

## Uticaj grada Valjeva na kvalitet vode reke Kolubare i njenih sastavnica

---

*Zbog štetnih posledica koje otpadne vode izazivaju u vodenim ekosistemima, potrebno je sistematski pratiti kvalitet površinskih voda. U julu 1997. godine, u organizaciji Istraživačke stanice Petnica, vršena su multidisciplinarna hidroekološka istraživanja reke Kolubare i njenih sastavnica. Cilj istraživanja bio je da se kompleksnom hidroekološkom analizom, na osnovu fizičkih i hemijskih parametara, bioindikatorskih algi, mikrofaune i makrozoobentosa ispita uticaj grada Valjeva na kvalitet vode reke Kolubare. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se kvalitet vode Kolubare pogoršava idući nizvodno kroz Valjevo, pri čemu maksimum organske opterećenosti dostiže na lokalitetu neposredno nakon izlivanja gradskih otpadnih voda. Na poslednjem lokalitetu, 25 km nizvodno od grada Valjeva, kvalitet vode se poboljšava ne prelazi granice  $\beta$ -mezosaprobnosti, što ukazuje na izvestan efekat samoprečišćavanja.*

---

### Uvod

Zagađenost reka u industrijski razvijenim i naseljenim oblastima predstavlja danas u svetu jedan od većih problema (Jakovljević i Pantović 1991). Otpadne materije, koje različitim putevima dospevaju u vodene ekosisteme, remeteći kvalitet vode znatno utiču i na odnose među živim bićima. To se naročito odražava na tekuće vode slabijeg protoka, kod kojih je moć samoprečišćavanja umanjena (Marković 1995) i kod kojih lako dolazi do eutrofizacije ili kontaminacije toksinima. Zato je neophodno sistematski pratiti kvalitet površinskih voda, i na osnovu stanja i promena u ekosistemu utvrditi odgovarajuće mere zaštite.

Kao pokazatelji stanja vodenih ekosistema koriste se fizički, hemijski i mikrobiološki parametri, ali i bioindikatori (SEV 1977) – organizmi čije prisustvo ukazuje na kvalitet ispitivane vode. Stoga je kod hidroekoloških istraživanja neophodan multidisciplinarni pristup i što detaljnije ispitivanje celokupnog hidroekosistema (Kerovec 1988).

---

*Žika Reh (1979). Bor, Vojvode Putnika 16/11, učenik 3. razreda Gimnazije Bora Stanković u Boru*

*Jelena Požega (1980), Bor, IX brigade 13/18, učenica 3. razreda Gimnazije Bora Stanković u Boru*

#### MENTORI:

*Slobodanka Stojković, Institut za biologiju Novi Sad*

*Milan Bobić, apsol. biologije, PMF Novi Sad*

*Nataša Randelović, student, Biološki fakultet Beograd*

Reka Kolubara nastaje u Zapadnoj Srbiji kod grada Valjeva od reka Obnice i Jablanice, a uliva se u reku Savu blizu Obrenovca kod Beograda, kao njena desna pritoka. Pripada Crnomorskom slivu. Sliv Kolubare obuhvata 3639 km<sup>2</sup>. Dužina toka iznosi 123 km (Jovanović 1956).

Dolina Kolubare sastoji se od 4 dela različitih morfoloških svojstava: kratkog suženja u gornjem delu, gornje Kolubarske kotline pokrivene uglavnom neogenim sedimentima, Slovačke suteske – epigenije usečene u permo-karbonskim i trijaskim sedimentima, i Donjokolubarske kotline, takođe ispunjene neogenim naslagama. U jugozapadnim delovima sliva je prostrana kraška oblast sa ponornicama, pećinskim rekama i vrelima (Lazarević 1996). Ova oblast obrasla je listopadnim šumama u najvišim, pašnjacima i livadama u srednjim, šljivacima i ratarskim kulturama u donjim delovima. Klima ovog područja je umereno-kontinentalna.

U Valjevskoj kotlini, veće pritoke Kolubare su Gradac, Banja, Ribnisa i Rabas. Režim Kolubare je snežno-kišnog tipa, sa osetnim kolebanjima zbog bujičarskog obeležja pritoka. Prosečan proticaj u početnom delu Kolubare je 3.3 m<sup>3</sup>/s, a pri ušću oko 15.5 m<sup>3</sup>/s (Jovanović 1956).

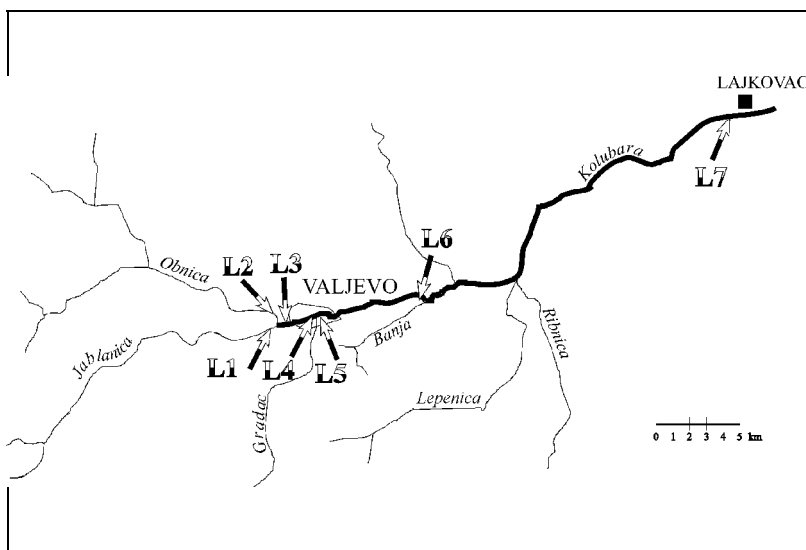
Grad Valjevo (75000 stanovnika) nalazi se na ušću reke Gradac u Kolubaru i predstavlja značajan privredni i industrijski centar Zapadne Srbije. Pored toga što svoje otpadne komunalne vode ispušta u reku Kolubaru (manjim delom pre ušća reke Gradac i većim delom pre ušća reke Banje), Valjevo poseduje i fabrike čije otpadne vode mogu imati štetno dejstvo na kvalitet vode u reci (fabrike kože, piva, sokova, metalnih proizvoda, itd.). Isto tako, rečno korito Kolubare je u samom gradu uređeno i popločano, što može bitno uticati na biocenoze u reci, ometajući normalnu turbulenciju i prirodnu aeraciju vode.

U julu 1997. godine, u organizaciji Istraživačke stanice Petnica, vršena su kompleksna hidroekološka istraživanja reke Kolubare i njenih sastavnica. Cilj istraživanja bio je da se kompleksnom hidroekološkom analizom, na osnovu fizičkih i hemijskih parametara, bioindikatorskih algi, mikrofaune i makrozoobentosa ispita uticaj grada Valjeva na kvalitet vode reke Kolubare.

## Materijal i metode

Uzorci vode za hemijsku analizu i uzorci planktona, perifitona i bentosa prikupljeni su 2. jula 1997. godine na 7 lokaliteta. Od toga, dva lokaliteta se nalaze na rekama Jablanici i Obnici, pre sastava, a 5 na samoj Kolubari (slika 1).

Prilikom uzorkovanja mereni su pojedini fizički i hemijski parametri: temperatura vode i vazduha (živinim termometrom preciznosti 0.5°C), brzina rečnog toka (pomoću metarske trake, plutajućeg predmeta i štop-



Slika 1.  
Mapa lokaliteta.

Figure 1.  
The map of the researched area with the location of sampling.

erice) i pH vrednost (digitalnim pH-metrom). Treba napomenuti da je uzorkovanje obavljeno dva dana nakon izlučivanja velike količine padavina, usled čega je vodostaj bio povećan

Uzorci vode za hemijsku analizu uzeti su standardnim metodama (Bether 1953), a pojedini hemijski parametri (tvrdoća vode, utrošak  $\text{KMnO}_4$ , količina kiseonika i BPK<sub>5</sub>) određeni standardnim volumetrijskim analizama u Hemijskoj laboratoriji Istraživačke stanice Petnica.

Uzorcima planktona, mikroperifitona i mikrobentosa uzeti su planktonskom mrežicom od mlinske svile N°25, filtriranjem vode, ispiranjem kamenja, kao i ispiranjem i skidanjem obraštaja (mahovina, končastih algi, makrovegetacije) sa čvrstih podloga. Materijal je fiksiran 4% formalinom i pregledan svetlosnim mikroskopom uvećanja 50-640 puta. Identifikacija taksona rađena je standardnim ključevima za alge (Jože 1960; Krammer i Lange-Bertalot 1986; 1988; Gorazd i Vruovšek 1990), odnosno, mikrofaunu (Šramek-Hušek *et al.* 1962; Devai 1977; Koste 1978; Živković 1987). Sav biološki materijal obrađen je u Biološkoj laboratoriji Istraživačke stanice Petnica.

Uzorci makrozoobentosa uzeti su kvantitativnom mrežom po Surber-u zahvatne površine  $300 \text{ cm}^2$  (za kvantitativnu analizu), odnosno, detaljnim pretraživanjem dna (za kvalitativnu analizu). Materijal je fiksiran 70% etanolom i pregledan i sortiran pod binokularnom lupom MBS-9. Identifikacija grupa i pojedinih taksona vršena je pomoću standardnih ključeva (Hrabe 1979; Ježek 1980; Kerovec 1986).

Na osnovu konstatovanih bioindikatorskih organizama u planktonu, perifitonu i bentosu, urađena je saprobiološka analiza. Indeks saprobnosti (S) izračunat je standardnom Pantle-Buck (1955) metodom, na osnovu po-

jedinačnih saprobnih vrednosti konstatovanih taksona algi i mikrofaune (SEV 1977) i njihove relativne abundance (učestalosti), predstavljene skalom 1-9. Analizom makrozoobentosa, određen je Trent-biotički indeks (T) prema tabeli po Woodwis-u (cit. Marković *et al.* 1981), na osnovu prisustva i odsustva pojedinih grupa i taksona.

## Rezultati i diskusija

### 1. Fizički i hemijski parametri

Rezultati merenja fizičkih i hemijskih parametara dati su u tabeli 1.

Srednja temperatura vazduha u toku uzorkovanja iznosila je 20.5°C. Temperatura vode se povećavala idući nizvodno i kretala se u intervalu od 17.0°C (na reci Obnici, L2) do 23.5°C (kod mesta Lajkovac, L7). Najmanja brzina toka izmerena je na reci Jablanici (L1, 0.11 m/s), a najveća nakon sastava Jablanice i Obnice (L3, 0.92 m/s).

Tabela 1. Fizički i hemijski parametri vode na ispitivanim lokalitetima

Parametri	Lokaliteti uzorkovanja (slika 1)						
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
t vazduha(°C)	22.5	21.0	22.0	24.5	22.5	25.0	27.0
t vode(°C)	18.0	17.0	18.0	22.0	20.0	21.0	23.5
brzina toka (m/s)	0.11	0.31	0.92	0.71	0.78	0.58	0.35
pH	7.9	8	8.1	8.1	7.4	6.8	6.9
ukupna tvrdoća (°dH)	3.64	4.70	3.90	3.52	1.93	2.91	3.05
utrošak KMnO <sub>4</sub> (mg/dm <sup>3</sup> )	16.45	14.97	18.33	18.01	8.85	17.90	10.11
O <sub>2</sub> (mg/dm <sup>3</sup> )	12.32	13.11	12.56	12.91	12.18	12.24	12.13
BPK <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> )	1.42	0.43	0.51	1.28	1.77	1.42	1.02

Na lokalitetima L1–L5 pH vrednost vode ukazuje na njen blago bazni karakter, dok je na lokalitetima L6 i L7 voda bila blago kisela (tabela 1). Ukupna tvrdoća vode kretala se od 1.93°dH (lokalitet L5) do 4.70°dH (lokalitet L2).

Najveći utrošak KMnO<sub>4</sub> (18.33 dm<sup>3</sup>) konstatovan je na lokalitetu L3. Relativno velike vrednosti utroška KMnO<sub>4</sub> na većini lokaliteta (srednja vrednost iznosi oko 15 mg/dm<sup>3</sup>) ukazuju na izvesno organsko opterećenje vode. Izuzetak predstavlja lokalitet L5 (gde je konstatovan najmanji utrošak KMnO<sub>4</sub> od 8.85 mg/dm<sup>3</sup>), što je posledica mešanja vode reke Kolubare sa organski neopterećenom vodom reke Gradac.

Količina rastvorenog kiseonika u vodi bila je uglavnom ujednačena i kretala se u intervalu od 12.13 mg/dm<sup>3</sup>, na lokalitetu L7, do 13.11 mg/dm<sup>3</sup> na lokalitetu L2, što je u granicama I klase voda.

Najmanja biohemijska potrošnja kiseonika (BPK<sub>5</sub>) konstatovana je na reci Obnici (lokalitet L2, 0.43 mg/dm<sup>3</sup>), da bi na lokalitetu L5 (nakon ulivanja jednog dela gradske kanalizacije) dostigla maksimum od 1.77 mg/dm<sup>3</sup>, što je, takođe, u granicama I klase voda.

## 2. Fitoplankton, mikrofitoperifiton i mikrofitobentos

Algološkom analizom konstatovane su grupe Cyanobacteria, Bacillariophyta i Chlorophyta. Ukupno je konstatovano 37 taksona iz 19 rodova (TAB. 2). Najveći broj taksona pripada grupi Bacillariophyta (31 takson iz 19 rodova). Iz grupe Chlorophyta javlja se 5 taksona, dok grupi Cyanobacteria pripada 1 takson.

Po broju vrsta dominira rod *Nitzschia* sa 7 konstatovanih vrsta. Po relativnoj brojnosti dominiraju *Fragilaria virescens*, *Nitzschia linearis*, *Nitzschia commutata*, *Surirella gracilis* i *Surirella robusta f. lata*, koje se u velikom broju javljaju na lokalitetu L6, gde je pored najveće relativne brojnosti konstatovan i najveći broj taksona. Najmanje taksona konstatovano je na lokalitetima L1 i L2 (po 3).

Dominacija silikatnih algi (Bacillariophyta) u Kolubari je očekivana, budući da u najvećem broju vodenih staništa one predstavljaju dominantnu grupu u zajednici fitoplanktona (Blaženčić *et al.* 1995). Međutim, ukupan broj konstatovanih grupa i taksona je, imajući u vidu biodiverzitet algi Jugoslavije i dosadašnja potamološka istraživanja (Laušević 1992), veoma mali.

Taksoni konstatovani u fitoplanktonu, fitoperifitonu i fitobentosu predstavljaju indikatore oligosaprobnih do -mezosaprobnih voda, pri čemu najveći broj vrsta pripada -mezosaprobnim indikatorima (SEV 1977).

## 3. Zooplankton, mikrozooperifiton i mikrozoobentos

Ispitivanjem faune Rotatoria, Cladocera i Copepoda u planktonu, perifitonu i bentosu, ukupno je konstatovano 29 taksona iz 15 rodova.

Najviše taksona pripadalo je grupi Rotatoria (28 vrsta i varijeteta iz 14 rodova). Iz grupe Cladocera konstatovana je jedna vrsta, dok su iz grupe Copepoda konstatovani samo larveni stadijumi *nauplius* i *copepodit*.

Po relativnoj brojnosti, dominantna je bila *Rotaria sp.*, a subdominantna *Colurella adriatica*. Po broju vrsta dominiraju rodovi *Cephalodella*, *Colurella* i *Lecane*. Najveći broj taksona konstatovan je na lokalitetu L7 (18), a najmanji na lokalitetu L3 (5).

Većinu konstatovanih taksona čine fitofilni i epifitski predstavnici (Živković 1987), dok je broj tipično planktonskih organizama znatno manji, što je i očekivano s obzirom na brzinu toka.

Konstatovani taksoni su uglavnom kosmopolitski i nalaženi su i ranije u Kolubari i sličnim vodama (Erben 1986; Mahovac 1993; Čokić 1994, Bobić 1995).

U mikrofauni dominiraju vrste sa nižim saprobnim vrednostima (pretežno oligosaprobnim indikator). Izuzetak predstavljaju vrste *Rotaria neptunia* ( $s = 3.8$  – polisaprobnim indikator), koja se javlja na lokalitetu L5 i *Rotaria rotatoria* ( $s = 3.25$  – mezosaprobnim indikator), koja se u velikom broju javlja na lokalitetu L6.

Tabela 2. Kvalitativni i relativni kvantitativni sastav algi u planktonu, perifitonu i bentosu na ispitivanim lokalitetima, 2. 7. 1997. god.

Species	S	Relativna abundanca (h)						
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
<b>CYANOBACTERIA</b>								
<i>Oscillatoria formosa</i> Bory	3.1		1	–	–	–	1	1
<b>BACILLARIOPHYTA</b>								
<i>Amphipleura</i> sp.	–	–	–	–	–	–	7	1
<i>Amphora ovalis</i> Kütz.	1.65	–	–	–	–	–	1	–
<i>Achnanthes</i> sp.	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>Campylodiscus</i> sp.	–	–	–	–	–	1	–	–
<i>Cocconies placentula</i> Ehrenberg	1.35	–	–	3	–	–	–	–
<i>Cocconies placentula</i> var. <i>klinoraphis</i> Geitler	–	–	–	–	–	–	–	3
<i>Cymatopleura</i> sp.	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>Cymbella aspera</i> Cleve	2.2	1	1	–	–	–	–	–
<i>Cymbella prostrata</i> Cleve	2.0	–	–	–	–	–	1	1
<i>Epithemia turgida</i> (Ehrenberg)	2.0	–	–	–	–	–	1	1
<i>Fragilaria virescens</i> Balfs.	–	–	–	–	–	–	9	–
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz)	1.95	–	–	–	–	–	1	–
<i>Gyrosigma</i> sp.	–	1	1	1	1	1	–	1
<i>Melosira granulata</i> (Ehrenberg)	1.8	–	–	–	–	–	5	1
<i>Navicula criptocephala</i> Kütz	2.7	–	–	1	–	–	3	–
<i>Neidium iridis</i> (Ehrenberg)	–	–	–	–	–	–	3	1
<i>Nitzschia hungarica</i> Grun	2.9	–	–	1	–	–	5	–
<i>Nitzschia acicularis</i> W.Smith	2.7	–	–	–	–	–	–	1
<i>Nitzschia commutata</i> Grun.	–	–	–	–	–	–	7	3

Species	S	Relativna abundanca (h)						
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith	1.5	–	–	–	–	–	9	1
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz)	2.7	–	–	–	–	–	–	1
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Ehrenberg)	2.0	–	–	1	–	–	–	–
<i>Nitzschia vitrea</i> Norman		–	–	–	–	–	7	3
<i>Steuroneis anceps</i> Ehrenberg	2.0	3	–	1	–	–	7	3
<i>Surirella biseriata</i> Breb.	2.0	–	1	–	1	1	7	1
<i>Surirella caspidata</i> Hest		–	–	–	–	–	1	–
<i>Surirella gracilis</i>		–	–	–	–	–	9	–
<i>Surirella robusta</i> f. <i>lata</i>	1.85	–	–	–	–	–	9	–
<i>Surirella</i> sp.		–	–	1	–	–	–	–
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch)	1.95	–	–	–	–	–	–	1
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Langb.)	1.4	–	–	–	–	–	7	–
CHLOROPHYTA								
<i>Closterium ehrenbergii</i> Menegh.	1.8	–	–	–	–	–	–	1
<i>Closterium moniliferum</i> (Bory)	2.15	–	–	–	1	1	1	–
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp)	2.0	–	–	–	–	–	1	–
<i>Spyrogira</i> sp.		–	1	–	–	–	1	–
<i>Ulotrix</i> sp.		–	–	–	1	–	–	–

Legenda : Lx – lokaliteti uzorkovanja (slika 1); S – pojedinačna saprobna vrednost vrste (SEV 1977)

Tabela 3. Kvalitativni i relativni kvantitativni sastav mikrofaune (grupa Rotatoria, Cladocera i Copepoda) u planktonu, perifitonu i bentosu, na ispitivanim lokalitetima, 2.7.1997. god

Species	S	Relativna abundanca (h)						
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
ROTATORIA								
<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse	1.4	–	1	–	–	–	–	–
<i>Cephalodella forficula</i> (Ehrenberg)	1.8	–	–	–	1	–	–	1
<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg)	1.35	2	1	–	–	–	–	3
<i>Cephalodella intuta</i> Myers	1	3	–	–	–	–	–	–
<i>Cephalodella</i> sp.		–	–	–	–	1	–	–

Species	S	Relativna abundanca (h)						
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
<i>Cephalodella ventripes</i> (Dixon-Nuttall)	1.5	1	1	1	2	2	1	5
<i>Colurella adriatica</i> Ehrenberg	0.7	3	3	1	2	7	–	3
<i>Colurella colurus</i> (Ehrenberg)	1.15	–	3	1	1	5	1	2
<i>Colurella obtusa</i> (Gosse)	0.8	–	1	–	–	1	–	2
<i>Colurella uncinata</i> (Müller)	1.4	1	–	–	–	1	1	–
<i>Encentrum</i> sp.		1	–	–	–	–	–	–
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg	1.5	1	1	1	–	2	1	7
<i>Euchlanis pyriformis</i> Gosse	1.5	–	–	–	–	1	–	1
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)	2.35	–	1	–	–	–	–	–
<i>Habrotrocha</i> sp.		1	–	–	–	–	–	–
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	1.55	–	–	–	–	–	1	–
<i>Keratella cochlearis tecta</i> (Gosse)	1.55	–	–	–	–	–	–	1
<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda)	1	–	–	–	–	–	–	2
<i>Lecane hamata</i> (Stokes)	1	–	–	–	–	–	–	1
<i>Lepadella patella</i> (Müller)	1.25	–	1	1	–	3	1	3
<i>Lepadella patella patella</i> (Müller)	1.25	–	–	–	–	–	–	1
<i>Monommata</i> sp.		–	–	–	–	–	–	1
<i>Philodina</i> sp.		1	1	–	1	–	1	2
<i>Proales</i> sp.		1	–	–	–	1	1	–
<i>Rotaria neptunia</i> (Ehrenberg)	3.8	–	–	–	–	1	–	–
<i>Rotaria rotatoria</i> (Pallas)	3.25	–	–	–	–	–	9	3
<i>Rotaria</i> sp.		33	3	–	2	3	7	9
<i>Synchaeta</i> sp.		–	–	–	–	–	–	2
CLADOCERA								
<i>Chidorus sphaericus</i> Müller	1.8	1	–	–	–	–	–	–
COPEPODA								
nauplius		–	–	+	–	–	–	–
copepodit		–	–	+	–	–	–	–

Legenda : Lx – lokaliteti uzorkovanja (slika 1); S – pojedinačna saprobna vrednost vrste (SEV 1977)



#### 4. Makrozoobentos

Analizom makrozoobentosa na ispitivanim lokalitetima reke Kolubare, ukupno je konstatovano 15 grupa: Nematoda, Planaria, Gastropoda, Bivalvia, Oligochaeta, Hirudinea, Isopoda, Gammaridae, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Lepidoptera i Chironomidae. Dominantne grupe bile su Chironomidae i Oligochaeta koje imaju najveću procentualnu zastupljenost i prisutne su na svim lokalitetima.

Najveći broj grupa organizama utvrđen je na lokalitetu L2 (13 grupa), a najmanji na lokalitetima L4 i L5 (6 grupa) – tabela 4. Najveći ukupan broj jedinki konstatovan je na lokalitetu L3 (15865 ind/m<sup>2</sup>), dok je na lokalitetu L6 utvrđeno samo 2834 ind/m<sup>2</sup> (tabela 5).

Tabela 4 . Kvalitativni sastav makrozoobentosa na ispitivanim lokalitetima 2. 7. 1997.

Grupe	Lokaliteti						
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Nematoda	-	-	-	-	+	-	-
Planaria	+	+	+	+	-	-	-
Gastropoda	+	+	+	+	-	+	+
Bivalvia	-	+	+	+	-	-	-
Oligochaeta	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nais</i> sp.	-	-	+	+	+	+	-
Hirudinea	+	+	+	+	-	+	+
Isopoda	-	-	+	+	-	+	-
Gammaridae	-	+	+	+	+	-	+
Ephemeroptera	-	+	+	+	+	+	+
<i>Baetis rhodani</i>	-	+	+	+	-	-	-
Odonata	+	+	-	-	-	-	+
Plecoptera	-	+	+	+	-	-	-
Trichoptera	+	+	+	+	+	-	+
Coleoptera	-	+	-	-	-	-	-
Lepidoptera	-	+	+	-	-	-	-
Chironomidae	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chironomus thummi</i>	+	-	+	+	+	+	+
<b>Ukupno grupa</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>

Legenda: Lx – lokaliteti uzorkovanja (slika 1)

Tabela 5. Procentualna zastupljenost konstatovanih grupa i ukupan broj individua u kvantitativnom sastavu makrozoobentosa ispitivanih lokaliteta, 2.7.1997. god.

Grupe (%)	Lokaliteti						
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Nematoda	–	–	–	–	0.73	–	–
Planaria	1.03	–	–	–	–	–	–
Gastropoda	5.15	1.41	1.89	–	–	0.59	7.81
Bivalvia	–	0.47	0.21	0.52	–	–	–
Oligochaeta	59.27	26.53	15.76	14.10	15.82	80.00	55.31
Hirudinea	–	0.70	–	0.52	–	–	0.31
Gammaridae	–	10.79	2.1	–	–	–	0.94
Ephemeroptera	–	9.15	7.35	21.87	7.78	0.59	1.56
Odonata	–	0.70	–	–	–	–	–
Plecoptera	–	3.76	1.26	1.04	–	–	–
Trichoptera	1.03	7.27	2.10	2.08	–	–	0.31
Coleoptera	–	0.23	–	–	–	–	–
Chironomidae	33.50	38.96	69.33	59.90	75.67	18.82	33.75
Ukupno (ind / m <sup>2</sup> )	6466	7101	15865	3200	6851	2834	5334

Legenda : Lx – lokaliteti uzorkovanja (slika 1)

## 5. Saprobiološka analiza

Indeks saprobnosti vode određen na osnovu kvalitativnog i relativnog kvantitativnog sastava bioindikatoriskih algi (tabela 2) kretao se od 1.94 do 2.10 (u granicama  $\beta$ -mezosaprobnosti) i njegova vrednost se nije bitno menjala u zavisnosti od lokaliteta (tabela 6)

Indeks saprobnosti vode izveden na osnovu mikrofaune (tabela 3) kreće se od 1.17 (oligosaprobnost, na lokalitetu L1) do 2.51 ( $\beta$ - $\alpha$ -mezosaprobnost, na lokalitetu L6) – tabela 6. Prisustvo vrste *Rotaria rotatoria* na lokalitetu L6 ukazuje na nešto veće organsko opterećenje ovog dela vodotoka.

Ukupan indeks saprobnosti (tabela 6) izveden na osnovu konstatovanih algi i mikrofaune kretao se u intervalu od 1.28 na lokalitetu L5 (iza ušća reke Gradac, oligosaprobnost) do 2.06 na lokalitetu L6 ( $\beta$ -mezosaprobnost).

Oligosaprobnost na lokalitetu L5 je posledica ulivanja reke Gradac, koja, pored toga što u Kolubaru unosi određenu količinu vode boljeg kvaliteta (Mahovac 1993), unosi i pojedine oligosaprobne organizme. Nasuprot tome, uzvodno od ovog lokaliteta se ispušta i jedan deo gradskih otpadnih voda, čiji štetan uticaj potvrđuje i nalaz rotatorije *Rotaria nepotunia* (polisaprobni indikator).

Tabela 6. Indeks saprobnosti i Trent-biotički indeks vode ispitivanih lokaliteta, 2.7.1997. god.

Ispitivani indeksi	Lokaliteti						
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
$S_1$ – indeks saprobnosti na osnovu algi	2.05	2.10	1.95	2.08	2.08	1.94	2.09
$S_2$ – indeks saprobnosti na osnovu mikrofaune	1.17	1.21	1.22	1.23	1.21	2.51	1.45
$S$ – ukupan indeks saprobnosti (saprobni stupanj)	1.39 (o)	1.33 (o)	1.65 ( $\beta$ )	1.40 (o- $\beta$ )	1.28 (o)	2.06 ( $\beta$ )	1.63 ( $\beta$ )
$T$ – trent-biotički indeks (ekvivalentni saprobni stupanj)	6 ( $\beta$ )	9 (o- $\beta$ )	9 (o- $\beta$ )	8 (o- $\beta$ )	7 ( $\beta$ )	5 ( $\beta$ - $\alpha$ )	7 ( $\beta$ )

Legenda: Lx – lokaliteti

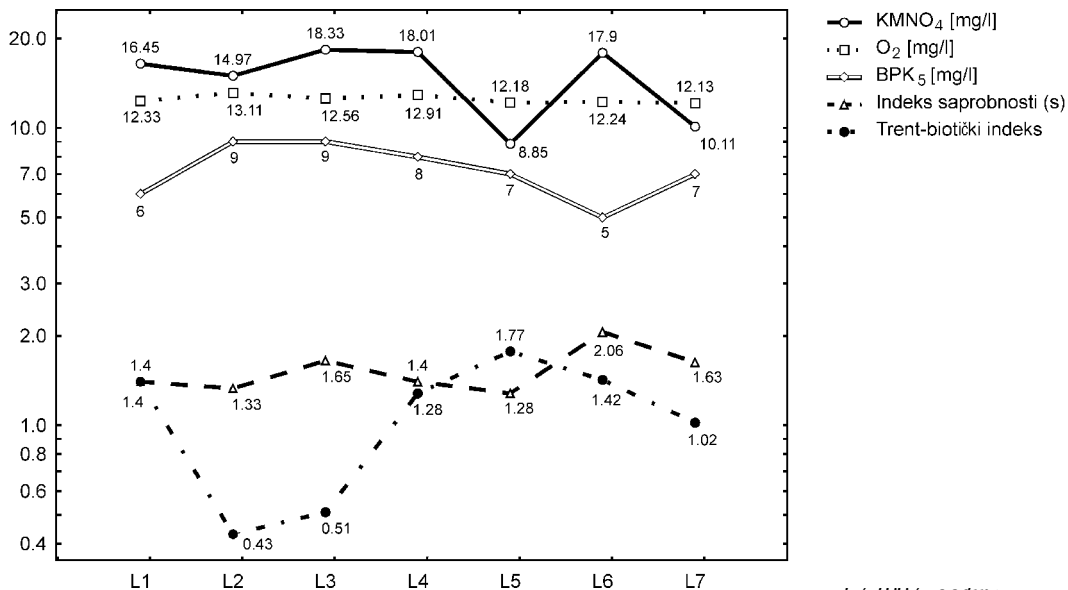
Nakon povećanja indeksa saprobnosti na lokalitetu L6 (prouzrokovanog ispuštanjem komunalnih voda grada Valjeva), na lokalitetu L7 (25 km nizvodno od grada, u blizini mesta Lajkovac) ukupan indeks saprobnosti se ponovo smanjuje na 1.63, što ukazuje na izvesnu moć samoprečišćavanja reke. Tu činjenicu potvrđuje i utrošak  $KMnO_4$  (pokazatelj količine organske materije), koji je na većini lokaliteta bio u korelaciji sa indeksom saprobnosti (slika 2).

Najmanji Trent-biotički indeks po Woodwis-u izračunat na osnovu kvalitativnog sastava makrozoobentosa ispitivanih lokaliteta (tabela 6), konstatovan je na lokalitetu L6 (nakon uliva gradske kanalizacije) i iznosio je 5, što odgovara  $\beta$ - $\alpha$ -mezosaprobnosti. Najveći Trent-biotički indeks (9) zabeležen je na reci Obnici (lokalitet L2) i Kolubari nakon nastanka (lokalitet L3), što je ekvivalentno oligosaprobnosti.

Smanjenje Trent-biotičkog indeksa idući nizvodno ukazuje na pogoršanje kvaliteta vode, što je posledica prijema otpadnih voda. Na lokalitetu L7 (25 km nizvodno od grada) Trent-biotički indeks ( $T = 7$ ) pokazuje izvesno poboljšanje kvaliteta vode (do  $\beta$ -mezosaprobnosti), što ukazuje na samoprečišćavanje reke. To potvrđuju i drugi ispitivani parametri – utrošak  $KMnO_4$ , BPK<sub>5</sub> i indeks saprobnosti (slika 2).

## Zaključak

Na osnovu hidroekoloških ispitivanja (fizičkih i hemijskih parametara, bioindikatorskih algi, mikrofaune i makrozoobentosa) reke Kolubare sa sastavnicama, na području grada Valjeva u julu 1997. godine, može se zaključiti sledeće:



2./1997. godine.

Voda sastavnica Jablanice i Obnice pripada vodama na prelazu između I i II klase boniteta. Nakon sastava (lokalitet L3 i L4), kvalitet vode se pogoršava (do  $\beta$ -mezosaprobnosti – II klasa). Iza ušća reke Gradac (lokalitet L5), koja u Kolubaru unosi određenu količinu organski manje opterećene vode, indeks saprobnosti i utrošak KMnO<sub>4</sub> ukazuju na poboljšanje kvaliteta vode. Uprkos tome, BPK<sub>5</sub>, Trent-biotički indeks i nalaz polisaprobne rotatorije *Rotaria neptunia* ukazuju na povećanje organske opterećenosti. Razlog ove pojave je ispuštanje jednog dela gradskih otpadnih voda u blizini samog ušća reke Gradac, pri čemu na lokalitetu L5 još uvek ne dolazi do potpunog mešanja vode. Na lokalitetu L6 (pre ušća Banje) dolazi do primetnog povećanja organske opterećenosti, na koje ukazuje većina hemijskih i bioloških parametara. Ovakvi rezultati su na lokalitetu L6 i očekivani, budući da se neposredno ispred ovog lokaliteta uliva najveći deo gradskih otpadnih voda. Većina hemijskih i bioloških parametara ukazuje na poboljšanje kvaliteta vode na lokalitetu L7 (25 km nizvodno od grada), pri čemu je voda na ovom lokalitetu  $\beta$ -mezosaprobna (II klasa boniteta). Ta činjenica ukazuje na izvesnu moć samoprečišćavanja reke.

Na osnovu svega može se zaključiti da je očigledan štetan uticaj otpadnih voda grada Valjeva na kvalitet vode Kolubare, naročito na lokalitetima u blizini njihovog ispuštanja, ali je, ipak, samoprečišćavanje reke prisutno i voda ne prelazi granice  $\beta$ -mezosaprobnosti. Ipak, u cilju očuvanja kvaliteta vode, trebalo bi primeniti odgovarajuće mere zaštite, kako bi se sprečile nagle promene hemijskih i bioloških parametara koje štetno deluju na ekološku ravnotežu, a naročito na osetljivije biocenoze u reci.

Figure 2.  
The comparative graph of some chemical parameters (KMnO<sub>4</sub> consumption, the concentration of dissolved oxygen, biological oxygen consumption during 5 days – BPK<sub>5</sub>), saprobic index and Trent-biotic index

## Literatura

- Bether, G. 1953. *Praktikum za hemijsko ispitivanje voda*. Beograd: Naučna knjiga.
- Blaženčić, J., Cvijan, M., Laušević, R. 1995. Diverzitet slatkovodnih algi Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja. U *Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja* (ur. V. Stevanović, V. Vasić). Beograd: Biološki fakultet i Ecolibri.
- Bobić, M. 1995. Zooplankton i mikrofauna kao indikator kvaliteta vode Kriveljske reke i njenih sastavnica. III naučno-stručni skup o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine. *Zbornik radova Naša ekološka istina*, str. 213-19
- Čokić, S. 1994. Fauna zooplanktona i mikrozooperifitona obraštajnih zajednica reke Jablanice. *Petičke sveske*, 38/II: 12-17
- Devai, I. 1977. Az Everzolabu rakk (Calanoida es Cyclopoida). *Vizungui Hidrobiologia* 5, Budapest
- Erben, R. 1986. Fauna kolnjaka rijeke Krke. *Biosistematika*, 12 (1): 61-6.
- Gorazd, K, Vruovšek, D. 1990. *Priručnik za določanje splashno razširenih slatkovodnih alg v Sloveniji*. Ljubljana: Biotehniška Fakulteta – VTO za biologiju.
- Hrabe, S. 1979. Vodni maloštetinanci (Oligochaeta) Československa. *Acta Universitatis*, 1 - 107, Československa zoologička spločnost Univerziteta Karalova, Praha.\*\*\*\*
- Jakovljević, M., Pantović, M. 1991. *Hemija zemljišta i voda*. Beograd: Poljoprivredni fakultet.
- Ježek, J. 1980. *Ključ vodnich larev hmyzu*. Praha: Československa akademie ved.
- Jože, L. 1960. *Alge Slovenije seznam slatkovodnih vrst in ključ za določanje*. Ljubljana: Institut za biologiju.
- Kerovec, M. 1986. *Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka*. Zagreb: SNL.
- Kerovec, M. 1988. *Ekologija kopnenih voda*. Zagreb: Hrvatsko ekološko društvo.
- Koste, W. 1978. *Rotatoria – die Rädertiere Mitteleuropas*, I-II Band. Berlin: Gebr. Borntraeger.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. 1986. Bacillariophyceae. 1 Teil: Naviculaceae. In: *Süswasserflora von Mitteleuropa*, 2 (ed. H. Ettl, J. Gerloff, H.Hwynig & D. Mollenhauer). Stuttgart: Fisher.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. 1988. Bacillariophyceae. 2 Teil: Bacillariaceae, Ephithemiaceae, Sururellaceae. In *Süswasserflora von Mitteleuropa*, 2 (ed. H. Ettl, J. Gerloff, H. Hwynig & D. Mollenhauer). Stuttgart: Fisher.

- Laušević, R. 1992. Florističko-ekološka studija algi Samokovske reke. Magistarski rad. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Mahovac, I. 1993. Zooplankton kao indikator kvaliteta vode reka Kolubare i Gradca. *Petničke sveske*, 33/II: 127-31
- Marković, D., Vukmirović, Z., Veselinović, D., Janković, M., Popović, R., Grapojević, Z., Dimitrijević, J. Đorđević, V. 1981. *Detekcija i kontrola životne sredine*. Beograd: Naučna knjiga.
- Marković, Z. 1995. *Reka Đetinja – makrozoobentos u oceni kvaliteta vode*. Užice: Naučnoistraživački centar.
- Pantle, R, Buck, M. 1955. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darsewung der Ergebnisse. *Gas und Wasserfach*, 93: 604.
- Ristovski, I., Džamić, M., Rajković, M. 1989. *Praktikum iz analitičke hemije*. Beograd: Građevinska knjiga.
- SEV. 1977. *Unificirovanye metody isledovaniya kačestva vod III*. Medtody biologičeskogo analiza vod. 1. Indikatori saprobnosti. Moskva: SEV.
- Šramek-Hušek, R., Staškraba, M., Brtek, J. 1962. Lupenožci (Branchiopoda). *Fauna ČSSR*, sv. 16. Praha: CAV
- Živković, A. 1987. Fauna Rotatoria jugoslovenskog dela Dunava i voda njegovog plavnog područja kod Apatina. *Zbornik radova o fauni SR Srbije*, 4: 1-110

---

Žika Reh, Jelena Požega

## Hydroecological Analysis of the Influence of the Town Valjevo on the Water Quality of the River Kolubara

In July 1997 some hydroecological research of the river Kolubara was done. The aim of the research was to determine the influence of the town Valjevo on water quality of the river Kolubara, on the basis of physical and chemical parameters, bioindicative algae, microfauna and macrozoobenthos.

The samples were taken at 7 locations (Figure 1). During the sampling some physical and chemical parameters (the temperature of the water and the air, speed of the river flow and pH value) were measured. Some chemical parameters (hardness of the water, KMnO<sub>4</sub> consumption, concentration of the dissolved oxygen and biological oxygen consumption during 5 days – BOC<sub>5</sub>) were also analyzed by standard volumetric analyses.

The samples of plankton, microperiphyton and microbenthos were taken with plankton net N<sup>o</sup> 25, by filtrating the water, scraping the stones

and washing out and collecting periphyton (mosses, fibrillar algae, macro-vegetation). The samples of macrozoobenthos were taken with standard Surber's benthos net, for quantitative analysis, and by searching the river bottom, for qualitative analysis.

On the basis of the noted bioindicative groups and taxa saprobiological analysis was done.

Chemical and biological parameters showed that the water quality became worse after the junction of the rivers Jablanica and Obnica ( $\beta$ -mesosaprobity – II class). After the mouth of the river Gradac which brings some better-quality water into the Kolubara, the saprobic index and  $\text{KMnO}_4$  consumption point out to the improvement of the water quality. On the other hand, biological oxygen consumption during 5 days ( $\text{BOC}_5$ ) and finding of the polysaprobic rotifer *Rotaria neptunia* point out to increase in the organic load. The cause of that is flowing of one part of the town's waste waters into the Kolubara near the mouth of the river Gradac and on the location L5 the waters aren't totally mixed yet. On the location where the most of the waste waters flow into Kolubara, the most of the tested parameters point out to the remarkable increase in the organic load. The most of the chemical and biological parameters point out to the improvement of the water quality on the location 25 km downstream of Valjevo where the water was  $\beta$ -mesosaprobic (II class of bonity). It points out to river's self-purification.

On the basis of all parameters, it can be concluded that the harmful influence of the waste waters of the town Valjevo exists, especially on the locations near their flowing into the river. On the other hand, there is self-purification of the river and the water is almost in the range of  $\beta$ -mesosaprobity.

Nevertheless, if we want to preserve the water quality and prevent rapid changes of the chemical and biological parameters with harmful influence on the ecological balance, especially on the sensitive biocenoses, we should apply the proper protection methods and improve purification of the waste waters before their flowing into the river.

