



**DETERMINATION OF CHEMICAL QUALITY
PARAMETERS IN SURFACE WATER SAMPLES FROM
RIVERS SAVA, DANUBE, AND TOPČIDERKA**

***ODREĐIVANJE HEMIJSKIH POKAZATELJA
KVALITETA POVRŠINSKIH VODA U UZORCIMA SAVE,
DUNAVA I TOPČIDERSKE REKE***

Filip Trajković¹, Igor Stošić¹, Marko Krstić², Svetlana Đogo Mračević²

¹ University of Belgrade, Faculty of Pharmacy, Serbia

² Mentor: University of Belgrade, Faculty of Pharmacy, Serbia

Correspondence: filip.trajkovic017@gmail.com

ABSTRACT

Water quality is defined by numerous physical, chemical and biological parameters, the content of organic and inorganic substances, and its monitoring has become a global health, economic and legal interest in recent decades.

In this paper, some of the most important indicators of chemical surface water quality were determined in samples from the river Sava (Ada i Ušće), Danube (Pristanište i Kej) and Topčiderka (Rakovica).

Water samples from selected locations were collected in November 2014 and chemical parameters were determined using standard analytical procedures.

The results were obtained in the following range: pH (5.71-6.40), content of dissolved oxygen (11.04-11.99 mg/dm³), chloride (20.89-32.82 mg/dm³), alkalinity (207.9-300.9 mg CaCO₃/dm³), acidity (31.79-54.90 mg CaCO₃/dm³), calcium (37.23-54.90 mg/dm³), magnesium (6.90-23.65 mg/dm³), total water hardness (137.6-235.8 mg CaCO₃/dm³), chemical oxygen demand – COD (4.08-9.12 mg O₂/dm³).

Tested parameters indicate no significant pollution of the surface water, but in order to perform the correct categorization of water in these rivers, it would be necessary to do further testing of physical, chemical and biological indicators of the water quality.

Key words:

water quality,
water hardness,
oxygen saturation,
chemical oxygen demand

SAŽETAK

Kvalitet vode je definisan velikim brojem fizičkih, hemijskih i bioloških parametara, kao i sadržajem organskih i neorganskih materija, a njegovo ispitivanje poslednjih decenija ima globalni zdravstveni, ekonomski i pravni interes.

U ovom radu su određivani neki od najvažnijih pokazatelja hemijskog kvaliteta površinskih voda u uzorcima iz reke Save (Ada i Ušće), Dunava (Pristanište i Kej) i Topčiderke (Rakovica).

Uzorci vode su skupljeni u novembru 2014. god. i svi hemijski parametri su određivani standardnim analitičkim metodama.

Dobijeni su sledeći rezultati: pH (5,71-6,40), sadržaj rastvorenog kiseonika (11,04-11,99 mg/dm³), hloridi (20,89-32,82 mg/dm³), alkalitet (207,9-300,9 mg CaCO₃/dm³), aciditet (31,79-54,90 mg CaCO₃/dm³), kalcijum (37,23-54,90 mg/dm³), magnezijum (6,90-23,65 mg/dm³), ukupna tvrdoća vode (137,6-235,8 mg CaCO₃/dm³), hemijska potrošnja kiseonika - HPK (4,08-9,12 mg O₂/dm³).

Ispitivani parametri ne ukazuju na značajno zagađenje površinskih voda. Da bi se izvršila ispravna kategorizacija vode u ovim rekama, potrebno bi bilo uraditi dodatna ispitivanja pokazatelja vezanih za fizički, hemijski i biološki kvalitet.

Ključne reči:

kvalitet vode, tvrdoća vode, zasićenost kiseonikom, hemijska potrošnja kiseonika

UVOD

Voda u prirodi je značajna sa aspekta očuvanja života i zdravlja svih živih bića jer posreduje u globalnim životnim procesima, prenosi supstance i pomaže odvijanju hemijskih reakcija. Sem toga, ona čoveku omogućava proizvodnju hrane, energije, transport, a, kao glavna ili pomoćna sirovina, učestvuje u nizu industrijskih procesa. Upravo zbog toga poslednjih decenija kvalitet vode postaje globalni interes, prevazilazeći nadležnosti samo ekspe-rata iz ove oblasti i uključuje sve sfere života - ekonomsku, pravnu i političku, a sve češće dobija i međunarodnu dimenziju (1, 2).

Svaka zemlja u okviru sopstvenih zakona propisuje direktive o kvalitetu površinskih, podzemnih i otpadnih voda, ali je, kao potpisnica sporazuma, dužna da poštuje i određene međunarodne i regionalne preporuke, poput onih definisanih Helsinškom i Dunavskom konvencijom i Okvirnim sporazumom o slivu reke Save (2, 3).

Evropska politika u oblasti voda temelji se na Okvirnoj direktivi o vodama 2000/60/EC, a strogo je definisana nizom zakona i podzakonskih akata (4, 5). Cilj ove direktive je da zaštiti površinske i podzemne vode, spreči uništenje vodenih ekosistema, sprovede mere u cilju smanjenja ispuštanja opasnih materija, odnosno otpadnih voda, smanji onečišćenje podzemnih voda i ublaži posledice suša i poplava. Prema ovoj direktivi, „površinske vode” se definišu kao kopnene vode, izuzev podzemnih voda.

Australijska agencija za zaštitu životne sredine (EPA Victoria) objavila je „Vodič za procenu rizika ispuštanja otpadnih voda u površinske vode”, koji je zasnovan na nacionalnim standardima i omogućava identifikaciju i procenu svih potencijalnih rizika ispuštanja otpadnih voda (6).

Ocena stanja kvaliteta površinskih voda u Republici Srbiji vrši se na osnovu preporuka Uredbe o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i

podzemnim vodama i sedimentima i rokom za njihovo dostizanje (7), Uredbe o graničnim vrednostima prioriteta i hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje (8), Pravilnika o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (9) i Uredbe o klasifikaciji voda (10). Prema Uredbi o klasifikaciji voda, vode se dele na 4 klase. Prvu klasu čini voda koja može da se koristi za piće i u prehrambenoj industriji, II klasu – voda koja može da se koristi za kupanje i rekreaciju, III klasu čini voda koja se koristi za navodnjavanje i u prehrambenoj industriji, ali se prethodno mora obraditi, a IV klasu predstavlja veoma zagađena voda koja može da se koristi nakon prerade.

Kvalitet vode je definisan velikim brojem parametara (fizičkih, hemijskih i bioloških) i sadržajem organskih i neorganskih materija, a poređenjem dobijenih vrednosti parametara sa zakonski propisanim moguće je izvršiti klasifikaciju (11). Sem toga, specifičnim proračunom dobijenih i propisanih parametara moguće je dobiti brojčanu vrednost indikatora kvaliteta vode (engl. Water Quality Index, WQI), koji je za različite zemlje različito definisan (12, 13). Cilj izračunavanja WQI jeste pojednostavljevanje tumačenja podataka, što olakšava brigu o kvalitetu vode i stabilnosti vodenog ekosistema.

Danas za određivanje kvaliteta površinskih voda postoje različiti modeli (14), sa ciljem pojednostavljevanja i snižavanja cene ispitivanja, ali je važno imati na umu da je to jedan kompleksan zadatak, te da ne postoji uniformni algoritam po kome se radi (15 - 17).

Ispitivanje svih hemijskih pokazatelja kvaliteta vode je vrlo retko opravdano iz ekonomskih i praktičnih razloga, pa se u praksi ispituju samo određene karakteristike koje daju opšti odgovor na pitanje o kvalitetu vode, odnosno ukazuju u kom smeru treba nastaviti ispitivanje. Od hemijskih pokazatelja kvaliteta najčešće se ispituju: pH reakcija vode, alkalitet i aciditet, sadržaj rastvorenog kiseonika, tvrdoća vode, hemijska potrošnja kiseonika (HPK),

biološka potrošnja kiseonika (BPK), sadržaj hlorida, makronutrijenata i teških metala. U ovom radu su određivani neki od pokazatelja hemijskog kvaliteta površinskih voda (kiselost, alkalitet, aciditet, sadržaj kalcijuma i magnezijuma, sadržaj hlorida, rastvorenog kiseonika i hemijska potrošnja kiseonika) u uzorcima iz reke Save (Ada i Ušće), Dunava (Pristanište i Kej) i Topčiderke (Rakovica).

MATERIJAL I METODE

Uzorci vode su uzeti krajem novembra 2014. godine sa pet lokacija: Save (Ada i Ušće) Dunava (Pristanište i Kej) i Topčiderke (Rakovica) (slika 1). Odabir lokacije za uzorkovanje površinskih voda izabran je sa ciljem da se utvrdi da li postoji uticaj industrijske zone (Topčiderka i Dunav), ušća reka (Sava i Dunav) i urbanizacije na vrednosti hemijskih pokazatelja kvaliteta površinskih voda.

Voda iz reka je uzorkovana polietilenskim bocama, prethodno ispranim nekoliko puta vodom koja se uzorkuje, sa prosečno 15 do 20 cm dubine i dovoljno daleko od obale da bi se izbeglo prljanje muljem i nečistoćama koje plivaju po površini. Boce su punjene do vrha i izbegavan je duži kontakt uzoraka sa atmosferom, da ne bi došlo do rastvaranja gasova u uzorcima ili njihovog oslobađanja u atmosferu. U svim uzorcima je odmah izmerena pH vrednost, a ostatak je zamrznut i naknadno korišćen za ostatak ispitivanja. Površinske vode su uzorkovane prema standardnoj proceduri SRPS ISO 5667-4:1997 (18, 19).

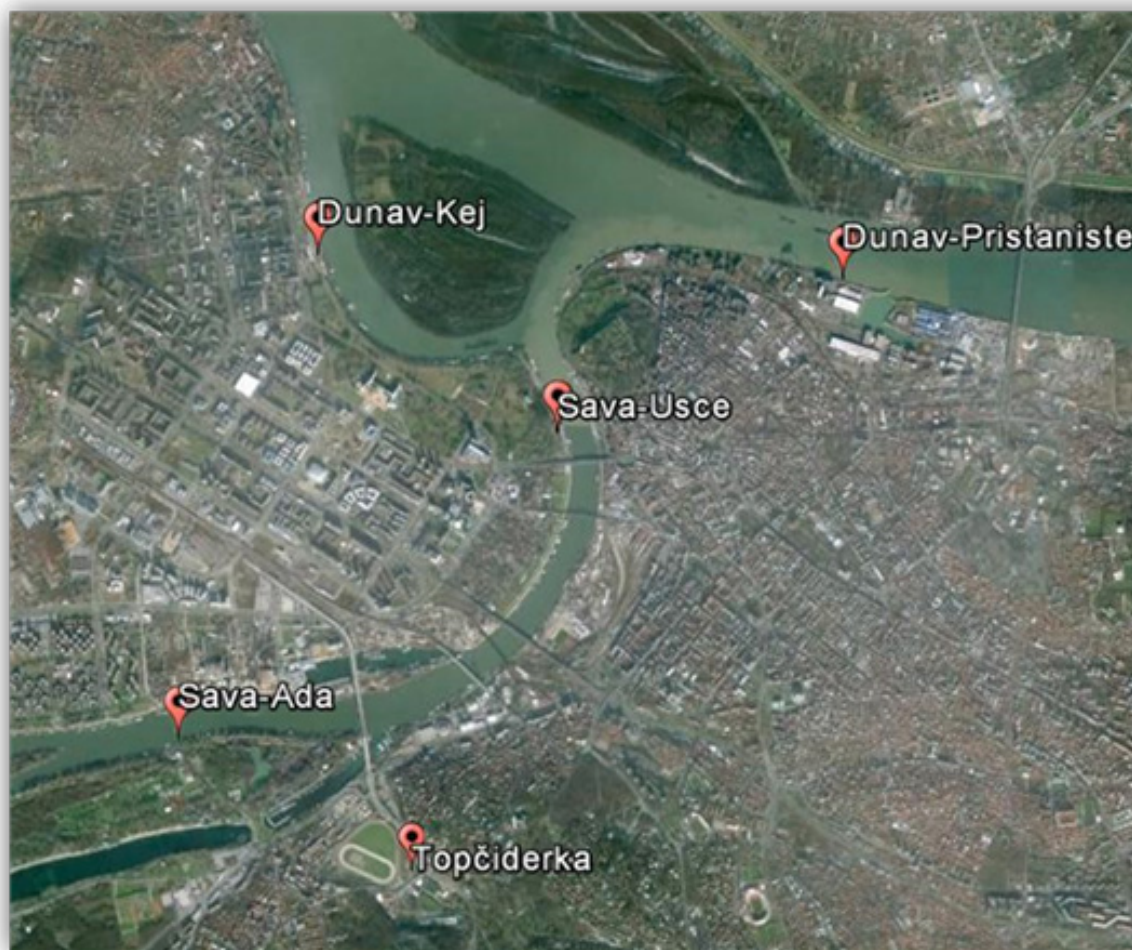
Laboratorijsko posuđe, korišćeno u toku ovog rada, oprano je deterdžentom i isprano destilovanom vodom, a svi korišćeni reagensi su bili analitičkog stepena čistoće (p.a.).

Kiselost uzoraka određena je potenciometrijski, kombinovanom staklenom elektrodom na pehametru (HI 9017 Microprocessor, HANNA instruments).

Sadržaj kiseonika u uzorcima određivan je jodometrijski, metodom po Vinkleru (Winkler). Ova metoda se zasniva na oksidaciji mangana (Mn^{2+}) kiseonikom, koji je prisutan u ispitivanom uzorku, u baznoj sredini ($pH \geq 9$). Zakišeljavanjem, u prisustvu jona kalijuma (KI), dolazi do rastvaranja nastalog taloga, uz oslobađanje elementarnog joda (I_2). Oslobođeni jod se titruje standardnim 0,25 M-rastvorom natrijum-tiosulfata ($Na_2S_2O_3$), uz skrob kao indikator. Količina joda jednaka je količini rastvorenog kiseonika u ispitivanom uzorku (20).

Sadržaj hlorida je određivan metodom po Moru (Mohr) (20). Hloridi se titruju 0,1 M-rastvorom srebronitrata ($AgNO_3$) uz kalijum-hromat kao indikator.

Metodom kompleksometrijske titracije određen je sadržaj kalcijuma (Ca^{2+}) i magnezijuma (Mg^{2+}) primenom standardnog 0,01 M-rastvora etilen-diamintetrasirćetne kiseline (EDTA). Ukupan sadržaj Ca^{2+} i Mg^{2+} u vodi određivan je na $pH = 10$, uz upotrebu amonijačnog pufera i indikatora eriohroma crnog T. Kalcijum je određivan u baznoj sredini ($pH = 12$), uz mureksid kao indikator, pri čemu je Mg^{2+} istaložen u obliku magnezijum-hidroksida



Slika 1. Mesta uzorkovanja površinskih voda

(Mg(OH)₂). Sadržaj Mg²⁺ je izračunat iz razlike dobijenih vrednosti ukupnog sadržaja ovih jona i kalcijuma (20). Na osnovu dobijenih rezultata za sadržaj kalcijuma i magnezijuma u ispitivanim uzorcima površinskih voda određena je ukupna tvrdoća vode i izvršena klasifikacija prema važećim pravilnicima Republike Srbije (9, 10).

Alkalitet i aciditet uzoraka, kao mera puferskog kapaciteta vode, određivani su standardnom volumetrijskom metodom zasnovanom na kiselinsko-baznim titracijama. Za određivanje alkaliteta uzorak je titriran standardnim 0,1 M-rastvorom hlorovodonične kiseline (HCl), uz indikator metiloranž, a za određivanje aciditeta standardnim 0,1 M-rastvorom natrijum-hidroksida (NaOH) uz fenoftalein (20).

Određivanje HPK se zasniva na oksidaciji organskih supstanci jakim oksidujućim sredstvom (kalijum-permanganat, KMnO₄). Metoda se zasniva na dodatku poznate zapremine 0,002 M-rastvora KMnO₄, u višku, koji pod kontrolisanim uslovima (kisela sredina i ključanje u roku od 15 min) dovodi do potpune oksidacije većine organskih jedinjenja u vodi. Višak KMnO₄ se zatim redukuje dodatkom poznate zapremine 0,005 M-rastvora oksalne kiseline, u višku, a rastvor se potom titrira KMnO₄ do pojave ružičaste boje.

REZULTATI

U **tabeli 1** prikazani su rezultati ispitivanih hemijskih parametara kvaliteta površinskih voda uzoraka Save, Dunava i Topčiderske reke, kao i referentne vrednosti propisane pravilnicima o kvalitetu voda Republike Srbije.

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da sve vode imaju nešto kiseliji karakter od propisanih granica. Prema stepenu tvrdoće vode, uzorci površinskih voda reka Save i Dunava mogu da se svrstaju u umereno tvrde do tvrde vode, a uzorci površinske vode Topčiderske reke u vrlo tvrde vode. Alkalitet i aciditet, sadržaj kiseonika, hlorida, kalcijuma i magnezijuma svih ispitivanih uzoraka površinskih voda u okviru je dozvoljenih granica prve klase rečnih voda, propisanih važećim pravilnicima Republike Srbije. Hemijska potrošnja kiseonika, na osnovu uzoraka površinskih voda reka Save i Dunava u okviru je granica voda prve klase. Vrednost HPK uzoraka površinske vode Topčiderske reke na prelazu je iz druge u treću klasu voda.

DISKUSIJA

Kiselost vode je jedan od osnovnih pokazatelja kvaliteta prirodnih i otpadnih voda. Smatra se da voda ima dobar kvalitet ako joj je kiselost unutar granice 6,5-8,5 pH jedinica. Svi uzorci vode ispitivani u ovom radu pokazuju kiselu reakciju nižu od granične vrednosti od 6,5 pH jedinica (**tabela 1**), što može da ukaže na opterećenje voda organskim materijama, čijim se razlaganjem stvara ugljen-dioksid (CO₂) koji, rastvaranjem u vodi, dovodi do sniženja njene pH. Sem toga, niske pH vrednosti, dobijene u ovom ispitivanju, mogu se objasniti i obilnim kišama u tom periodu godine, dakle, povećanim rastvaranjem CO₂ iz vazduha u vodi i disocijacijom ugljene kiseline koja time nastaje.

Alkalitet i aciditet voda predstavljaju njihov kapa-

Tabela 1. Rezultati hemijskih parametara kvaliteta ispitivanih uzoraka reka Save, Dunava i Topčiderke

Uzorak	pH	Rastvoreni O ₂ (mg/dm ³)	Zasićenost vode O ₂ (%)	Alkalitet* (mg / dm ³)	Aciditet* (mg/ dm ³)	Cl ⁻ (mg/ dm ³)	Ca ²⁺ (mg/ dm ³)	Mg ²⁺ (mg/ dm ³)	Ukupna tvrdoća vode* (mg/ dm ³)	KMnO ₄ (mg/ dm ³)	HPK _{Mn} ** (mg O ₂ / dm ³)
Sava - Ada	5,78	11,57	98,14	246,2	68,12	20,89	52,30	10,64	175,1	16,13	4,08
Sava - Ušće	5,71	11,04	93,30	235,2	31,79	26,85	42,23	9,66	145,8	12,16	3,08
Dunav - Kej	6,40	11,83	100,34	246,2	31,79	35,80	43,53	6,90	137,6	14,30	3,62
Dunav - Pristanište	6,36	11,82	100,25	207,9	31,79	26,85	37,23	15,06	155,8	17,04	4,31
Topčiderka	6,40	11,99	101,07	300,9	40,88	32,82	54,90	23,65	235,8	36,06	9,12

Referentne vrednosti propisane pravilnicima o kvalitetu voda Republike Srbije

I klasa	6,5-8,5	***	90 - 105	***	***	50	***	***	***	***	5
II klasa	6,5-8,5	7	75 - 90	***	***	100	***	***	***	***	10
III klasa	6,5-8,5	5	50 - 75	***	***	150	***	***	***	***	20
IV klasa	6,5-8,5	4	30 - 50	***	***	250	***	***	***	***	50

Izraženo u mg CaCO₃ u dm³ vode*

Izraženo u mg O₂ u dm³ vode**

Ne postoje referentne vrednosti***

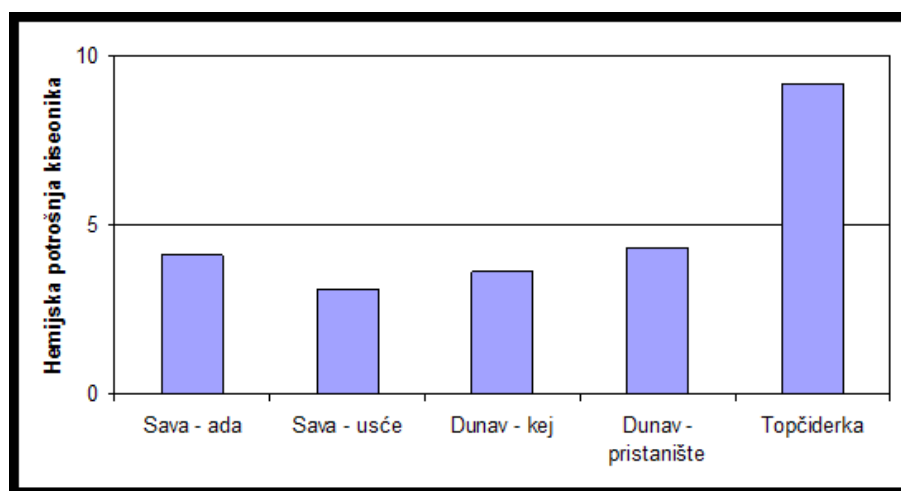
citet da se odupru uticaju agensa koji dovode do promene kiselosti. Ove vrednosti ukazuju na moguću rastvorljivost i toksičnost pojedinih metala u vodama i puferskom kapacitetu, kao i utvrđivanje količina hemijskih sredstava potrebnih za proces obrade vode. Alkalitet prirodnih voda prvenstveno potiče od bikarbonata, karbonata i hidroksida, a u manjoj meri od acetata, propionata, silikata, borata i fosfata, što je najčešće karakteristika zagađenih voda. Prisustvo bikarbonata i karbonata u vodi je važno jer održava pH vode u granicama, sprečavajući njegove nagle promene, a ovi joni usložnjavaju jone teških metala i smanjuju njihovu toksičnost. Njihovo prisustvo je, osim toga, veoma bitno za žive organizme jer oni najbolje funkcionišu pri pH od 6,0 do 9,0. Aciditet prirodnih voda potiče od ugljene kiseline i, u manjoj meri, od huminskih i fulvo kiselina, kao i soli gvožđa i aluminijuma. Povećanju aciditeta otpadnih voda doprinose i mineralne kiseline i hidrolizovane soli. Određivanje ovog parametra je važno zbog procenjivanja potencijalne korozivnosti kiselih voda. Većina prirodnih voda ima blago kiselo do alkalnu reakciju. U ispitivanim uzorcima vode pH je niža, a alkalitet relativno visok, što se takođe može objasniti povećanim rastvaranjem CO₂ iz vazduha. Dobijeni rezultati vrednosti alkaliteta i aciditeta vode u korelaciji su sa izveštajem Agencije za zaštitu životne sredine iz 2013. godine reka Save i Dunava, dok su vrednosti pH niže u odnosu na Izveštaj (12).

Sadržaj rastvorenog kiseonika, odnosno procenat zasićenja vode kiseonikom nalazi se u okviru dozvoljenih granica saturacije od 90 do 105%, što odgovara vodi I klase. Sadržaj kiseonika je jedan od najznačajnijih pokazatelja kvaliteta vode jer je ključan za metabolizam svih organizama koji žive u vodi (21). Kiseonik u vodu dospeva rastvaranjem iz atmosfere i fotosintetskim delovanjem vodenih biljaka, a njegova rastvorljivost bitno zavisi od temperature, pritiska vazduha i vode, kao i saliniteta (11). U teoriji je rastvorljivost kiseonika u vodi 9,09 mg/dm³ na 20 °C, ali je ova rastvorljivost u prirodnim vodama često manja zbog potrošnje kiseonika na oksidaciju organskih i neorganskih jedinjenja.

Hemijska potrošnja kiseonika predstavlja meri-

lo sadržaja organskih supstanci u vodi i daje podatak o ukupnom opterećenju vode organskim materijama (22, 23). Obično se određuje upotrebom jakog oksidacionog sredstva kalijum-dihromata (K₂Cr₂O₇) u uslovima jako kisele sredine i temperature ključanja. Prema Pravilniku o kvalitetu površinskih voda Republike Srbije, međutim, hemijska potrošnja kiseonika vrednuje se na osnovu utroška KMnO₄, koji je značajno manje toksičan, iako u odnosu na K₂Cr₂O₇ ima više sporednih reakcija. U ispitivanim uzorcima reka Save i Dunava vrednost HPK je manja od 5 mg/dm³ (tabela 1, slika 2) i u okviru je dozvoljenih granica za prvu klasu rečnih voda. Vrednost HPK reke Topčiderke je skoro 10 mg/dm³, što odgovara prelazu iz II u III klasu rečnih voda i ukazuje na zagađenje organskim supstancama. Važno je napomenuti da se potrošnja KMnO₄ može samo uslovno smatrati merilom sadržaja organskih materija u vodi jer sa ovim reagensom slabo ili nikako ne reaguju neki od važnih zagađivača: nafta i njeni derivati, aromatični ugljovodonici, zasićene mono- i dikarbonske kiseline (izuzev oksalne) i aminokiseline. Visoke vrednosti HPK i sadržaja kiseonika u uzorcima reke Topčiderke u prvi mah mogu da deluju nelogično, ali veći sadržaj kiseonika može da bude posledica fotosintetskog delovanja algi i drugih organizama koji žive u vodi, koji su indikatori organskog zagađenja (21). Visok sadržaj kiseonika u ispitivanim uzorcima (od 11,04 do 11,99 mg/dm³) takođe može da bude objašnjen i dubinom sa koje je uzorkovana voda (15-20 cm) jer se taj površinski deo mehanički najviše meša sa vazduhom, zbog čega je i najzasićeniji kiseonikom i možda nije sasvim realan pokazatelj stanja. Upravo zbog toga je dobijene vrednosti potrebno uporediti sa ostalim rezultatima kvaliteta voda. Prema izveštaju Agencije za zaštitu životne sredine iz 2013. godine, možemo videti da su količina rastvorenog kiseonika i vrednost HPK voda Save i Dunava u korelaciji sa rezultatima dobijenim u ispitivanim uzorcima (12).

Rastvorne soli Mg²⁺ i Ca²⁺ (bikarbonati, hloridi, nitrati, nitriti i sulfati) često su prisutne u većim količinama i čine tvrdoću vode koja se izražava u mg kalcijum-karbonata po dm³ vode. Postoje prolazna tvrdoća vode, koja



Slika 2. Vrednosti hemijske potrošnje kiseonika ispitivanih uzoraka

potiče od bikarbonata, i stalna tvrdoća vode, koja potiče od ostalih soli Ca^{2+} i Mg^{2+} . Zbir prolazne i stalne tvrdoće vode čini ukupnu tvrdoću vode. Tvrda voda otežava pranje u domaćinstvu, a u industriji se prilikom zagrevanja taloži kamenac i takva voda ne sme da se koristi u kotlovima. Ako kvalitet površinskih voda nije odgovarajući u pogledu koncentracije kalcijuma i magnezijuma, postoji potencijalni rizik da visok nivo ovih jona bude prisutan i u prečišćenju vodi za piće, što može da prouzrokuje mnoge zdravstvene probleme kod ljudi. Visoke koncentracije kalcijuma u prečišćenim vodama za piće mogu da otežaju resorpciju minerala iz creva poput gvožđa, cinka, magnezijuma i fosfora, dok povećani unos soli magnezijuma u vodama za piće može da dovede do problema sa gastrointestinalnim traktom (24, 25).

S druge strane, soli magnezijuma imaju i veoma povoljan efekat na cerebrovaskularni sistem. Magnezijum je aktivator enzima Na^+/K^+ -ATPaze i reguliše metabolizam ćelija, vaskularni tonus i transport jona kroz ćelijsku membranu. Nedostatak magnezijuma dovodi do smanjenja koncentracije intracelularnog kalijuma i povećanja nivoa kalcijuma, čime može da prouzrokuje povećanje kontraktilnosti krvnih sudova. Tvrdoća vode utiče i na funkciju bubrega. Prema nekim ispitivanjima, skoro 3/4 kamena u bubregu nastaje zbog povećanog unosa soli kalcijuma (24, 25).

Na osnovu dobijenih rezultata (**tabela 1**), može se zaključiti da površinska voda Save i Dunava spada u umereno tvrde (opseg tvrdoće od 70 do 150 $\text{mg CaCO}_3/\text{dm}^3$) do tvrde vode (opseg tvrdoće od 150 do 200 $\text{mg CaCO}_3/\text{dm}^3$). Prema rezultatima Agencije za zaštitu životne sredine iz 2013. godine (12), Sava i Dunav spadaju takođe u umereno tvrde do tvrde vode. Uzorci Topčiderke pokazuju da se ova voda, sa više od 200 $\text{mg CaCO}_3/\text{dm}^3$, može svrstati u vrlo tvrde vode.

Sadržaj hlorida je merilo saliniteta površinskih voda. U prirodi su hloridi pokazatelji sastava zemljišta koje je u kontaktu sa vodom, ali, kako se izlučuju fecesom i urinom, pokazatelj su i fekalnog zagađenja. U svim ispitivanim uzorcima sadržaj hlorida je u okviru dozvoljene granice za prvu klasu rečnih voda do 50 mg/dm^3 (**tabela 1**) i u korelaciji je sa rezultatima Agencije za zaštitu životne sredine iz 2013. godine (12), što govori o tome da postrojenja za prečišćavanje industrijskih i otpadnih voda dobro funkcionišu.

ZAKLJUČAK

Briga o vodama podrazumeva jedan kompleksan i multidisciplinarni pristup, ali bi trebalo da bude i u svesti svakog pojedinca. Klasifikacija površinskih voda je zahtevan proces i ne postoji uniforman algoritam po kome se radi. Postoje različiti modeli ispitivanja sa ciljem da se maksimalno snizi cena i stekne opšta slika, koja će usmeriti dalji tok ispitivanja bioloških, hemijskih i fizičkih parametara.

Na osnovu dobijenih rezultata hemijskih

parametara, svi uzorci voda ukazuju na nešto kiseli karakter u odnosu na propisane granice. Sava i Dunav na osnovu dobijenih rezultata spadaju u umereno tvrde do tvrde vode, a Topčiderka u vrlo tvrde vode. Hemijska potrošnja kiseonika Topčiderke na prelazu je iz II u III klasu voda i ukazuje na potencijalno zagađenje organskom supstancom. Ostali parametri su u okviru dozvoljenih granica za I klasu rečnih voda. Da bi se stekla prava slika o stanju u ovim rekama, potrebno je uraditi ispitivanja niza parametara vezanih za fizički, hemijski i biološki kvalitet površinskih voda i, svakako, izvršiti praćenje tokom dužeg vremenskog perioda.

LITERATURA

1. Biswas AK. Integrated water resources management: Is it working? *Water resources development*. 2008; 24(1): 5-22.
2. Vučijak B, Čerić A, Silajdžić I, Midžić Kurtagić S. Voda za život: Osnove integralnog upravljanja vodnim resursima. Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu d.d. Sarajevo. 2011.
3. Stanković M, Hafner P. Međunarodne konvencije i sporazumi u Ekološkoj oblasti – u svetlu savremene civilizacije i međunarodne trgovine. *Škola biznisa*. 1/2014. 2014.
4. EC Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC establishing a framework for Community action in the field of water policy. OJ No. L 327. 2000.
5. http://europa.eu/legislation_summaries/environment/water_protection_management/index_en.htm
6. EPA Victoria: Guideline for environmental management – Risk-based assessment of ecosystem protection in ambient waters. EPA publication 961, Australia. 2004.
7. Službeni glasnik RS, Uredbe o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentima i rokom za njihovo dostizanje. 55/2005. 2005.
8. Službeni glasnik RS, Uredbe o graničnim vrednostima prioriternih i hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje. 24/2014. 2014.
9. Službeni glasnik RS, Pravilnika o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda, broj 74/2011, 2011.
10. Službeni glasnik RS, Uredbe o klasifikaciji voda. 5/1968. 1968.
11. Tuhtar D. Zagađenje zraka i vode (III izdanje). Svjetlost, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Sarajevo. 1990.
12. http://www.sepa.gov.rs/download/VodeSrbije/Status-PovrsinskihVoda_2012_2013_12082015.pdf
13. Saffran K, Cash K, Hallard K, Neary B, Wright R. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Canadian Council of Ministers of the Environment. 2001.
14. Wang QG, Dai WN, Zhao XH, Ding F, Li SB, Zhao Y. Numerical model of thermal discharge from Laibin power plant based on Mike 21. *Research of Environmental Sciences*. 2009; 22(3): 332-336.
15. Wang JQ, Zhong Z, Wu J. Steam water quality models and its development trend. *Journal of Anhui Normal University (Natural Science)*. 2004; 27(3): 243-247.
16. Obropta CC, Niazi M, Kardos JS. Application of an environmental decision support system to a water quality trading program affected by surface water diversions. *Environ-*

- mental Management. 2008; 42(6):946–956.
17. Cao XJ, Zhang H. Commentary on study of surface water quality model. *Journal of Water Resources and Architectural Engineering*. 2006; 4(4): 18–21.
 18. http://www.srbijavode.rs/home/upravljanje_vodama/zakoni_i_propisi.html
 19. http://www.iss.rs/rs/standard/?natstandard_document_id=14191
 20. Kellner R, Mermet JM, Otto M, Valcárcel M, Widmer HM. *Analytical Chemistry: A Modern Approach to Analytical Science* (2nd Edition). Wiley-VCH, 2004.
 21. Wetzel RG. *Limnology* (2nd Edition). Saunders College Publishing, Fort Worth, USA, 1983.
 22. Kostić I, Perović J, Anđelković T. Korelacija HPK i BPK5 parametara organskih supstanci poznate strukture u vodi. *Zbornik radova Tehnološkog fakulteta u Leskovcu*. 2009: 215-219.
 23. Malinović B, Mandić J, Pavlović M, Tomić M. Smanjenje HPK vrijednosti otpadnih voda anodnom oksidacijom u industriji poludisperzija i disperzija. *Zaštita materijala*. 2013; 54: 31-36.
 24. Spasić S, Jelić-Ivanović Z, Spasojević-Kalimanovska V. *Medicinska biohemija*. Univerzitet u Beogradu, Farmaceutski fakultet. Beograd 2004.
 25. Sengupta P. Potential Health Impact of Hard Water. *International Journal of Preventive Medicine*. 2013; 4(8): 866-875.