

N. TEŠAN TOMIĆ¹, V. NOVAKOVIĆ²,
 Č. LAČNJEVAC³, M. GLIGORIĆ⁴

Originalni naučni rad
 UDC:628.113.4(497.15)

Klasifikacija rijeke Bosne prema fizičko–hemijskim pokazateljima kvaliteta vode na području grada Sarajeva

Predmet ovog rada je analiza stanja fizičko–hemijskih parametara rijeke Bosne sa ciljem utvrđivanja trenutnog stanja na ovom vodotoku (od izvorišta Vrelo Bosne do vodomjerne stanice Reljevo) na području opštine Ilidža i dijela opštine Novi Grad Sarajevo, na osnovu čega je po grupama relevantnih parametara izvršena klasifikacija vodotoka, prema postojećim zakonskim aktima u Bosni i Hercegovini i u skladu sa EU legislativom.

Rijeka Bosna je glavni recipijent otpadnih voda centralnog dijela Sarajeva (Stari Grad, Centar, Novo Sarajevo i Novi Grad). Pored toga, gradska deponija Smiljevići, svojim procjednim vodama značajno utiče na kvalitet rijeke Bosne. Na dijelu razmatranog neposrednog sliva rijeke Bosne vršena su ispitivanja samo na vodotoku (i to na sedam mjernih profila) budući da na ovoj dionici nema komunalnih ispusta.

Na osnovu rezultata analize fizičko-hemijskih parametara provedenih u periodu 2010 – 2013. godine, i njihovog poređenja sa limitom koji propisuju Uredba o opasnim i štetnim materijama u vodama (Sl. novine FBiH broj: 43/2007) i Smjernice Međunarodne komisije za zaštitu rijeke Dunav (eng. ICPDR – International Commission for protection of Danube River, Table 3. Water Quality Classification used for TNMN purposes, for waterflows II class), vidljivo je da neki od parametara značajno premašuju maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) posebno na mjernim profilima nakon uliva pritoka, naročito rijeke Miljacke, kao i rijeke Lepenice koja, pored problema sanitarno-fekalnih otpadnih voda nosi sa sobom i uticaj procjednih voda sa deponije Smiljevići na kvalitet vodotoka Bosne.

Ključne riječi: sanitarno-fekalne otpadne vode, procjedne vode, komunalni ispusti, klasifikacija vodotoka

UVOD

Istraživanje uticaja otpadnih voda na recipijent povezano je sa velikim brojem analiza i informacija koje treba pribaviti, da bi se, opet, samo došlo do zaključka o trenutnom uticaju u datom vremenu. U nekom drugom vremenskom periodu ovaj uticaj može biti znatno izmijenjen. Zato kada se govori o uticaju otpadnih voda na recipijent može se govoriti samo o trenutnom uticaju ili o uticaju u nekom vremenskom periodu.

U radu je na osnovu parametara fizičko – hemijskih analiza stanja kvaliteta rijeke Bosne na dionici od izvorišta Vrelo Bosne do vodomjerne stanice Reljevo izvršena klasifikacija vodotoka, prema postojećim zakonskim aktima u Bosni i Hercegovini i u skladu sa EU legislativom.

Adrese autora: ¹Ministarstvo odbrane BiH, H. Kreševljakovića 98, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, ²DOO "IPIN" Institut za primjenjenu geologiju i vodoinženjering, Vidovdanska br. 48, Bijeljina, ³Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd, Srbija, ⁴Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet, Karakaj bb, Zvornik, Bosna i Hercegovina

Primljeno za publikovanje: 16. 09. 2013.

Prihvaćeno za publikovanje: 23. 12. 2013.

Ono što karakteriše najveći broj naseljenih mjesta na području neposrednog sliva rijeke Bosne jeste nepostojanje objedinjenog sistema za prikupljanje (i tretman) otpadnih voda, te činjenica da se otpadne i oborinske (atmosferske) vode najčešće prihvataju mješovitim sistemom kanalizacije i najkraćim mogućim putem provode do najbližeg recipijenta. Većina stanovništva je individualno rješavala pitanje konačne dispozicije otpadnih voda na način da se otpadne vode sakupljaju u septičke jame, najčešće urađene tako da se njihov sadržaj procjeđuje u podzemlje i preliva u najbliži vodotok, čime se zagađuju resursi podzemnih i površinskih voda. Naselja koja zbog svoje veličine spadaju u kategoriju rasutih zagađivača, problem konačne dispozicije otpadnih voda danas rješavaju na neadekvatan način, najčešće direktnim ispuštanjem u vodotoke.

Pored otpadnih voda, nekontrolisano odlaganje komunalnog otpada, takođe predstavlja veliku opasnost za životnu sredinu i okolno stanovništvo. Procjeđivanjem atmosferskih voda kroz tijelo odloženog otpada, kako sa gradske deponije Smiljevići, tako i sa divljih (nelegalnih) odlagališta, nastaju procjedne vode koje, bez odgovarajućeg nadzora, mogu uticati na kvalitet podzemnih i površinskih voda.

TEORETSKI DIO

Stanje razmatranog područja

Rijeka Bosna izvire iz kraških vrela u selu Vrutci u blizini Iliđe u podnožju planine Igman na 500 m nadmorske visine. Sam lokalitet izvora se naziva Vrelo Bosne i poznato je sarajevsko izletišće. Rijeka protiče centralnim dijelom Bosne, a kod Bosanskog Šamca ulijeva se u rijeku Savu te pripada crnomorskom slivu. Ukupna dužina toka rijeke Bosne na kojoj su praćeni fizičko-hemijski parametri (od samog izvorišta do vodomjerne stanice Reljevo) iznosi 11,8 km. Na ovom potezu u rijeku Bosnu ulijevaju se rijeke Miljacka, Željeznica, Zujevina i Dobrinja.

Centralni dio Sarajeva (Stari Grad, Centar, Novo Sarajevo i Novi Grad) se drenira najviše ka rijeci Miljacki, te dijelom ka Dobrinji, dok se područje Iliđe drenira prema rijekama Željeznici i Bosni. Sarajevski sistem za prikupljanje upotrebene vode je poprilično star, a neki dijelovi su stari i preko sto godina. Kanalizaciona mreža je separatnog tipa, iako na pojedinim područjima egzistira kanalizacija mješovitog tipa. Stanovništvo koje živi u područjima bez kanalizacionog sistema, svoje otpadne vode uglavnom ispušta u septičke jame. Većina septičkih jama su starijeg datuma gradnje, uglavnom vodo-propsne, te se neredovno prazne i čiste.

Jedan dio naselja u opštinama Iliđa i Novi Grad u neposrednom slivu rijeke Bosne do VS Reljevo priključen je na centralni kanalizacioni sistem. Ostali dio otpadnih voda se uglavnom nekontrolisano upušta u rijeku Bosnu. Na bazi prikupljenih prostornih podataka o kanalizaciji (svih tipova – fekalnih, oborinskih voda, mješovitih i dr., u dužini od oko 50 km), projekciji broja stanovnika i gustine naseljenosti za 2006. godinu, dobijena je procjena da je 6,61% stanovnika pokriveno kanalizacijom u slivu rijeke Bosne do VS Reljevo [1, 2].

U neposrednom slivu rijeke Bosne do VS Reljevo ustanovljeno je ukupno 98 septičkih jama, pozicioniranih u Opštini Iliđa, odnosno MZ-ma: Hraonica II, Lužani, Vrelo Bosne i Vreoca [3]. Na području ovog dijela sliva rijeke Bosne identifikovano je šest divljih (nelegalnih) odlagališta otpada, te sanitarno gradsko odlagalište otpada Smiljevići koje se nalazi na granici sliva rijeke Miljacke i neposrednog sliva rijeke Bosne. Osim negativnih uticaja koje otpad kao zagađivač ima na okolinu i zdravlje ljudi odlaganjem otpada u vodotoke dolazi do suženja korita, a time i povećanja opasnosti od poplava kod obilnijih kišnih padavina [4].

Na odlagalištu otpada „Smiljevići“, tokom 2008. godine, izgrađeno je postrojenje za pročišćavanje procjednih voda, čiji se rad zasniva na MBR tehnologiji (membransko-biološki reaktor), koji još uvijek nije u funkciji [5].

Analizom postojećeg stanja u opštinama na području neposrednog sliva rijeke Bosne identifikovani su glavni problemi u upravljanju otpadom koji se odnose na nedovoljan broj lokacija za smještaj kontejnera, nemogućnost pristupa komunalnim vozilima u određenim djelovima (strme ili uske ulice), postojanje divljih odlagališta otpada, nema odlagališta građevinskog otpada, njegovog odvojenog prikupljanja i tretmana, te nizak nivo javne svijesti o klasifikaciji i propisanom odlaganju otpada. Potencijalno najveću opasnost predstavljaju različite hemijske materije koje dospjevaju u vodu kao posljedica primjene „nečistih“ industrijskih procesa, tj. iz otpadnih voda, otpadnih gasova ili čvrstih otpadaka industrijske proizvodnje [6].

Klasifikacija prirodnih voda

Zaštita vodnih resursa je od velikog značaja ne samo sa aspekta očuvanja zdrave životne sredine, nego i sa aspekta snabdijevanja svih oblasti ljudske djelatnosti vodom [7].

Države donose svoje propise kojima se sve vode razvrstavaju u klase i definiše kvalitet vode prema namjeni. U FBiH to je Uredba o klasifikaciji voda i voda obalnog mora Jugoslavije u granicama SR BiH (objavljena u Službenim novinama SRBiH, broj: 19/80).

Klasifikacijom voda se vrši opšta podjela voda na klase i propisuju se osnovni pokazatelji i granice njihovih dozvoljenih vrijednosti za pojedine namjene.

Prema namjeni i stepenu čistoće, vode u vodotocima, prirodnim jezerima i podzemne vode svrstane su u četiri klase.

U tabeli 1 dati su pokazatelji za klasifikaciju voda i granične vrijednosti tih pokazatelja za sve četiri klase voda.

Uredbom o opasnim i štetnim materijama u vodama (objavljena u „Službenim novinama FBiH“, broj: 43/07) propisuju se materije i njihove najveće dozvoljene koncentracije po pojedinim klasama voda, koje se smatraju opasnim i štetnim materijama u vodama [8].

Prema Uredbi o kategorizaciji vodotoka (Službeni list SR BiH, broj 42/67) svi vodotoci, podzemne vode, prirodna jezera i obalno more u granicama BiH- FBiH podjeljeni su u četiri kategorije.

U tabeli 2 prikazane su maksimalno dozvoljene koncentracije pojedinih elemenata u površinskim vodama s obzirom na klasu vodotoka koja se koristi u svrhu TNMN (Trans National Monitoring Network – TNMN).

Na klasifikacijskoj šemi, pet klasa je korišteno za procjenu, sa ciljanim vrijednostima koje predstavljaju graničnu vrijednost za klasu II. Klasa I predstavlja referentne uslove, odnosno osnovne koncentracije.

Tabela 1 - Osobine voda vodotoka, jezera i podzemnih voda i klase vode u zavisnosti od kvaliteta

	Pokazatelj	I klasa	II klasa	III klasa	IV klasa
1.	Rastvoreni kiseonik u mg/L, najmanje (ne primjenjuje se na podzemne vode i prirodna jezera)	8	6	4	3
2.	Zasićenost kiseonikom u procentu: -saturacija -supersaturacija	90 – 105 -	75 – 90 105 – 115	50 – 75 115 – 125	30 – 50 125 – 130
3.	Petodneva biohemijska potrošnja kiseonikom pri temperaturi od 20°C (BPK ₅) u mgO ₂ /L, do	2	4	7	20
4.	Hemijska potrošnja kiseonika (HPK) iz KMnO ₄ mgO ₂ /L, do	10	12	20	40
5.	Stepen saprobnosti prema Liebmanu (ne primjenjuje se na podzemne vode i prirodna jezera)	Oligosaprobni	Mezosaprobni beta-alfa	Mezosaprobni alfa- beta	alfa mezosaprobni do polisaprobni
6.	Suspendovane materije u mg/L, do	10	30	80	100
7.	Suvi ostatak filtrirane vode u mg/L, do - za površinske vode - za podzemne vode: na kršu van krša	350* 350 800	1000 1000 1000	1500 1500 1500	1500 - -
8.	pH vrijednost	6,8 – 8,5	5,8 – 8,5	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
9.	Vidljive otpadne materije	bez	Bez	bez	Bez
10.	Primjetna boja i miris	bez	Bez	Slabopromjetni	-
11.	Najvjerojatniji broj koliformnih bakterija u litru vode, do -za kupanje	1000 -	100.000 20.000	200.000 -	Preko 200.000 -
12.	Toksične materije, izmjena temperat. i drugi pokazatelji štetnosti	Ne smiju se nalaziti ni u jednoj klasi iznad propisane granice			

*ili najmanje koliki im je prirodni sadržaj – znači nema ograničenja

Tabela 2 - Maksimalno dozvoljene koncentracije pojedinih elemenata u površinskim vodama s obzirom na klasu vodotoka prema smjernicama ICPDR-a [9]

R.br.	PARAMETAR	Jedinica	KLASA				
			I	II	III	IV	V
Režim kiseonika							
1.	Rastvoreni kiseonik	mg/L O ₂	7	6	5	4	> 4
2.	BPK ₅	mg/L O ₂	3	5	10	25	> 25
3.	HPK –Cr	mg/L O ₂	10	25	50	125	> 125
4.	HPK – Mn	mg/LO ₂	5	10	20	50	> 50
Režim nutrijenata							
5.	Amonijak	mg N/L	0,2	0,3	0,6	1,5	>1,5
6.	Nitriti	mg N/L	0,01	0,06	0,12	0,3	>0,3
7.	Nitrati	mg N/L	1	3	6	15	>15
8.	Ukupni azot	mg N/L	1,5	4	8	20	>20
9.	Ukupni fosfor	mg P/L	0,1	0,2	0,4	1	>1
Metali(ukupni)							
10.	Cink – Zn	µg/L	pk	100	200	500	>500
11.	Bakar – Cu	µg/L	pk	20	40	100	>100
12.	Ukup. hrom(Cr-III+VI)	µg/L	pk	50	100	250	>250
13.	Olovo – Pb	µg/L	pk	5	10	25	>25
14.	Kadmijum – Cd	µg/L	pk	1	2	5	>5
15.	Živa – Hg	µg/L	pk	0,1	0,2	0,5	>0,5
16.	Nikal – Ni	µg/L	pk	50	100	250	>250
17.	Arsen- As	µg/L	pk	5	10	25	>25

pk –osnovne koncentracije

Bosna i Hercegovina je potpisnica konvencije o saradnji na zaštiti i održivom korištenju rijeke Dunav (Convention on Co-operation for the Protection of Sustainable Use of the Danube River, Sofia 1994.), čiji su osnovni ciljevi: održivo upravljanje vodnim sistemom, unaprijeđenju kvaliteta upravljanja vodnim resursima i kvaliteta voda, racionalno i održivo korištenje vodnih resursa i zaštite okoline i ekosistema u slivu rijeke Dunav [10, 11].

EKSPERIMENTALNI DIO

Uzorkovanje i laboratorijske analize

Uzorkovanje i laboratorijske analize vršene su prema metodama koje su u skladu sa BAS/EN/ISO standardima ili drugim metodama koje daju ekvivalentne rezultate u pogledu preciznosti i pouzdanosti, a u skladu sa zakonskom regulativom.

Dio iz grupe standarda ISO 5667 odnosi se na uzimanje uzoraka posebnih tipova vode. On se primjenjuje zajedno sa ISO 5667-1, ISO 5667-2 i ISO 5667-3, koji se odnose na izradu programa uzimanja uzoraka, postupke uzimanja uzoraka i čuvanje i rukovanje uzorcima [12].

Na dijelu razmatranog neposrednog sliva rijeke Bosne vršena su ispitivanja samo na vodotoku, budući da na ovoj dionici nema komunalnih ispusta. Uzorci su uzeti na sedam pozicija od Vrela Bosne do VS Reljevo.

Laboratorijsko ispitivanje parametara koji su služili za određivanje klasa posmatranog dijela vodotoka vršeno je u Laboratoriji za arhitektonsku fiziku i zaštitu okoline "Dvokut pro" doo Sarajevo.

Uzorci vode uzimani su na približno petnaest centimetara ispod površine i na sredini struje čime se izbjeglo prljanje vode muljem i nečistoćama koje plivaju po površini. Pri tome posude su bile okre-

nute prema struji. Uzeti uzorci su punjeni u čiste posude od stakla (G) ili polietilena (P), koje su prije punjenja isprane 2 – 3 puta istom vodom. Posude su zatvarane plutanim ili staklenim čepom. Boce sa uzorcima vode su čuvane na tamnom i hladnom mjestu i analizirani su istog dana. Prije postupka ispitivanja parametara, izvršena je stabilizacija svih uzorka pomoću termostata na temperaturu od $t = 25^{\circ}\text{C}$. Temperatura vode, pH, rastvoreni kiseonik i zasićenost kiseonikom su određivani na licu mjesta.

Analiza kvaliteta rijeke Bosne

Za analizu kvaliteta i klasifikacije vodotoka korišteni su sledeći važeći propisi:

- Uredbe o klasifikaciji voda i voda obalnog mora Jugoslavije u granicama Socijalističke Republike Bosne i Hercegovine („Službeni list SR BiH“, br. 19/80)
- Uredbe o opasnim i štetnim materijama u vodama („Službene novine FBiH“, br. 43/2007)
- Smjernica Međunarodne komisije za zaštitu rijeke Dunav (eng. ICPDR - International Commission for protection of Danube River, Table 3. Water Quality Classification used for TNMN purposes, for waterflows II class; u daljnjem tekstu ICPDR).

Za potrebe analize kvaliteta rijeke Bosne izvršene su serije uzorkovanja i ispitivanja u 2010. godini i 2011. godini na sedam mjernih profila. Jedna serija laboratorijskih analiza provedena je u mjesecu avgustu 2013. godine na četiri mjerna profila, kako bi se utvrdilo da li je došlo do određenih promjena kvaliteta vodotoka na posmatranom lokalitetu. Broj i frekvencija mjerenja prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3 - Monitoring mjesta i frekvencija mjerenja fizičko-hemijskih parametara na rijeci Bosni za period 2010-2013. godina

Oznaka	Mjerno mjesto	Fizičko-hemijski parametri		
		2010	2011	2013
B – 1	Vrelo Bosne	jul/avgust	jul/avgust	avgust
B – 2	Bosna – Rimski most	Jul	maj/jul/avgust	-
B – B	Bosna – uzvodno od ušća Zujevine	-	jul/avgust	-
B – D	Bosna – uzvodno od ušća Miljacke	Jul	maj/jul/avgust	avgust
B – E	Lepenica – uzvodno od ušća u rijeku Bosnu	-	maj/jul/avgust	avgust
B – F	Lepenica – nizvodno od deponije Smiljavići	-	jul/avgust	-
B – 3	Bosna – VS Reljevo	jul/avgust	maj/jul/avgust	avgust

U svrhu bolje preglednosti, hemijski i fizičko-hemijski elementi kvaliteta vodotoka rijeke Bosne podjeljeni su na opšte elemente kvaliteta i prioritetne supstance-teške metale. Rezultati fizičko-hemijskih analiza dati su u tabelama 4,5,6 i 7.

Tabela 4 - Rezultati fizičko-hemijskih analiza rijeke Bosne za profil Vrelo Bosne (B-1)

Parametri	Mdk1 Uredba FBiH	MDK2 ICPDR	(B-1) juli 2010	(B-1) avgust 2010.	(B-1) juli 2011	(B-1) avgust 2011	(B-1) avgust 2013
Temperatura vode (°C)	-	0-25	8	8,4	12,1	9,8	9,2
pH vrijednost	6,8-8,5	7,50	7,61	7,63	7,54	7,63	7,65
Rastvoreni kiseonik (mg O ₂ /L)	8-6	7- 6	12,15	10,8	11,83	11,85	10,3
Zasićen.kiseonik. (%)	90-105	-	126	110	119,0	120,5	105,2
Ukupni azot (mg N/L)	-	1,5- 4	0,38	0,22	0,38	0,49	0,53
Ukupni fosfor (mg P/L)	0,1 – 0,25	0,1-0,2	0,237	0,041	0,068	0,105	0,012
Amonijak (mg N/L)	0,10-0,25	0,2-0,3	0,09	0,043	0,000	0,09	0,01
Nitrati (mg N/L)	0,50-1,50	1-3	0,455	-	0,32	0,30	0,43
Nitriti (mg N/L)	0,01-0,03	0,01-0,06	0,006	-	0,000	0,005	0,005
HPK (mg O ₂ /L)	-	10-25	1,6	18	9	8	4,5
BPK ₅ (mg O ₂ /L)	2-4	3-5	0,8	1	1,5	1,5	1,75
Utrosak KMnO ₄ (mg KMnO ₄ /L)	10-12	5-10	-	-	6,32	4,06	3,52
Cink (mg/L)	0,05-0,08	0,1	0,01	-	<0,001	<0,0001	0,01
Bakar (µg/L)	2-10	20	1	-	<0,1	<0,1	<0,1
Olovo (µg/L)	2	5	<1	-	<0,1	<0,1	<0,1
Hrom – ukupni (µg/L)	1-6	50	<1	-	<0,1	<0,1	<0,1
Kadmijum (µg/L)	0,5	1	<1	-	<0,1	<0,1	<0,1

Tabela 5 - Rezultati fizičko-hemijskih analiza rijeke Bosne za profile: **A-Rimski most (B-2)**, **B-Zujevina (B-B)** i **C-Lepenica, nizvodno (B-F)**

Parametri	(B-2) juli 2010	(B-2) maj 2011	(B-2) juli 2011	(B-2) avgust 2011	(B-B) Juli 2011	(B-B) Avgust 2011	(B-F) Juli 2011	(B-F) Avgust 2011
	A				B		C	
Temperatura vode (°C)	8,5	9,5	17,5	14,9	19,5	17,6	23,7	23,0
pH vrijednost	7,8	7,71	6,60	7,76	7,50	7,78	7,53	7,08
Rastvoreni kiseonik (mg O ₂ /L)	11,9	10,35	11,05	11,10	10,44	9,13	6,05	5,43
Zasićen.kiseonik. (%)	122	108	110	114,6	105,5	94,7	70,3	56,4
Ukupni azot (mg N/L)	0,42	0,67	0,73	0,53	0,82	1,02	63,50	88,40
Ukupni fosfor (mg P/L)	0,24	0,132	0,103	0,251	0,116	0,393	0,852	3,214
Amonijak (mg N/L)	0,1	0,000	0,000	0,15	0,006	0,31	51,54	78,58
Nitrati (mg N/L)	0,46	0,59	0,69	0,35	0,75	0,53	6,67	8,22
Nitriti (mg N/L)	0,007	0,000	0,004	0,014	0,011	0,065	2,564	0,502
HPK (mg O ₂ /L)	2	6,5	10	9	11	24	365	892
BPK ₅ (mg O ₂ /L)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,2	3	73	180,0
Utrosak KMnO ₄ (mg KMnO ₄ /L)	-	-	6,95	7,50	8,22	12,80	-	-
Cink (mg/L)	0,016	0,016	0,001	<0,0001	0,011	0,00020	0,0320	0,21
Bakar (µg/L)	1	<0,1	<0,1	<0,1	0,24	0,31	24	92
Olovo (µg/L)	<1	0	<0,1	<0,1	0,18	0,21	1	1
Hrom – ukupni (µg/L)	<1	<0,1	<0,1	<0,1	0,24	0,8	2,4	120
Kadmijum (µg/L)	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,62	0,8

Tabela 6 - Rezultati fizičko-hemijskih analiza rijeke Bosne za profile: A-uzvodno od Miljacke (B-D) i B-Lepenica, uzvodno (B-E)

Parametri	(B-D)	(B-D)	(B-D)	(B-D)	(B-D)	(B-E)	(B-E)	(B-E)	(B-E)
	juli 2010	maj 2011	juli 2011	avgust 2011	avgust 2013	maj 2011	juli 2011	avgust 2011	avgust 2013
	A					B			
Temperatura vode (°C)	8,8	10,3	19,5	18,9	19,5	11,5	21,5	22,3	22,0
pH vrijednost	7,55	7,66	7,38	7,51	7,55	7,60	7,61	7,80	7,6
Rastvoreni kiseonik (mg O ₂ /L)	8,35	9,9	7,50	9,00	11,2	8,55	4,12	3,95	5,77
Zasićen.kiseonik. (%)	91,8	101,7	82,3	92,5	99,1	87,3	42,3	41,3	67,9
Ukupni azot (mg N/L)	1,66	0,95	1,70	1,75	3,21	9,74	47,52	61,60	44,5
Ukupni fosfor (mg P/L)	0,35	0,156	0,119	0,420	0,522	0,577	2,511	3,203	1,682
Amonijak (mg N/L)	0,74	0,049	0,121	0,46	0,83	7,020	36,04	52,53	35,10
Nitrati (mg N/L)	0,273	0,79	1,20	0,82	1,21	3,24	6,60	7,44	6,21
Nitriti (mg N/L)	0,025	0,022	0,110	0,062	0,08	0,229	2,014	0,115	0,312
HPK (mg O ₂ /L)	4,6	30,4	20	25	35	60,8	175	372	121,1
BPK5 (mg O ₂ /L)	2,3	6,1	2,7	3,4	6,3	19,4	56	74,4	57,4
Utrosak KMnO ₄ (mg KMnO ₄ /L)	-	-	8,85	14,70	13,2		-	-	51,6
Cink (mg/L)	0,017	0,014	0,012	0,00018	0,019	0,029	0,0284	0,011	0,011
Bakar (µg/L)	6	<0,1	0,31	0,42	0,2	0,8	90	120	88
Olovo (µg/L)	2	0,8	0,16	0,24	0,6	2,4	7	10	11
Hrom – ukupni (µg/L)	3	<0,1	0,31	0,5	0,33	1,2	1	88	62,5
Kadmijum (µg/L)	<1	0,14	<0,1	<0,1	0,11	1	0,13	0,2	0,64

Tabela 7 - Rezultati fizičko-hemijskih analiza rijeke Bosne za profile: A-VS Reljevo (B-3) i B-Lepenica, nizvodno (B-F)

Parametri	(B-3)	(B-3)	(B-3)	(B-3)	(B-3)	(B-3)	(B-F)	(B-F)
	juli 2010	avgust. 2010	maj 2011	juli 2011	avgust 2011	avgust 2013	Jul 2011	Avgust 2011
	A						B	
Temperatura vode (°C)	20,8	14,3	11,0	21,7	20,5	21,0	23,7	23,0
pH vrijednost	7,18	7,26	7,53	7,29	7,48	7,5	7,53	7,08
Rastvoreni kiseonik (mg O ₂ /L)	6,35	3,8	9,45	5,63	5,95	6,7	6,05	5,43
Zasićen.kiseonik. (%)	67,9	39,6	96,3	57,4	63,4	77,9	70,3	56,4
Ukupni azot (mg N/L)	5,25	3,9	1,35	6,64	8,40	8,55	63,50	88,40
Ukupni fosfor (mg P/L)	0,65	0,42	0,176	0,517	0,941	1,103	0,852	3,214
Amonijak (mg N/L)	3,5	2,65	0,236	3,721	5,90	4,65	51,54	78,58
Nitrati (mg N/L)	0,852	-	1,30	1,60	1,82	3,11	6,67	8,22
Nitriti (mg N/L)	0,135	-	0,050	0,144	0,013	0,13	2,564	0,502
HPK (mg O ₂ /L)	42	47,5	36,7	52	62	39,1	365	892
BPK5 (mg O ₂ /L)	24,4	19	7,5	7,3	7,6	7,4	73	180,0
Utrosak KMnO ₄ (mg KMnO ₄ /L)	-	-	-	13,27	23,38	24,8	-	-
Cink (mg/L)	0,037	-	0,027	0,0126	0,0028	0,032	0,0320	0,21
Bakar (µg/L)	14	-	0,22	14	2,8	3,11	24	92
Olovo (µg/L)	22	-	1,7	8	11	10,5	1	1
Hrom – ukupni (µg/L)	8	-	0,4	1,4	11,7	13,4	2,4	120
Kadmijum (µg/L)	<1	-	0,8	0,92	0,6	0,57	0,62	0,8

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Na osnovu rezultata fizičko-hemijskih analiza parametara kvaliteta vodotoka Bosne, određivana je klasa vodotoka po grupama relevantnih parametara po principu najniže ustanovljene klase, odnosno najlošijeg ustanovljenog stanja vodotoka. Pri određivanju klase na osnovu pojedinačnog parametra, u slučaju i najmanjih odstupanja MDK vrijednosti pojedinih parametara između pravilnika u FBiH i ICPDR-a, uzimale su se oštrije MDK vrijednosti jednog ili drugog pravilnika kako bi se

ispoštovali zahtjevi oba pravilnika. Prema pomenutoj važećoj Uredbi u FBiH ne postoji peta klasa, ali se radi lakšeg utvrđivanja i poređenja terminološki zadržao pojam pete klase, što je zapravo stanje vodotoka koje prema svom kvalitetu ima lošiju klasu od četvrte (izvan klase).

U tabeli 8. utvrđena je klasa za svaki od prethodno navedenih parametara iz grupe opštih elemenata, za ukupno sedam mjernih profila posmatranih u periodu 2010 - 2013. godine.

Tabela 8 - Klase vodotoka-na osnovu opštih elemenata kvaliteta

Profil	Zaht. klasa	HEMIJSKI I FIZIČKO-HEMIJSKI ELEMENTI KVALITETA										
		OPŠTI ELEMENTI KVALITETA										
		Režim kiseonika					Nutrijenti					Kon. Klasa
		Zasi. kise.	HPK _{Mn}	HPK _{Cr}	BPK ₅	pH	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Ukup N	Ukup P	
2 serije, jun/avgust 2010. Godina												
Vrelo Bosne (B-1)	1	4	-	2	1	1	1	1	1	1	3	4
Bosna-Rimski most (B-2)	1	3	-	1	1	1	1	1	1	1	3	3
Bosna uzvodno od Miljacke (B-D)	2	1	-	1	2	1	4	1	2	2	3	4
Bosna-VS Reljevo (B-3)	3	3	-	3	4	1	5	2	4	3	4	5
3 serije, maj/avgust 2011. Godina												
Vrelo Bosne (B-1)	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3
Bosna-Rimski most (B-2)	1	2	2	1	1	1	2	2	2	1	3	3
Bosna uzvodno od ušća Zujevine (B-B)	2	1	3	2	2	1	3	2	3	1	3	3
Bosna uzvodno od Miljacke (B-D)	2	2	3	3	3	1	3	2	3	2	4	4
Lepenica nizvodno od deponije Smiljevići (B-F)	3	3	-	5	5	1	5	4	5	5	5	5
Lepenica uzvodno od ušća u rijeku Bosnu (B-E)	3	4	-	5	5	1	5	4	5	5	5	5
Bosna-VS Reljevo (B-3)	3	3	4	4	4	1	5	3	4	4	4	5
1 serija, avgust 2013. Godina												
Vrelo Bosne (B-1)	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Bosna uzvodno od Miljacke (B-D)	2	1	3	3	3	1	4	2	3	2	4	4
Lepenica uzvodno od ušća u rijeku Bosnu (B-E)	3	3	5	4	5	1	5	4	5	5	5	5
Bosna- VS Reljevo (B-3)	3	2	4	3	4	1	5	3	4	4	5	5

Posmatrajući režim kiseonika, voda rijeke Bosne u svom toku na početnom mjernom profilu Vrelo Bosne je voda IV/III klase u periodu 2010. i 2011. godine, što je moguća posljedica pogoršanja stanja vezano za kvar na kanalizacionoj mreži planinskog područja Igman-Bjelašnica gdje je lociran veći broj turističkih, rekreativnih i ugostiteljskih objekata.

Visoki stepen supersaturacije može biti indikator eutrofikacije vodnog tijela, u uslovima visoke biološke produktivnosti, pa je stoga ovaj parametar jedan od indikatora zagađenja vode. U slučaju ispitivanja u 2013. godini, supersaturacija nije poslje-

dica pojačane biološke produktivnosti, već izražene aeracije vode rijeke Bosne, pa ovaj parametar nije toliko značajan za ocjenu klase vode. Na osnovu vrijednosti ispitanih parametara u avgustu 2013. godine može se donijeti zaključak da je voda na Vrelo Bosne relativno dobrog kvaliteta, i nalazi se na granici I i II klase (zbog MDK vrijednosti zasićenog kiseonika od 105,2 % svrstava ga u II klasu). To znači da se radi o vodi koja se uz odgovarajući tretman može upotrebljavati za piće i u prehrambenoj industriji, uz uobičajene metode obrade –

kondicioniranja (koagulaciju, filtraciju, dezinfekciju i sl.).

Situacija oko kvara kanalizacione mreže se odrazila i na profil Rimski most gdje se u periodu 2010. i 2011. godine supersaturacija kretala između 110% - 122%. Takođe, povećane koncentracije ukupnog fosfora svrstavaju ovaj dio vodotoka u III klasu zagađenja.

Prihvatanjem Željeznice i Zujevine, količina vode raste, ali raste i zagađenje. Prije prihvatanja Miljacke, u rijeku Bosnu se ulijeva i rijeka Dobrinja koja takođe nosi sa sobom značajan dio zagađenja okolnih naselja. Sa aspekta fizičko – hemijskih pokazatelja izražen je porast koncentracija za amonijak, nitrite, ukupni fosfor i organske materije, a pada vrijednost rastvorenog kiseonika, što je pokazatelj zagađenja vodotoka sanitarno fekalnim otpadnim vodama. Uticaj industrijskih objekata nije evidentiran s aspekta fizičko – hemijskih karakteristika na ovom dijelu toka. Stoga je konačna klasa na profilu Bosna – uzvodno od Miljacke (B-D) - IV klasa zagađenja.

Prihvatanjem rijeke Miljacke, a sa Miljackom i vode glavnog gradskog kolektora, kao i prihvatanjem "divljih kolektora", konačno devastira vode rijeke Bosne. Na profilu Bosna - VS Reljevo (B – 3), voda rijeke Bosna po izgledu, ali i prema mjernim pokazateljima je lošeg kvaliteta i prelaze MDK vrijednosti.

Karakteristika rezultata sa dva mjerna profila, i to: Lepenica nizvodno od deponije Smiljevići (B – F), te Lepenica neposredno prije ušća u rijeku Bosnu (B – E) je velika zagađenost sa svih aspekata analize. Ovi rezultati su posljedica ulijevanja procjednih voda sa deponije "Smiljevići", ali i dospijevanja sanitarno fekalnih otpadnih voda iz naselja Zabrdje, koje nema izgrađen kanalizacioni sistem, te ovaj dio vodotoka sa aspekta ukupne fizičko – hemijske analize podpada pod vodu V klase zagađenja.

Na krajnjem mjernom profilu Bosna - VS Reljevo sa stanovišta režima kiseonika, odnosno stepena zasićenosti vode kiseonikom, voda rijeke Bosne je voda III klase u periodu 2010/2011 godine, dok u avgustu 2013. godine podpada u II klasu zagađenja. Prema parametrima BPK5, HPKMn, te vrijednosti HPKCr voda rijeke Bosne na ovom profilu je voda IV klase zagađenja. Ovom porastu najviše doprinosi Lepenički potok i procjedne vode sa deponije koje prema režimu kiseonika su vode V klase zagađenja. Pored deponije, značajan antropogeni uticaj pokazuje i naselje Zabrdje, koje nema regulisanu odvodnju komunalnih voda iz domaćinstva.

Što se tiče cjelokupne analize fizičko – hemijskih parametara, profil Bosna – VS Reljevo potpada pod V klasu zagađenja, i to zbog povećane vrijednosti amonijaka za cijeli posmatrani period, te povećane vrijednosti za ukupni fosfor u 2013. godini.

Tabela 9 - Utvrđene klase vodotoka na bazi prioriternih supstanci

Profil	Zaht. klasa	HEMIJSKI I FIZIČKO-HEMIJSKI ELEMENTI KVALITETA					
		PRIORITETNE SUPSTANCIJE – TEŠKI METALI					Kona. Klasa
		Opasne supst.		Štetne supstance			
		Pb	Cd	Cu	Zn	Cr	
2 serije, jun/avgust 2010. Godina							
Vrelo Bosne (B-1)	1	1	1	1	1	1	1
Bosna_Rimski most (B-2)	1	1	1	1	1	1	1
Bosna-VS Reljevo (B-3)	3	4	1	3	1	3	4
3 serije, maj/avgust 2011. Godina							
Vrelo Bosne (B-1)	1	1	1	1	1	1	1
Bosna-Rimski most (B-2)	1	1	1	1	1	1	1
Bosna uzvodno od Miljacke (B-D)	2	1	1	1	1	2	2
Bosna uzvodno od ušća Zujevine (B-B)	2	1	1	1	1	1	1
Bosna-VS Reljevo (B-3)	3	4	3	3	1	3	4
Lepenica nizvodno od deponije Smiljevići (B-F)	3	4	3	5	1	5	5
Lepenica uzvodno od ušća u rijeku Bosnu (B-E)	3	3	3	5	1	5	5
1 serija, avgust 2013. Godina							
Vrelo Bosne (B-1)	1	1	1	1	1	1	1
Bosna uzvodno od Miljacke (B-D)	2	1	1	1	1	1	1
Lepenica uzvodno od ušća u rijeku Bosnu (B-E)	3	4	3	5	1	5	5

Profil	Zaht. klasa	HEMIJSKI I FIZIČKO-HEMIJSKI ELEMENTI KVALITETA					
		PRIORITETNE SUPSTANICE – TEŠKI METALI					
		Opasne supst.		Štetne supstance			Kona. Klasa
		Pb	Cd	Cu	Zn	Cr	
Bosna-VS Reljevo (B-3)	3	4	3	2	1	4	4

Ako se posmatra stanje nutrijenata već na mjernom profilu Vrelo Bosne voda je III klase u 2010. godini i to zbog vrijednosti za ukupni fosfor što bi moglo biti u korelaciji sa izraženijim promjenama u saturaciji kiseonikom. Što se tiče vrijednosti za ukupni fosfor u 2013. godini na profilu Vrelo Bosne, znatno je bolja situacija jer ta vrijednost zadovoljava uslove I klase. Daljim tokom klasa zagađenja raste do V klase na krajnjem mjernom profilu Bosna – VS Reljevo. Veliko prekoračenje MDK za nitrite i koncentraciju slobodnog amonijaka, uz povećan utrošak KMnO₄, ukazuje na konstantan priliv svježeg organskog opterećenja ovog vodotoka, kao i još uvijek nedovoljno regulisanu odvodnju komunalnih voda iz domaćinstava. Takođe, NH₄⁺ jon može dospjeti u vodene tokove i preko procjedne vode sa deponije.

Rezultati izvršenih ispitivanja u 2013. godini pokazuju da je kvalitet vode ispitivanih uzoraka u odnosu na prethodne godine praktično nepromijenjen (osim profila Vrelo Bosne). Potrebno je pri tome napomenuti da su i u 2013. godini vršena ispitivanja većinom na onim mjernim mjestima na vodotoku, gdje se i očekivao utjecaj komunalnih otpadnih voda i procjednih voda sa deponije, u cilju sagledavanja tog utjecaja.

Kontaminacija teškim metalima je naročito izražena na profilu Bosna - VS Reljevo – IV klasa zagađenja za cijeli posmatrani period, a ta koncentracija teških metala uglavnom je porjeklom iz Lepeničkog potoka (procjedne vode sa deponije Smiljevići) gdje se voda svrstava u V klasu zagađenja sa aspekta teških metala. Na tim mjernim profilima naročito su povećane koncentracije olova, bakra i hroma. Na osnovu koncentracije teških metalaa klase posmatranih vodotoka su date u tabeli 9.

ZAKLJUČAK

Glavna karakteristika vodotoka je velika zagađenost obala i korita rijeke sa mnoštvom čvrstog otpada, a posebno plastičnih ambalaža, izuzev kratkog puta od Vrelo Bosne pa do Rimskog mosta. Najveći doprinos ovakvom stanju jeste teret zagađenja koji nosi rijeka Miljacka, ali i rijeka Lepenica, koji je mali vodotok, ali je nosilac većeg tereta zagađenja.

Pored Miljacke i Lepenice, ušće Željeznice, Dobrinje, i Zujevine, koje sa sobom nose značajan dio opterećenja, znatno utiču na kvalitet dijela vodotoka na lokalitetu Reljevo gdje se navedeni vo-

dotoci sjedinjuju na profilu koji je i sam opterećen antropogenim uticajem.

Rješenja identifikovanih problema moguća su i kroz:

- izgradnja primarne i sekundarne kanalizacione mreže za naselja čije se fekalne vode ulijevaju u Bosnu od profila Rimski most pa sve do Reljeva,
- stavljanje u funkciju prečišćavača otpadnih voda u Butilama,
- efikasno prečišćavati otpadne procjedne vode sa deponije Smiljevići,
- dosljednu realizaciju opštinskih planova upravljanja otpadom.

Problem postojanja velikog broja divljih odlagališta mora se rješavati planski kroz njihovo uklanjanje, sanaciju postojećeg terena i provođenje mjera koje će spriječiti njihovo ponovno nastajanje. Posebno je značajno podizanje javne svijesti građana o adekvatnom upravljanju otpadom, odnosno o negativnom uticaju divljih odlagališta na zdravlje ljudi i okolinu.

LITERATURA

- [1] Program „Sanacija dotrajalih dijelova vodovodnog i kanalizacionog sistema“ (za 2011. godinu i period 2012-2020.g.), KJKP ViK Sarajevo, decembar 2010. godina.
- [2] Podaci dobijeni od Ministarstva prostornog uređenja i zaštite okoline Kantona Sarajevo.
- [3] Projekat zaštite izvorišta vode za piće Sarajevsko polje-Treći izvještaj, Nacrt, Institut za hidrotehniku GF u Sarajevu, jul 2011.
- [4] N. Knežević, S. Cukut, S. Dunović, (2012), Membranski postupci u prečišćavanju procjednih voda sa deponija komunalnog otpada“, Journal of Engineering & Processing Management An International Journal, Volume 4 No. 1, 151-161.
- [5] Serdarević A., Babić F., „Postrojenje za prečišćavanje procjednih voda sarajevskog odlagališta kućnog otpada“, Voda i mi, br. 65, april 2009., 19-29 str.
- [6] B. Dalmacija, (2010), „Od čega zavisi kvalitet vode“, Journal of Engineering & Processing Management An International Journal, Volume 2 No. 2, 49-66.
- [7] B. Đukić, M. Gligorić, S. Smiljanić, Priprema vode za industriju i energetiku, Tehnološki fakultet, Zvornik, 2011.
- [8] Uredba o opasnim i štetnim materijama u vodama („Službene novine FBiH“, broj: 43/07)

- [9] Water Quality in the Danube River Basin – 2006, International Commission for the Protection of the Danube River- icpdr, TNMN – Yearbook 2006. p.p. 4 – 11
- [10] B. Vučijak, A. Đerić, I. Silajdžić, S. Midžić Kurtagić, Voda za život: Osnove integralnog upravljanja vodnim resursima, Institut za hidrotehniku građevinskog fakulteta u Sarajevu, Sarajevo, 2011., str. 108 - 109.
- [11] www.icpdr.org/icpdr-pages/legal.htm
- [12] Kvalitet vode – Uzorkovanje – Dio 10: Smjernice za uzorkovanje otpadnih voda BAS ISO 5667-10, Prvo izdanje, novembar 2000. Water quality – Sampling – Part 10: Guidance on sampling of waste waters (ISO 5667-10:1992,IDT)

ABSTRACT

CLASSIFICATION OF WATERS OF THE BOSNA RIVER BASED ON PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY INDICATORS IN THE AREA OF THE CITY OF SARAJEVO

The subject of this study is the analysis of physical and chemical parameters of the Bosna River in order to determine the current status of this watercourse (from the Bosna river source to the water gauging station Reljevo) in Ilidza Municipality and part of Novi Grad Sarajevo Municipality and group classification of the watercourse according to existing legislation of Bosnia and Herzegovina and EU.

The Bosna River is the main recipient of waste water of the central part of Sarajevo (Stari Grad, Centar, Novi grad and Novo Sarajevo Municipalities). In addition, the city dumping site Smiljevići, with its leachate waters significantly affects the quality of the Bosna River.

In a part of the concerned basin of the Bosna River some studies were carried out only on the watercourse (seven measuring profiles) since there are no municipal drains in this section.

Based on the results of analysis of physico-chemical parameters conducted between 2010 - 2013, the comparison with the limits prescribed by the Regulation on Hazardous and Harmful Substances in Water (Federation of Bosnia and Herzegovina Official Gazette No. 43/2007) and the Guidelines of the International Commission for the Protection of Danube River – ICPDR, Table 3 has been performed. From Water Quality Classification used for TNMN purposes, for water flows II Class, it is evident that some of the parameters significantly exceed the maximum permissible concentration (MPC) especially on the measuring profiles after the inflow of tributaries, especially the Miljacka River as well as the Lepenica River, which, with its sanitary-fecal waste waters and leachate waters from Smiljevići dumping site, impacts the quality of the Bosna River.

Key words: *sanitary-fecal waste water, leachate waters, municipal drains, classification of watercourses.*

Scientific paper

Received for Publication: 16. 09. 2013.

Accepted for Publication: 23. 12. 2013.