogorice, tako da vode koje se procijeđuju po terenu s mnogo uginulog lišća, granja i životinjskih leševa moraju sobom nositi i znatne količine ovih tvari koje su u stanju razgradnje ili će biti razgrađene. To je i razlog da u svim ovim vodama ima indikatora svih tipova zagađenja pa čak nekada i u samom području izvora kao što je to slučaj na izvoru Plitvice, gdje su u vodama pored oligosaprobni, bili prisutni i β -mesosaprobni indikatori. Međutim, treba napomenuti da od prirodnog zagađenja može doći samo do oligosaprobni i β -mesosaprobni stupnjeva, kao što se to vidi na području Crne rijeke i Matice, a donekle i Rječice. Do jačeg zagađenja može doći samo u području gdje se nalaze ljudska naselja i općenito postrojenja koja su izgradili ljudi. Tada dolaze do izražaja i indikatori mesosaprobni, pa čak polisaprobni voda kao što je to slučaj u najdonjem toku Bijele rijeke gdje su naselja najgušća, a time i količina otpadnih voda koje ulaze u potok je najveća. Tamo gdje su naselja rjeđa, kao što je npr. u području potoka Plitvice, a donekle i Rječice, dolaze do izražaja samo mesosaprobni indikatori.

Općenito se može reći za sve ove vode da u nizvodnom smjeru postepeno gube, iako neznatno, na svome bonitetu i postaju sve saprobnije. To se naročito odnosi na one potoke u koje ulaze i otpadne vode iz naselja kao što je to slučaj s Bijelom rijekom, potokom Plitvice i Rječicom.

Kod onih voda koje imaju stalno visoki relativni bonitet, kao što je npr. Crna rijeka, tamo se također to zapaža, ali bez prisustva jačeg zagađivanja, tako da se u nizvodnom smjeru počinju javljati samo indikatori mesosaprobnog zagađenja. Isto tako dolazi do izražaja i djelatnost pritoka koji imaju visoki bonitet pa u stanovitoj mjeri smanjuju po ulasku u potok intenzitet onečišćenja.

Zanimljivo je također da se u vodama koje nisu utjecane nikakvim prilivom bilo prirodnih ili otpadnih voda iz naselja ne zapaža povećanje stupnja onečišćenja, već naprotiv kod njih u nizvodnom smjeru vode postaju sve manje zagađene, što znači da se u njima vrše progresivno procesi samoočišćenja koji nisu poremećeni nikakvim vanjskim agensom kao što je to slučaj u Matici koja protječe kroz zatrpani dio Prošćanskog jezera i ne prima nikakove pritoke u tom dijelu.

Ako bismo željeli prodiskutirati vrijednosti upotrebljenih metoda, možemo ustanoviti da za vrednovanje mogu poslužiti dobro i jedna i druga. Međutim, radi boljeg utvrđivanja promjena i kvalitete duž čitavog tijeka, mogu se dobiti jasniji i zorniji rezultati kroz longitudinalni presjek biološke kvalitete dobivene po metodi Knöppa. Na taj način mogu se dobiti podaci koji pokazuju stanje na pojedinim postajama prema svim prisutnim indikatorima pojedinih zona saprobiteta, a ne samo numeričke vrijednosti koje se dobivaju indeksom saprobiteta po Pantleu i Bucku.

Ipak kombiniranjem obiju metoda, što smo upravo primijenili u ovom našem radu, dobiju se najadekvatniji podaci koji mogu poslužiti i kao međusobna kontrola ispravnosti dobivenih rezultata i na osnovu toga mogu se donijeti odgovarajući zaključci.

Posebno je pitanje da li vrste indikatori koji su ovdje određeni prema popisu indikatora u zadnjem izdanju Liebmannova djela (1962) vrijede i za ovo naše istraženo područje. Na osnovu naših dugogodišnjih iskustava čini nam se da neki indikatori ne bi sasvim odgovarali, kao što je npr. *Cinclidotus aquaticus*, *Planaria alpina*, *Ancylus fluviatilis*, koje smo često nalazili u samoj izvorskoj vodi u znatnim količinama. Međutim, ovaj naš rad je prvi pokušaj uopće da se izvrši saprobiološko vrednovanje u tekućim krškim vodama. Daljnja iskustva na tom području istraživanja objasniti će detaljnije i ova pitanja.

Z a k l j u č a k

U radu se prvi put saprobiološki obrađuju tekuće vode krškog područja. U tu svrhu izabrani su opskrbeni potoci Plitvičkih jezera: Bijela i Crna rijeka, Matica, Rječica i potok Plitvice. Na svim tim tekućicama izvršena je detaljna saprobiološka analiza i na osnovu toga je za njih utvrđen longitudinalni biološki presjek koji se dobiva po metodi Knöppa, a određen je za svaku istraženu postaju također i indeks saprobnosti po Pantleu i Bucku.

Na osnovu ovakove analize utvrđeno je da u pogledu biološke kvalitete postoje razni tipovi potoka. Prije svega postoje vode sa stalno visokim relativnim bonitetom, kao što je to slučaj u Crnoj rijeci, te one kod kojih se u nizvodnom smjeru postepeno povećava relativni saprobitet, kao što je to slučaj kod Bijele rijeke, Rječice i potoka Plitvice. Ovo povećanje je uglavnom rezultat otpadnih voda iz naselja. Međutim i potoci sa stalno visokim bonitetom vode pokazuju u nizvodnom smjeru stanoviti stupanj onečišćenja koje je najviše β -mesosaprobno i posljedica je pritjecanja prirodnih voda koje sobom nose i stanovitu količinu organskih tvari.

Kod onih potoka u kojima se u nizvodnom smjeru povećava saprobnost dolaze do izražaja uglavnom α -mesosaprobne vode dok polisaprobne indikatore pokazuje samo Bijela rijeka u svome najdonjem odsječku.

Postoji i treći tip tekućica koje ne primaju ni prirodne pritoke ni otpadne vode, kao što je to Matica. U toj se tekućici u nizvodnom smjeru povećava bonitet što je posljedica stalnih procesa samoočišćenja koji se neprekidno vrše u nizvodnom smjeru.

Literatura — Schrifttum

- Bauer F.*, 1958: Quellengefährdung in Karstgebieten. Österr. Wasserwirtschaft 10, 100.
- Gessner F.*, 1955, 1958: Hydrobotanik I, II, Berlin.
- Golubić S.*, 1957: Vegetacija alga na slapovima rijeke Krke u Dalmaciji. Rad JAZU 312, 207—259.
- Höfler K. u. L.*, 1961: Notizen zur Moosvegetation und über Moosgesellschaften des Plitwicer Seengebietes. Phytion 9, 181—190.
- Kolkwitz R. u. Marson M.*, 1909: Ökologie der tierischen Saprobien. Internat. Revue d. Ges. Hydrobiologie u. Hydrographie 2, 126—152.
- Knöpp H.*, 1948: Eine neuer Weg zur Darstellung biologischer Vorfluteruntersuchungen, erläutert an einem Gütelängsschnitt des Maine. Die Wasserwirtschaft 45, 9—15.
- Liebmann H.*, 1962: Handbuch der Frischwasser-und Abwasser-Biologie. München.
- Marčenko E.*, 1960: Prilozi poznavanja vegetacije alga na području slapova Plitvičkih jezera. Rad JAZU 320, 107—152.
- Matonićkin I. Pavletić Z.*, 1962: Contributo alla conoscenza dell'ecologia delle biocenosi sulle cascade travertinose nella regione carsica Jugoslava. Hidrobiologia 18, 225—244.
- Matonićkin I. Pavletić Z.*, 1962: Entwicklung der Lebensgemeinschaften und ihre Bedeutung für Bildung und Erhaltung der Kalktuff-Wasserfälle. Arch. Hydrobiol. 58, 467—473.
- Matonićkin I. Pavletić Z.*, 1964: Studi ecologici delle biocenosi sulle deposizioni travertinose. Archivio di oceanografia e limnologia 13, 197—205.
- Pantle R. u. Buck H.*, 1955: Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Besondere Mitteilung um Deutschen Gewässerkundlichen. 12, 135—143.
- Pavletić Z.*, 1957: Ekološki odnosi briofitske vegetacije na slapovima Plitvičkih jezera. Acta botanica Croatica 16, 63—88.
- Pevalek I.*, 1953: Prikaz i stanje sedre na Krki. Krka i problemi njezine zaštite. Konzervatorski zavod NR Hrvatske, 34—41.
- Schinzel A.*, 1955: Schutzgebiete für Wasserversorgungsanlagen. Mitt. d. Österr. San. Verw. 56, 260—265.
- Weber J.*, 1959: Abwasserverhältnisse in Karstgebieten. Wasser und Abwasser 61, 2—15.
- Zötl J.*, 1957: Der Einzugsbereich von Quellen im Karstgebirge. Österr. Wasserwirtschaft 9, 77—82.

ZUSAMMENFASSUNG

SAPROBIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN DER VERSORGUNGSGEWÄSSER VON PLITVIČKA JEZERA

Zlatko Pavletić und Ivan Matonićkin

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Zagreb)

In der vorliegenden Abhandlung wird über die zum ersten Mal vorgenommenen saprobiologischen Untersuchungen der fließenden Gewässer des jugoslawischen Karstgebietes berichtet. Zum Gegenstand dieser Untersuchungen haben wir die Versorgungsgewässer von Plitvička jezera gewählt, und zwar die Bäche Bijela rijeka, Crna rijeka, Matica, Rječica und Plitvice. Diese fließenden Gewässer wurden von uns eingehend analysiert, so daß wir auf Grund dieser Untersuchung für jeden Bach einen biologischen Gütelängsschnitt mittels Knöpps Methode aufstellen und einen Saprobienindex nach Pantle und Buck bestimmen konnten.

Aus diesen Untersuchungen konnten wir feststellen, daß die genannten Bäche in Hinsicht auf ihre biologische Qualität größere Unterschiede zeigen, so daß wir drei Typen von Bächen unterscheiden konnten. Erstens, kann man Bäche auffinden, wie z. B. Crna rijeka, die den ganzen Lauf entlang eine hohe und ziemlich gleichmäßige relative Güte (Bonität) aufweisen. Zweitens, gibt es Bäche, in denen die relative Saprobität allmählich flußabwärts wächst (Bijela rijeka, Rječica und Plitvice). Dieser Anwachs ist größtenteils eine Folge des Einflusses der Abwässer, die von den umliegenden Siedelungen zufließen. Drittens, nimmt die Güte bei den Bächen, die weder natürliche noch verunreinigte Zuflüsse aufnehmen, wie es mit dem Bach Matica der Fall ist flußabwärts zu, was eine Folge ständiger Selbstreinigungsprozesse ist.

Es sei noch erwähnt, daß die Bäche vom ersten Typus Teil doch einen kleinen Grad von Verunreinigung zeigen, die zumeist β -mesosaprobisch ist; die Verunreinigung ist gewiß eine Folge des Zufließens der Naturgewässer, die eine gewisse Menge organischer Stoffe mitbringen. Bei den Bächen des zweiten Typus, in denen die Saprobität flußabwärts zunimmt, findet man zumeist α -mesosaprobische Gewässer: nur im untersten Abschnitt von Bijela rijeka kommen polisaprobische Indikatoren vor.