



FIZIČKO-KEMIJSKE I MIKROBIOLOŠKE KARAKTERISTIKE POVRŠINSKIH VODA NA PODRUČJU ZDK

¹Nenad Perić, ²Amir Ibrahimagić

¹Odsjek sanitarne hemije, Zavod za javno zdravstvo SBK, ²Služba za hemijsku dijagnostiku, Institut za zdravlje i sigurnost hrane Zenica

SAŽETAK

Zagađenje voda smatra se glavnim problemom na globalnoj razini. Postojanje mnogobrojnih zagađivača predstavlja opasnost po kvalitet površinskih voda. Svrha rada je izvršiti procjenu kvalitete površinskih voda sliva rijeke Bosne na području ZDK.

U sklopu istraživanja obrađeno je 17 uzoraka vode koji su prikupljeni u Zeničko Dobojskom kantonu. Uzorkovanje je vršeno u periodu 2020. i 2021. godine na području Visokog, Zenice, Tešnja, Maglaja i Vareša. U skoro svim uzorcima voda je bila bez mirisa i boje. Stupanj mutnoće se kretao od 2 NTU do 70 NTU, dok se pH kretala u granicama normale i bila oko 8. Sadržaj nitrata se kreće 0,7 – 5,6 mg/L. Kloridi se nalaze u granicama normale, a najviši su bili u rijeci Tešanjka (93,83 mg/L). Amonijak se kretao od 0,12-3,77 mg/L, kalij permanganat je imao najveće odstupanja: 1,92-10,24 mgO₂/L. Analizom nitrita, željeza, mangana, sulfata i ortofosfata uočava se da neki od parametara značajno odstupaju od propisanih vrijednosti. Rezultati mikrobioloških analiza pokazuju porast aerobnih mezofilnih bakterija čiji je najveći porast bio na 22°C, kao i klostridija čija se odstupanja kretala od 470 do 7000 kolonija.

Ključne riječi: Uzorkovanje, analiza, kloridi, amonijak, nitriti, klostridije

Autor za korespondenciju:
Nenad Perić, MA dipl. ing.
Zavod za javno zdravstvo SBK
Tel. 063/449-451
E-mail: nenop2018@gmail.com





UVOD

O vodi i njenim prirodnim stanjima u znanstvenoj i stručnoj literaturi se govori kao o promjenjivoj, nepostojanoj i teško uhvatljivoj prirodnoj tvari bez koje je život nezamisliv a ekonomski i društveni razvitak, stabilnost, sigurnost socijalnih skupina i razvitak civilizacije nemoguć. O takvom značaju vode govori i činjenica da se neke davne civilizacije Sjeverne Afrike, Srednjeg Istoka, Azije, Kine i Amerike, zasnivane na upravljanju društvom preko kontrole opskrbe stanovništva vodom, nazivaju vodnim civilizacijama. Pravo pristupa vodi, pravo upotrebe voda i pravo kontrole voda, pitanja su od fundamentalnog značaja za svako društvo. Zbog toga nije čudno da je u raznim povijesnim razdobljima i društvima pravni režim voda bio povezan sa pravnim režimom zemljišta, te zavisio od njega (1).

Oko 71% površine naše planete čini voda, od čega se veći dio nalazi na južnoj zemljinoj hemisferi. Od ukupnih količina vode, oko 1.370 miliona m³, odnosno 97,6%, otpada na slanu morsku vodu. Samo oko 2,4% vode je slatka voda koja se može koristiti za piće, za navodnjavanje u poljoprivredi ili za industriju. Najveći dio slatke vode se pojavljuje kao led na polovima, u glečerima ili u zamrznutom tlu.. Voda iz rijeka i jezera, iz atmosfere, sa površine zemlje i iz živih bića je u poređenju sa količinama vode na polovima beznačajna. Samo mali dio slatke vode, oko 0,3%, stoji na raspolaganju kao voda za piće. Količine raspoložive slatke vode su veoma neravnomjerno raspoređene na Zemlji. Prosječni obnovljivi vodni resursi u svijetu, koje uglavnom čini proticaj površinskih vodotoka, iznose oko 42.780 km³ /god.

Najveće količine vode nalaze se u Aziji i Južnoj Americi, 13.510 i 12.030 km³ /god. respektivno, a najmanje u Australiji sa Okeanijom i Evropi (2.400 i 2.900km³/god.respektivno) (2).

Zagađenje voda smatra se glavnim problemom na globalnoj razini. Prirodne vode služe kao izvorište za vodoopskrbu, ali i kao prijemnici otpadnih voda, pa je mogućnost promjene kvaliteta sve veća. Postojanje mnogobrojnih zagađivača na području Zeničko-dobojskog kantona predstavlja opasnost po kvalitet površinskih voda u ovom kantonu. Djelimično ili nikakvo prečišćavanje otpadnih voda, kao i nekvalitetno zbrinjavanje i odlaganje krutog otpada, dovodi do povećanih i nedozvoljenih parametara kemijskog i mikrobiološkog ispitivanja rijeka.

Na temelju utvrđivanja pritisaka na vodotok rijeke Bosne na području Zeničko-dobojskog kantona, glavna svrha rada je izvršiti procjenu kvalitete površinskih voda sliva rijeke Bosne u ZDK.

MATERIJAL I METODE

U sklopu istraživanja obrađeno je 17 uzoraka vode koji su prikupljeni u Zeničko-dobojskom kantonu. Uzorkovanje je vršeno u periodu 2020. godine na području Visokog, Zenice, Tešnja, Maglaja te Vareša. Uzorkovanje i određivanje kakvoće vode provodi se u laboratorijima definiranim metodama ispitivanja, a pokazatelji koji se ispituju mogu biti fizičko-kemijski i mikrobiološki. Uzorkovanje voda provodi se prema međunarodnim normama za uzorkovanje. Temelj uzorkovanja i



određivanja kvalitete vode jest reprezentativni uzorak odnosno uzorak koji posjeduje sva obilježja cjeline iz koje je uzet, poput kemijskog sastava i veličine čestica. Da bi se reprezentativni uzorak dobio potrebno je zadovoljiti nekoliko uvjeta kao što su homogenost, stabilnost uzorka i sigurnost. Idealna temperatura za rast mezofilnih bakterija je od 20 °C do 45 °C, a najoptimalniji uvjeti su pri temperaturi od 37 °C kao i čovjekova tjelesna temperatura, što govori da je većina mezofilnih bakterija patogena. Da bi se odredio broj mezofilnih aerobnih bakterija potrebno je na neselektivnoj podlozi prebrojati sve kolonije unutar i na površini podloge. Rezultat se izražava kao broj formiranih kolonija na mililitar uzorka zajedno s razrjeđenjem.

METODE

ODREĐIVANJE FIZIČKO-HEMIJSKIH PARAMETARA

U površinskim otpadnim vodama na području Zeničko-dobojskog kantona od fizičkih karakteristika određeni su boja, miris, mutnoća, pH te elektrovodljivost. Kemijskim analizama određeni su kloridi, KMnO_4 , amonijak, nitriti, nitrati, željezo, mangan, sulfati te ortofosfati.

Boja

Boja vode mjeri se spektrometrijski odnosno kolorimetrijski te se izražava u mg/L Pt-Co ljestvice. Izvor svjetla osvjetljava uzorak, a reflektirano svjetlo s površine mjeri se spektralno te se rezultati prikazuju na mjeraču ili računalu (3).

Miris

Miris vode određuje se organoleptički na sobnoj temperaturi, a često se može utvrditi pri uzimanju uzorka. Intenzitet mirisa raste sa porastom temperature, pa se na višim temperaturama može lakše utvrditi. Miris se izražava opisno prema nekom sličnom ili poznatom materijalu, a intenzitet se boduje. Miris se određuje neposredno nakon uzorkovanja, a najjasnije u roku od dva sata. Može se odrediti na terenu i u laboratoriju prije početka kemijske analize (4).

Mutnoća

Mutnoća se mjeri turbidimetrima i izražava se u FTU ili NTU jedinicama. Turbidimetar radi na principu fotoelektričnog mjerenja intenziteta svjetlosti propuštene kroz suspenziju, a rezultati se prikazuju baždarnom linijom (5).

Određivanje pH vrijednosti

pH vrijednost se određuje na način mjerenja pH-metrom. Sonda se uranja u uzorak te se očitavaju rezultati na displeju (6).

Elektrovodljivost

Elektrovodljivost vode je sposobnost vode da provodi električnu energiju. Ta sposobnost ovisi o prisutnosti iona, o njihovoj ukupnoj koncentraciji, o pokretljivosti i valenciji iona i o temperaturi mjerenja. Otopine većine anorganskih spojeva relativno su dobri vodiči. Nasuprot tome molekule organskih spojeva, koje se ne razlažu u vodenoj otopini, električnu struju provode vrlo slabo. Jedinica mjere elektrovodljivosti je mikrosimens po centimetru ($\mu\text{S}/\text{cm}$), što je obrnuta vrijednost jedinici električnog



otpora, mikroomu po centimetru, tj.: $1 \text{ S/cm} = 1/(1 \text{ om/cm})$. Mjerni instrument elektrovodljivosti je konduktometar. Sastoji se od kućišta sa ekranom i elektrode koja se uranja u uzorak i direktno mjeri elektrovodljivost (7).

Kloridi

Kloridi se kvantitativno određuju argentometrijskom titracijom po Mohru (titracija sa standardnom otopinom srebrnog nitrata), kada nastaje precipitat iona klorida sa dodanim ionima srebra u vidu crveno smeđeg taloga srebrnog kromata koji potiče od indikatora. Sam nastanak taloga koristi se kao završna točka titracije. pH otopine treba biti u području od 5 do 9,5 tijekom titracije, da bi se omogućilo stvaranje taloga. Za određivanje klorida u vodi pipetom se odmjeri 100 ml uzorka i prenese u erlenmayerovu tikvicu od 300 ml. Doda se 1 ml K_2CrO_4 i titrira sa 0,02M AgNO_3 do promjene boje u blago smeđu (8).

Određivanje koncentracije mangana

Za mjerenje koncentracije mangana u vodi odmjeri se, u erlenmajericu od 250 ml, 100 ml uzorka, doda se 5 ml „zaštitne otopine“ i kuhanjem volumen smanji do 90 ml. Doda se 1 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, i ponovno zagrijava tako da proključa u roku od 2 minuta. Hladi se na zraku 1 min, a zatim pod mlazom vode dok se ne ohladi na sobnu temperaturu. Sadržaj se prenese u odmjerni sud od 100 ml dopuni destiliranom vodom do crte i dobro promućka. Određivanje se vrši na spektrofotometru na valnoj duljini od 525 nm (9).

Određivanje ortofosfata

Za određivanje ortofosfora uzorak je potrebno zagrijati na sobnu temperaturu te profiltrirati kroz filter pora veličine $0,45 \mu\text{m}$. Prvih 10 ml se odbaci a ostatak filtrata, koji treba da bude između 3 i 10 pH, do analize čuvati u čistoj i suhoj staklenoj boci. Analizu izvršiti na spektrofotometru na 690 nm valne duljine (9).

Određivanje koncentracije nitrita

Koncentracija nitrita u vodi određuje se spektrofotometrom na 520 nm. Za uzorak se uzima 50 ml ispitivane vode, doda 1 ml EDTA otopine i 1 ml sulfatne kiseline i dobro promućka. Poslije 3-5 minuta doda se 1 ml naftilamina i 1 ml acetatnog pufera i opet dobro promućka. Tada se vrši mjerenje apsorbance. Sa standardne krive se očita koncentracija mg/l N, a koncentracija NO_2 se dobije množenjem te vrijednosti sa faktorom 3,285 (9).

Određivanje koncentracije amonijaka

Odmjeri se 50 ml uzorka, doda 2 kapi $\text{K}_2\text{Na-tartarata}$ i 1 ml Neslerove otopine i promućka. Poslije 30 minuta vrši se mjerenje na spektrofotometru na 425 nm valne duljine. Sa standardne krive se očita koncentracija mg/l N, a koncentracija NH_4 se dobije množenjem očitane vrijednosti sa faktorom 1,29 (9).

Određivanje koncentracije željeza

Za mjerenje koncentracije željeza (mg Fe/L) odmjeri se, u erlenmajericu od 250 ml, 50 ml uzorka. Doda se 2 ml koncentrirane HCl i 1 ml otopine 10 % hidroksilamina. Kuha se 1 minut, ohladi, prenese u odmjerni sud od 100



ml. Doda se 10 ml acetatnog pufera, 2 ml 1,10 fenantrolina i dopuni destiliranom vodom do crte. Poslije 15 minuta vrši se mjerenje apsorbance na spektrofotometru na 510 nm valne duljine (9).

Određivanje koncentracije sulfata

U odmjerni sud od 200 ml odmjeri se 100 ml uzorka i doda 20 ml otopine BaCrO_4 , promućka i ostavi da odstoji 30 minuta. Zatim se, kap po kap, dodaje amonijak dok žučkasto-crvena boja ne pređe u zelenkastožutu. Dopuni se destiliranom vodom do crte, promućka se i ostavi da stoji 5 minuta. Otopina se zatim filtrira kroz filter papir. Prvih 20-30 ml se odbaci, a 100 ml potpuno bistrog filtrata se prespe u erlenmajericu i doda 0,5 g KJ i 10 ml 25% HCl. Poslije 10 minuta doda se 1 ml škrobne otopine kao indikator i titrira sa n/100 rastvorom $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ do obezbojenja (9).

Utrošak kalij permanganata

Određivanje utroška KMnO_4 označava metodu na osnovu koje se može utvrditi opterećenje vode organskim tvarima. Voda koja sadrži organske tvari utrošit će određenu količinu KMnO_4 za njihovu oksidaciju. Za određivanje KMnO_4 potrebno je u epruvetu otpipetirati 25 mL bistrog uzorka vode, te dodati 5 mL otopine H_2SO_4 (2M). Ova otopina zagrijava se do vrenja. Nakon što provrije doda se 5 mL otopine KMnO_4 (0,002M) te se ponovno kuha 10 minuta. Tijekom cijelog kuhanja uzorak mora biti ljubičast. Nakon 10 minuta kuhanja, u vreli uzorak, dodaje se 5 mL otopine $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (0,005M). Nakon nekoliko sekundi proba postaje bezbojna, te se tada titira otopinom KMnO_4 (0,002M) do blago ljubičaste boje (9).

Određivanje koncentracije nitrata

Koncentracija nitrata određuje se pomoću spektrofotometra koji ima mogućnost mjerenja uzoraka u UV oblasti. Uzima se 50 ml uzorka u koji se dodaje 1 ml 1M HCl, promućka, sipa u kvarcnu kivetu te analizira na spektrofotometru na 220 nm odnosno 275 nm. Vrijednost dobijena na 275 nm se oduzme od vrijednosti dobijene na 220 nm. Rezultat se izražava u mg/L NO_3 (10).

ODREĐIVANJE MIKROBIOLOŠKIH KARAKTERISTIKA

Određivanje aerobnih mezofilnih bakterija

Za određivanje aerobnih mezofilnih bakterija u vodi potrebno je pipetom prenijeti 1- 2 ml uzorka vode u dvije petri ploče. Preliti sa 15-20 ml otopljenog i ohlađenog medija na $45\pm 1^\circ\text{C}$. Vrijeme proteklo između dodavanja uzorka i prelijevanja otopljenim agrom ne smije biti duže od 15 minuta. Jednu ploču inkubirati na $22\pm 2^\circ\text{C}$ kroz 4 sata, a drugu ploču na $36\pm 2^\circ\text{C}$, kroz 44 ± 4 sata. Nakon inkubacije izbrojati kolonije. Ploče se mogu skladištiti na temperaturi $5\pm 3^\circ\text{C}$ najduže 48 sati (11).

Određivanje klostridija u vodi

Odmjereni volumen uzorka ili njegovo razrjeđenje filtrirati kroz filter papir veličine pora 0,45 μm . Ova dimenzija pora filter papira (membrana) osigurava zadržavanje spora klostridija. Membrane inkubirati anaerobno na selektivno-diferencijalnoj podlozi (tryptose-sulfite-cyclosterine agar) na temperaturi $44^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ u trajanju od 21 ± 3 sata. *C. perfringens* obično proizvode crne ili sive do žuto smeđe kolonije kao rezultat



redukcije sulfita u sulfide koji reaguju sa solima željeza u podlozi. Karakteristične kolonije izbrojati i provesti potvrdne testove. Rezultat izračunati i izraziti kao broj kolonija

po volumenu uzorka. Ako postoji zahtijev za brojanje samih spora potrebno je uzorak prvo pred-tretirati na temperaturi $60^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ kako bi se inaktivirale vegetativne bakterije (12).

REZULTATI RADA

Glavna karakteristika vodotoka u Zeničko-dobojskom kantonu je velika zagađenost obala i korita rijeke sa mnoštvom čvrstog otpada, a posebno plastičnih ambalaža. Najveći doprinos ovakvom stanju jeste teret

zagađenja koji nosi rijeka Bosna, ali i rijeka Stavnja, Tešanjka te Radovljanka, koje imaju mali vodotok, ali su ipak nosioci tereta zagađenja.

Tabela 1. Rezultati fizičko-kemijskih analiza rijeke Bosne (boja, miris, mutnoća, pH, elektrovodljivost)

Grad	Rijeka	Boja	Miris	Mutnoća (NTU)	pH (6,5-9,5)	Elektrov (2500 $\mu\text{S/cm}$)
Visoko	Bosna	Bez	Bez	6,3	8,12	414
Visoko	Bosna	Bez	Bez	6,3	8,12	425,2
Visoko	Radovljanka	Bez	Neodređen	2,5	8,07	570,2
Visoko	Bosna	Bez	Neodređen	6,2	8,06	418,6
Kakanj	Bosna	Bez	Neodređen	7,2	8,11	425,6
Kakanj	Bosna	Bez	Bez	5,5	8,08	435,6
Vareš	Stavnja	Bez	Bez	5,1	8,27	443,5
Zenica	Bosna	Bez	Neodređen	27	7,55	342,1
Zenica	Bosna	Bez	Neodređen	47	7,98	357,9
Zenica	Babina R.	Bez	Neodređen	10	8,34	348,7
Maglaj	Bosna	10°	Neodređen	70	8,05	303,8
Tešanj	Tešanjka	5°	Neodređen	4	8,22	529,9
Visoko	Zimačnica	Bez	Bez	2	8,1	445,1
Visoko	Radovljanka	Bez	Neodređen	4,7	8,14	485,9
Tešanj	Usora	10°	Bez	18	8,04	309,2
Tešanj	Tešanjka	10°	Neodređen	6,5	8,08	850,8
Zenica	Bosna	Bez	Bez	42	8,11	1274



Utvrđivanjem fizičko-kemijskih analiza, u tabeli 1. uočava se da je u skoro u svim uzorcima voda bila bez mirisa i bez boje. Stepen mutnoće se kretao od 2 do 70 NTU,

dok se pH kretala u granicama normale i bila je ~8. Elektrovodljivost se kretala oko 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dok je jedan uzorak uzet u Zenici iznosio preko 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tabela 2. Rezultati fizičko-kemijskih analiza rijeke Bosne (kloridi, kalij permanganat, amonijak, nitrati)

Grad	Rijeka	Kloridi (250mg/L)	Kalij permanganat (5 mgO ₂ /L)	Amonijak (10 mg/L)	Nitrati (50 mg/L)
Visoko	Bosna	11,29	2,16	0,515	1,024
Visoko	Bosna	10,58	2,48	1,074	1,0544
Visoko	Radovljanka	12,7	3,04	0,85	1,047
Visoko	Bosna	10,58	2,08	0,944	1,13
Kakanj	Bosna	11,99	1,92	0,852	1,172
Kakanj	Bosna	13,4	2,24	1,024	1,181
Vareš	Stavnja	5,64	3,28	0,398	0,725
Zenica	Bosna	9,17	8,64	0,554	0,984
Zenica	Bosna	9,17	4,32	1,13	1,239
Zenica	Babina r	<5	3	0,12	1,023
Maglaj	Bosna	6,35	6,4	0,274	1,21
Tešanj	Tešanjka	14,82	4,64	1,074	1,365
Visoko	Zimačnica	7,76	3,04	0,396	1,17
Visoko	Radovljanka	11,29	3,52	0,798	1,302
Tešanj	Usora	7,76	4,72	0,383	0,973
Tešanj	Tešanjka	93,83	6,48	3,77	1,657
Zenica	Bosna	14,11	10,24	2,91	5,657

U tabeli 2. predstavljeni su rezultati fizičko-kemijskih analiza klorida, nitrata, kalij permanganta i amonijaka. Nivo nitrata u uzorku kreće se od 0,7 mg/L do 5,6 mg/L. Količina klorida u uzorku ide do granica normale i najveća je bila u rijeci Tešanjka (93,83 mg/L). Amonijak se u svim uzorcima nalazi u manjim količinama. Odstupanja su se kretala od 0,12 mg/L do 3,77 mg/L. Kalij permanganat je imao najveća odstupanja: od 1,92 mg O₂/L do 10,24 mg O₂/L.



Tabela 3. Rezultati fizičko-kemijskih analiza rijeke Bosne (nitriti, željezo, mangan, sulfati, ortofosfati)

Grad	Rijeka	Nitriti (0,1mg/L)	Željezo (0,2 mg/L)	Mangan (0,05 mg/L)	Sulfati (200 mg/L)	Ortofosfati (0,15mg/L)
Visoko	Bosna	0,031	0,064	0,112	41,62	0,079
Visoko	Bosna	0,031	0,055	0,12	39,7	0,08
Visoko	Radovljanka	0,029	0,098	0,122	80,02	0,05
Visoko	Bosna	0,036	0,044	0,103	43,54	0,064
Kakanj	Bosna	0,034	0,08	0,148	44,18	0,06
Kakanj	Bosna	0,037	0,066	0,164	46,1	0,08
Vareš	Stavnja	0,023	0,038	0,119	85,78	0,059
Zenica	Bosna	0,034	0,106	0,012	32,66	0,131
Zenica	Bosna	0,106	0,262	0,018	36,5	0,034
Zenica	Babina r	0,004	0,024	0,007	35,54	0,021
Maglaj	Bosna	0,031	0,672	0,026	24,66	0,033
Tešanj	Tešanjka	0,065	0,076	0,028	28,5	0,141
Visoko	Zimačnica	0,032	0,106	0,019	32,02	0,049
Visoko	Radovljanka	0,037	0,099	0,051	76,82	0,064
Tešanj	Usora	0,017	0,238	0,041	17,94	0,045
Tešanj	Tešanjka	0,134	0,13	0,126	35,86	0,305
Zenica	Bosna	1,22	0,171	0,014	110,1	0,005

Na osnovu rezultata analize fizičko-kemijskih parametara provedenih ovim ispitivanjem (Tabela 3) i njihovog poređenja sa limitom koji propisuju Uredba o opasnim i štetnim materijama u vodama (Sl. novine FBiH broj: 43/2007) vidljivo je da neki od parametara značajno premašuju maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) posebno na mjernim profilima nakon uliva pritoka koje pored problema sanitarnofekalnih otpadnih voda nosi sa sobom i utjecaj procjednih voda sa deponija.



Tabela 4. Rezultati mikrobiološke analize (aerobne mezofilne bakterije)

Vrste mikroorganizama	na 22°C	na 37°C
Aerobne mezofilne bakterije	2400	2000
Aerobne mezofilne bakterije	9000	2500
Aerobne mezofilne bakterije	18000	4500
Aerobne mezofilne bakterije	13000	3500
Aerobne mezofilne bakterije	8000	1500
Aerobne mezofilne bakterije	22000	7000
Aerobne mezofilne bakterije	3000	2400
Aerobne mezofilne bakterije	4000	3500
Aerobne mezofilne bakterije	4700	4500
Aerobne mezofilne bakterije	2400	2200
Aerobne mezofilne bakterije	2500	4200
Aerobne mezofilne bakterije	1500	350
Aerobne mezofilne bakterije	1500	3500
Aerobne mezofilne bakterije	4000	2900
Aerobne mezofilne bakterije	2700	600
Aerobne mezofilne bakterije	20000	10000
Aerobne mezofilne bakterije	50000	30000

U tabeli 4. je uočljivo da su od ukupno 17 uzoraka, rezultati porasta aerobnih mezofilnih bakterija varirali. U ovim rezultatima se vidi da je najveći porast bio na temperaturi 22°C. Od ukupno 17 uzoraka, jedan je dostigao i do 50000 kolonija, dok je najmanji broj kolonija bio 1500. Idealna temperatura za rast mezofilnih bakterija je od 20 °C do 45 °C, a najoptimalniji uvjeti su pri temperaturi od 37 °C kao i čovjekova tjelesna temperatura, što govori da je većina mezofilnih bakterija patogena.



Tabela 5. Rezultati mikrobiološke analize (bakterije iz roda *Clostridium*)

Vrste mikroorganizama	Detekcija	Broj (cfu/ml)
Klostridije	Detektirana	1800
Klostridije	Detektirana	2000
Klostridije	Detektirana	2800
Klostridije	Detektirana	2100
Klostridije	Detektirana	2200
Klostridije	Detektirana	2400
Klostridije	Detektirana	1300
Klostridije	Detektirana	1500
Klostridije	Detektirana	3500
Klostridije	Detektirana	2500
Klostridije	Detektirana	2300
Klostridije	Detektirana	470
Klostridije	Detektirana	1900
Klostridije	Detektirana	3100
Klostridije	Detektirana	4000
Klostridije	Detektirana	2700
Klostridije	Detektirana	7000

Tabela 5. pokazuje rezultate detekcije klostridija u uzorcima. U svim uzorcima, klostridije su detektirane, samo u različitom broju kolonija. Odstupanja su se kretala od 470 do 7000 kolonija.



DISKUSIJA

Istraživanje utjecaja 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 utjecaju u datom vremenu. 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, nekontrolirano odlaganje komunalnog otpada također predstavlja veliku opasnost za životnu sredinu i okolno stanovništvo. Procjeđivanjem atmosferskih voda kroz tijelo odloženog otpada, nastaju procjedne vode koje, bez odgovarajućeg nadzora, mogu utjecati na kvalitet podzemnih i površinskih voda.

Analizom postojećeg stanja u općinama na području neposrednog sliva rijeke Bosne identificirani 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, nepostojanje odlagališta građevinskog otpada, njegovog odvojenog prikupljanja i tretmana, te nizak nivo javne svijesti o klasifikaciji i propisanom odlaganju otpada. Potencijalno najveću opasnost predstavljaju različite kemijske materije koje dopijevaju u vodu kao posljedica primjene „nečistih“ industrijskih procesa, tj. iz otpadnih voda, otpadnih plinova ili čvrstih otpadaka industrijske proizvodnje.

Vodotoke najviše zagađuju otpadne vode iz naselja (kanalizacija) i industrije. Pored mikrobiološkog onečišćenja (koliformne bakterije, virus hepatitisa A i drugi virusi, gljivice i paraziti), potrebno je istaći sve veći značaj zagađenja vode kemijskim supstancama (nitrati, nitriti, amonijak, teški metali, deterdženti, pesticidi i dr.). Veliki broj štetnih bakterija potječe iz ljudskih i životinjskih ekskreta (kanalske vode), dok kemijsko zagađenje potiče uglavnom od industrije.

Važno je napomenuti kako otpaci životinjskog porijekla predstavljaju životinjske trupove i sastavne dijelove životinjskog tijela, koji nisu namijenjeni ili ispravni za ishranu ljudi i zdravstveno neispravni prehrambeni proizvodi i životinjski proizvodi a koji najčešće završe u kanalskim vodama. Osim toga, veoma je malo kompanija iz oblasti mesne industrije u Bosni i Hercegovini koji su instalirali u svoj sistem rada pročišćavanje otpadnih voda kao i proširenje mreže prikupljanja i deponovanja otpada. Animalni otpad je obiman organski supstrat sa jasno definiranim higijenskim, ekonomskim i ekološkim determinantama. Iako u Bosni i Hercegovini nema jasno



zaokružene zakonske i podzakonske definicije niti tretmana, pod pojmom animalni otpad treba podrazumijevati sve sporedne produkte koji su rezultat životnih aktivnosti životinja u prirodnim uvjetima života ili pri intenzivnom ekonomskom korištenju. U animalni otpad spadaju i sporedni produkti nastali prilikom finalizacije sirovina animalnog porijekla, a u sve se uključuju otpadne vode i zrak bez obzira da li su posljedica higijenskih, tehnoloških ili dijagnostičko-terapijskih mjera provedenih na životinjama ili u objektima u kojima su one smještene, odnosno objektima u kojima se vrši finalizacija animalnih proizvoda.

U ljetnim mjesecima zbog smanjenog vodostaja, povećava se količina organskih materija u vodotocima, zbog čega nije preporučljivo njihovo korištenje u rekreacione svrhe. Jedini način zaštite rijeka i jezera od mikrobiološkog i kemijskog zagađenja je prečišćavanje otpadnih voda naselja i industrije prije ispuštanja u vodotoke ili jezera. Ovo podrazumijeva mehaničko, kemijsko i biološko prečišćavanje pomoću odgovarajućih filtera. Biološko-kemijsko prečišćavanje otpadnih voda koje se ispuštaju u vodotoke na području Federacije BiH se ne vrši.

Utvrđivanjem fizičko-kemijskih analiza, uočava se da je skoro u svim uzorcima voda bila bez mirisa i bez boje. Stepent mutnoće se kretao od 2 do 70 NTU, dok se pH kretala u granicama normale i bila je ~8.

Kada se uporedi sa rezultatima analize koja je provedena u kanalu King Abdullah u Jordanu može se uočiti da je srednja pH vrijednost veća. U području istraživanja pH varira od 7.53 do 8.79 i pokazuje da je voda

blago alkalna. 99% srednjih vrijednosti uzoraka ne prelazi dopuštenu granicu propisanu od SZO. Ukupna srednja vrijednost uzoraka je unutar dopuštene granice i iznosi 8.2 (13).

Prema rezultatima analize Tran Dang An i sur. koja je provedena na svim uzorcima rijeke Mekong Delta u Vijetnamu, prosječna pH vrijednost njenih kanala i podzemnih voda iznosila je 7.49 što je dobra i prihvatljiva razina. Prema podacima iz istog izvora, pH vrijednost podzemnih voda kretala se od 7.0 do 7.5 dok su uzorci površinskih voda imali vrijednosti pH između 7.8 i 8.0 (14).

Rezultati fizičko-kemijskih analiza klorida, nitrata, kalij permanganata i amonijaka znatno variraju. Nivo nitrata u uzorcima kreće se od 0,7 mg/L do 5,6 mg/L. Količina klorida u uzorcima ide do granica normale i najveća je bila u rijeci Tešanjci (93,83 mg/L). Amonijak se u svim uzorcima nalazi u manjim količinama, odstupanja su išla od 0,12 mg/L do 3,77 mg/L. Kalij permanganat je imao najveća odstupanja od 1,92 mgO₂/L do 10,24 mgO₂/L.

Agoro i sar. navode kako fizičko-kemijska kvaliteta uzoraka otpadnih voda triju komunalnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u istočnom rtu Južne Afrike, ocjenjivani od rujna 2015. do veljače 2016., pomoću standardnih metoda imali vrijednosti: nitrati 0,24-26,5 mg/L, amonijak 0,06-112 mg/L, kloridi 3,25-224 mg/L (15).

Poređenjem rezultata analize uočena su značajna odstupanja u koncentraciji nitrata u svijetu. Al-Ghamdi A.Y. i sur. su 2014 izvršili analizu uzoraka vode s područja Al Makhwa u regiji Al Baha u Saudijskoj



Arabiji. Sadržaj nitrata u ispitivanim uzorcima podzemnih voda kreće se u rasponu od 9,6 do 37,6 mg/L (16).

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je u pitanju velika zagađenost, kako plastičnim ambalažama, tako i patogenim bakterijama. Analize fizičko-kemijskih parametara provedenih ovom studijom i njihovog poređenja s limitom koji propisuje Uredba o opasnim i štetnim materijalima u vodama, vidljivo je da neki od parametara značajno premašuju maksimalno dozvoljene koncentracije. U svim obrađenim uzorcima možemo zaključiti da su detektirane bakterije iz roda *Clostridium* i Aerobne mezofilne bakterije.

U ispitivanim uzorcima vode, rezultati porasta aerobnih mezofilnih bakterija su varirali. U ovim rezultatima je uočljivo da je najveći porast bio na temperaturi 22°C. Od ukupno 17 uzoraka, jedan je dostigao i do 50000 kolonija, dok je najmanji broj kolonija bio 1500 cfu/ml.

Kada se dobijeni rezultati uporede s rezultatima analize koja je rađena na vodama grada Zadra, ne vidimo velika odstupanja. Porast aerobnih mezofilnih bakterija je bio na 22 °C i 37 °C. Nacijepljene ploče su inkubirane na 68±4 sata i 44±4 sata. Prosječan broj poraslih bakterija na 22 °C iznosi 2.50 CFU/ml, a prosječni broj poraslih bakterija na 37 °C iznosi 1 CFU/ml. Aerobne mezofilne bakterije su u većem broju porasle na temperaturi od 22 °C nego na temperaturi od 37 °C u sva 4 uzorka vode zbog pogodnijih uvjeta (17).

Detekcijom bakterija iz roda *Clostridium*, klostridija je detektirana, samo u različitom broju kolonija. Odstupanja su se kretala od 470 do 7000 kolonija, dok rezultati mikrobiološkog pretraživanja 31 uzorka vode uzorkovanih 08.12.2011. godine s područja Bjelovarsko-bilogorske županije, bakterija *Clostridium perfringens* nije dokazana, kao i u mnogim drugim istraživanjima koja su provedena (18).

Kada dobijene rezultate uporedimo s rezultatima analize koja je rađena na uzorcima vode u Austriji, rezultati pokazuju da na nižim temperaturama (22°C) prevladavaju *Pseudomonadaceae* i *Aeromonadaceae*, a na višoj temperaturi (37°C) dominiraju *Enterobacteriaceae*, *Citrobacter spp.* i bacilli (19).

U periodu od jeseni 2005. do ljeta 2006. praćena je mikrobna kvaliteta vode rijeke Nil u kanalu Damieta. Praćeni su i parametri okoliša kao što su temperatura, dubina i pH vode. Rezultati fizičko-kemijskih parametara pokazali su da je temperatura varirala od 17°C do 25°C, dubina od 3m do 25m i pH vrijednost od 7,24 do 8,44. Detektovane pH vrijednosti su bile povoljne za množenje bakterija. Ukupan broj bakterija je u rasponu od $10,8 \times 10^7$ do 150×10^7 cfu/ml i od $8,8 \times 10^7$ do 152×10^7 cfu/ml na 22°C i 37°C (20).

Elaboracijom rezultata rada, možemo zaključiti da zagađenost površinskih voda pojedinim parametrima Zeničko-dobojskog kantona premašuje propisane norme. Umjesto toga, kako bi se poboljšalo stanje od velike koristi bi bio stalni monitoring i analiza uzoraka Vodovoda ZDK, kao i kontrola teških metala.



LITERATURA

1. Šarac M., Antunović M. & Bulić O., Upravljanje vodama u Federaciji Bosne i Hercegovine, stanje i ciljevi do 2022.g. (Izvod iz Strategije upravljanja vodama FBiH), 2013.
2. Vučijak B., Čerić A., Silajdžić I. & Midžić Kurtagić S., Voda za život: osnove integralnog upravljanja vodnim resursima, Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta, Sarajevo, 2011.
3. BAS EN ISO 7887; 2013, Kvalitet vode- određivanje boje
4. Kuleš M.; Habuda – Stanić M., Analiza vode. Sveučilište J. J. S. u Osijeku. Osijek, 2000.
5. BAS EN ISO 7027-1;2017, Kvalitet vode – određivanje mutnoće - kvantitativne metode.
6. BAS EN ISO 10523;2013, Kvalitet vode – određivanje Ph.
7. BAS EN 27888; 2002, Kvalitet vode – određivanje električne provodljivosti.
8. BAS ISO 9297;2002,Kvalitet vode- određivanje klorida-volumetrijska metoda s srebro nitratom uz kromatni indikator (Mohrova metoda)
9. Škunca Milovanović S., Feliks R., Đurović B., Voda za piće, standardne metode za ispitivanje higijenske ispravnosti. Savezni zavod za zdravstvenu zaštitu, Privredni pregled, Beograd 1990.
10. Standard methods for the examination of water and wastewater 23st edition; 4500 NO₃- Ultraviolet spektrofotometrijska skrining metod.
11. BAS EN ISO 6222:2003 Kvalitet vode - brojanje uzgojenih mikroorganizama – određivanje broja kolonija cijepljenjem agar hranjive podloge za gajenje.2003.
12. BAS EN ISO 14189; 2017, Kvalitet vode - Brojanje kolonija vrste Clostridium perfringens – Metoda membranske filtracije.
13. A.F. Al-Mashagbah, Assessment of Surface Water Quality of King Abdulah Canal, Using Physico-Chemical Characteristics and Water Quality Index, Jordan, Journal of Water Resource and Protection, 2015, 7, 339-352.
14. Tran Dang An i sur. Procedia Environmental Sciences 20, 2014, 712 – 721.
15. Agoro M.A., et al., Physicochemical Properties of Wastewater in Three Typical South African Sewage Works, Pol. J. Environ. Stud. Vol. 27, No. 2, 2018, 491-499.
16. Al-Ghamdi, A.Y. et al., Study of physico-chemical properties of the surface and ground water, American Journal of Environmental Sciences 10 (3),2014, 219-235.
17. Perković I., Ispitivanje mikrobiološke ispravnosti različitih tipova voda na području Zadra. Sveučilište u Rijeci, 2021, str:44.
18. Bermanec M., Mikrobiološko onečišćenje pitke vode Bjelovarsko-Bilogorske županije u razdoblju od 2011. do 2013. godine. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, 2015.
19. Gesenberg E.T., Gossel E.M., Antonielli L., Sessitsch A., Kostić T., 2015., Effect of different heterotrophic plate count methods on the estimation of the composition of the culturable microbial community. PeerJ 3, page: 862.



Perić N., Ibrahimagić A. ZKMLDFBIH 2023; 1: 24-39

20. Shawky Z.S. & Saleh A.R.,
Evaluation of the microbial quality of
the river Nile waters at Damietta

branch, Egypt, Egyptian journal of
aquatic research, 33(1). p. 301-311,
2007.



PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SURFACE WATERS IN THE ZDK AREA

¹Perić N, ²Ibrahimagić A.

¹Department of Sanitary Chemistry, Institute of Public Health SBK, ²Department for chemical diagnostics, Institute for Health and Food Safety, Zenica, Bosnia and Herzegovina

ABSTRACT

Water pollution is considered as a major problem at the global level. The existence of numerous pollutants poses a threat to the quality of surface waters. The aim of the work is to assess the surface water quality of the Bosna river in the area of ZDK.

As part of the research, 17 water samples collected in the Zenica Dobojski Canton were processed. Sampling was carried out in the period of 2020 and 2021 in the area of Visoko, Zenica, Tešanj, Maglaj and Vareš. In almost all samples, the water was odorless and colorless. The degree of turbidity were range from 2 NTU to 70 NTU, while the pH were range within normal limits and was around 8. The nitrate content were range from 0.7 to 5.6 mg/L. Chlorides are within normal limits, and the highest were in the river Tešanjka (93.83 mg/L). Ammonia were range from 0.12-3.77 mg/L, potassium permanganate had the biggest deviations: 1.92-10.24 mgO₂/L. The analysis of nitrite, iron, manganese, sulfate and orthophosphate were show that some of the parameters deviate significantly from the prescribed values. The results of microbiological analyzes were show an increase in aerobic mesophilic bacteria, the highest increase of which was at 22°C, as well as clostridia, whose deviations were range from 470 to 7,000 colonies.

Key words: Sampling, analysis, chlorides, ammonia, nitrites, clostridia

Corresponding author:
Nenad Perić, MA dipl. eng.
Institute for Public Health SBK
Tel. 063/449-451
Email: nenop2018@gmail.com

