

## PRESEK MIKROBIOLOŠKOG I FIZIČKO-HEMIJSKOG STANJA SIROVE VODE GRADSKOG VODOVODA KRUŠEVAC U 2019. GODINI

Marijana Vasić\*, Katarina Ivić\*\*, Aleksandar Ostojčić\*\*, Snežana Branković\*\*, Radmila Glišić\*\*, Biljana Šmit\*\*\*, Ivana Radojević\*\*

\* *Akademija strukovnih studija Šumadija, odsek Kruševac, Kosančićeva 36, 37000 Kruševac, Srbija, [vasicmarijana72@gmail.com](mailto:vasicmarijana72@gmail.com)*

\*\* *Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet Kragujevac, Radoja Domanovića 12, 34000 Kragujevac, Srbija*

\*\*\* *Institut za informacione tehnologije Kragujevac, Jovana Cvijića bb, 34000 Kragujevac, Srbija*

### REZIME

Permanentan monitoring parametara kvaliteta izvorišta vode za piće na teritoriji opštine Kruševac omogućava procenu rizika od zagađenja, kao i primenu adekvatnog tretmana sirove do dobijanja pijaće vode, kvaliteta definisanog važećim pravilnikom. U ovom radu predstavljeni su rezultati izabranih parametara mikrobiološkog i fizičko-hemijskog monitoringa kvaliteta sirove vode u periodu od 10.02. do 30.03.2019. godine, koja sa vodozahvata akumulacionog jezera Čelije dospeva do fabrike vode u Majdevu, JKP Vodovod Kruševac na dalju obradu. Dobijeni rezultati su u većini uzoraka i za većinu parametara ispod granica zakonom propisanih vrednosti, a oni koji izlaze iz tih okvira ukazuju na permanentno postojanje organskog opterećenja koje je poreklom iz različitih izvora.

KLJUČNE REČI: monitoring, sirova voda, mikrobiološki, fizičko-hemijski parametri

## CROSS-SECTION OF THE MICROBIOLOGICAL AND PHYSICAL-CHEMICAL STATE OF THE RAW WATER OF THE KRUŠEVAC CITY WATER SUPPLY IN 2019

### ABSTRACT

Permanent monitoring of water quality parameters of sources of drinking water enables the assessment of the risk of pollution, as well as the application of adequate raw water treatment to obtain drinking water of the quality defined by the current regulations. This paper presents the results of some parameters of microbiological and physical-chemical monitoring of the quality of raw water in the period from February 10 to March 30. in 2019, which from water intake of the Čelije reservoir reaches the water factory in Majdevu, PUC Vodovod Kruševac

for further processing. The results obtained in most samples and for most parameters are below the limits of legally prescribed values, and those that are outside these limits indicate the permanent existence of organic load originating from different sources.

KEY WORDS: monitoring, raw water, microbiological, physical-chemical parameters

## UVOD

U Srbiji postoji veliki broj akumulacionih jezera (preko 150) koja su sa različitim namenama (vodosnabdevanje, navodnjavanje, proizvodnja električne energije, odbrana od poplava, snabdevanje industrije i ribnjaka vodom itd.). Među njima najveće je Đerdapsko jezero, a po veličini se izdvajaju i Perućac, Zvorničko, Zlatarsko, Vlasinsko, Čelije i mnoga druga (Bogdanović i Pavić 2003a). Akumulacije su specifični ekosistemi i uvek su aktuelne za proučavanje i monitoring, prvenstveno zbog vodosnabdevanja. U našoj zemlji, nepoštovanje zona zaštite, negativan antropogeni uticaj, kao i druge nepovoljne karakteristike, mogu da utiču na pogoršanje kvaliteta vode u akumulacijama. Jedna od akumulacija sa takvim problemima jeste akumulacija Čelije (Bogdanović i Pavić, 2003b).

Zbog zdravstvenog značaja vode, neophodno je u cilju zaštite ljudi, kontrolisati kvalitet vode za piće. Konstantan monitoring kvaliteta voda sa izvorišta vode za piće omogućava i procenu rizika od zagađenja. Inoviranje zakonskih i podzakonskih akata u ovoj oblasti se permanentno uskladjuje sa propisima EU. Kontrola se sprovodi na više različitih nivoa u vodosnabdevanju. Jedan od njih je kontrola kvaliteta sirove vode, na osnovu kog se sprovodi dalji tehnološki proces prerade i dobijanja pijaće vode.

U ovom radu predstavljeni su rezultati mikrobiološkog i fizičko-hemijskog monitoringa kvaliteta sirove vode, koja sa vodozahvata jezera Čelije dospeva do fabrike vode u Majdevu. Period praćenja je bio od 10.02. do 30.03. 2019. godine

## MATERIJAL I METODE

*Opis ispitivanog lokaliteta* - Akumulacija Čelije se nalazi na udaljenosti od oko 20 km od grada Kruševca. Ima zapreminu od  $41 \times 10^8 \text{ m}^3$  i maksimalnu dubinu oko 41 m. Koristi se za vodosnabdevanje stanovništva grada Kruševca (Sl. Glasnik RS 27/77). Pruža se nepredno iza srednjeg toka reke Rasine koja se sliva sa padina planina Kopaonik (na zapadu) i Jastrebac (na istoku). Šire područje jezera je brdsko-planinsko sa nadmorskim visinama od oko 300 m. Predstavlja značajni regionalni vodni resurs za snabdevanje pijaćom vodom rasinskog okruga i od ključnog je značaja za planirano vodosnabdevanje oko 200.000 stanovnika opštine Kruševac. Sirova voda iz ove akumulacije transportuje se gravitaciono čeličnim cevovodom dužine 3 km, prečnika 1000 mm do postojenja za prečišćavanje vode u Majdevu, koje predstavlja deo JKP Vodovod u Kruševcu. Akumulacija je i zvanično uvrštena u izvorište vode za piće za komunalne potrebe i privredu Zakonom o korišćenju i zaštiti izvorišta vodosnabdevanja (Službeni glasnik br.24/85; br.29/88; br.49/89; br.46/91; br.27/77). Fizičko-hemijsko i mikrobiološko ispitivanje vršeno je na sirovoj vodi koja se sa vodozahvata akumulacije Čelije doprema do fabrike vode u Majdevu, a koja je u sklopu Javnog komunalnog

preduzeća Vodovod Kruševac. Uzorci vode su uzimani iz rezervoara sirove ili iz rezervoara vode za piće i iz vodovodne mreže (Sl. gl. SRJ 42/98, 44/99, 28/2019). Uzeto je 9 uzoraka u februaru i 14 u martu 2019. godine. Praćeni parametri su: broj ukupnih aerobnih mezofilnih bakterija, ukupne koliformne bakterije, pH vrednost, utrošak kalijum-permanganata, sadržaj  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  i  $\text{Fe}^{2+}$ .

Pri uzimanju sirove vode sa vodozahvata, slavina se zagrevala plamenom laboratorijske lampe ili plamenom vate natopljene u alkoholu i pusti da voda teče 2-5 minuta. Kada se boca napuni do  $\frac{3}{4}$  zapremine, zatvorena je pažljivo zapašaćem, vraćena joj je zaštitna kapica i vezana je kanapom. U vodovodu se nalaze punktovi, iz kojih se uzima kako sirova, tako i finalna voda koja kasnije prolazi kroz ceo proces ispitivanja (Govedarica i Jarak, 1995b).

Uzorci vode za bakteriološku analizu su uzeti u čiste staklene boce zapremine 1000 mL, prethodno sterilizovane u suvom sterilizatoru na temperaturi od 160 do 180°C, u trajanju od jednog sata ili u autoklavu na 120°C u trajanju od 15 minuta, prethodno zatvorene staklenim, plastičnim ili gumenim zapašaćima preko kojih su stavljenе kapice od aluminijumske folije. Uzet je uzorak u količini od 500 mL.

*Mikrobiološka ispitivanja* - Po standardnim metodama za ispitivanje kvaliteta sirove vode sa mikrobiološkog aspekta, urađene su analize koje daju broj ukupnih aerobnih mezofilnih bakterija. Najverovatniji broj ukupnih koliformnih bakterija određen je MPN metodom (eng. Most probably number). Iz tabela se preračunava konačan broj (MPN) koliformnih bakterija u ispitivanom uzorku vode prema kojima je i zasejana voda u odgovarajućim posudama (Standardne metode, 1990).

*Fizičko-hemijska ispitivanja* - pH vrednost je određivana metodom koja se zasniva na potenciometrijskom određivanju (SRPS EN ISO 10523:2016). Mutnoća je određivana turbidimetrijski (SRPS EN ISO 7027-1:2016). Oksidabilnost je određivana kao utrošak kalijum-permanganata pri titraciji uzorka sirove vode i u standardizovanim uslovima izvođenja analize. Određivanje nitrita se izvodilo na spektrofotometru na talasnoj dužini od 520 nm, ili vizuelno upoređivanjem sa standardima pomoću komparatora. Brzo određivanje nitrata je bilo zasnovano na merenju apsorbance uzorka na 220 nm, ali kako neke rastvorene organske supstance mogu dati isti ili sličan rezultat na 220 nm, a nitrati mogu da se dokazuju i na 275 nm, drugo merenje je izvedeno na ovoj talasnoj dužini, da bi se korigovala vrednost za nitrata (Standardne metode, 1990). Određivanje sadržaja hlorida je sprovedeno po postupku datom u priručniku (Standardne metode, 1961). Sadržaj mangana je takođe određivan spektrofotometrijski, na talasnoj dužini od 525 nm po standardnom postupku (Standardne metode, 1990), kao i sadržaj gvožđa u postupku koji se zasniva na merenju apsorbance na 510 nm (Standardne metode, 1990).

*Statistička obrada podataka* - Dobijeni rezultati prikazani su grafički korišćenjem Excel-a, Microsoft office paketa. Određeni rezultati su izraženi kao prosečna srednja vrednost sa standardnom devijacijom.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Ispitivanja mikrobiološkog i fizičko-hemijskog kvaliteta sirove vode, koja dospeva iz akumulacije Čelije u fabriku za dobijanje pijaće vode u Majdevu, su vršena februara i marta 2019. godine i rezultati ispitivanja prikazani su na graficima 1-3.

*Mikrobiološka ispitivanja* - Dozvoljen broj aerobnih mezofilnih bakterija na agaru posle inkubacije od 48 časova na 37°C u 1 mL kada su u pitanju otvorena izvorišta prirodnih voda iznosi do 300 cfu (Sl. gl. SRJ 42/98, 44/99, 28/2019). Kada je brojnost ukupnih aerobnih mezofilnih bakterija (Grafik 1) u pitanju, srednja vrednost za mesec februar je bila 94,44±43,90 cfu, a u martu 95,38±64,37 cfu.

Ukupne koliformne bakterije u otvorenim izvorima prirodnih voda određene MPN metodom, dozvoljene su u vrednostima do 100 cfu u 100 mL vode (Sl. gl. SRJ 42/98, 44/99, 28/2019). Brojčana srednja vrednost za ukupne koliformne bakterije (Grafik 1) za februar je bila 53,77±57,23 a za mart 5,28±2,55, što ukazuje na gotovo desetostruki pad brojnosti ove grupe mikroorganizama, u posmatranom periodu. Razlozi za veliku razliku u brojnosti mogu biti različiti, od povećane temperature u okolini do priliva vodenih nanosa koji u sebi donose fekalno zagađenje (Scott i sar., 2017). Rezultati dobijeni analizom sirove vode sa izvorišta akumulacije Čelije, gde je prosečan ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija bio između 0-200 cfu, i ukupnih koliformnih bakterija 3-161, ukazuje na ne tako visok nivo zagađenja vode usled aktivnosti ljudi i životinja u datim mesecima ispitivanja. Koncentracije koliforma bile su ispod maksimalno dozvoljene granice, osim u uzorcima od 19.2., pri čemu se gotovo u potpunosti ispunjavaju sanitarni zahtevi i stoga je analizirana voda bila pogodna za upotrebu kao izvor javnog snabdevanja u ispitivanim mesecima 2019. godine.

Ukupan broj bakterija je bio veći u februaru, što sve skupa može biti pokazatelj prisustva visokih koncentracija organskih materija u vodi. Glavni izvor ovih bakterija u uzorcima vode mogao bi biti pripisan i ljudskim i životinjskim aktivnostima (Scott i sar. 2017). Ovi izvori bakterijske kontaminacije potiču najčešće od površinskog oticanja, taloženja životinjskog otpada i prisustva obradivih površina. Ljudske aktivnosti poput nepropisnog odlaganja otpada, mogući su načini uvođenja dodatnog organskog opterećenja vode, čime mikroorganizmima postaje dostupnije više hranljivih sastojaka i time se pojačava njihov rast (Umeaku, 2019).

Koliformni organizmi (pripadnici rodova *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* i *Klebsiella*) su u sanitarnom praćenju kvaliteta vode odavno prepoznati kao neophodni mikrobnii pokazatelji, najviše iz razloga zdravstvene bezbednosti kod ljudske populacije. Osim njihove važnosti u higijenskom pogledu za njihovo dokazivanje su ustanovljene metode koje su dostupne i relativno jeftine za upotrebu, pa je iste lako otkriti u vodi. Iako koliformni organizmi ne moraju uvek biti direktno povezani sa prisustvom fekalne kontaminacije ili patogena u vodi za piće, koliformni test je i dalje neophodan za praćenje mikrobiološkog kvaliteta prečišćene zalihe vode (WHO, 2021).

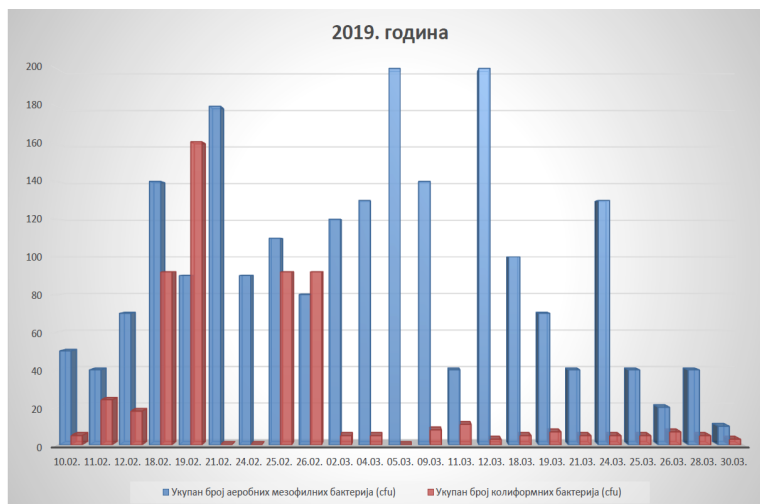


График 2. Графички приказ присуства укупних аеробних и укупних колиформних бактерија у сировој води за 2019. годину (резултати преузети из Завода за јавно здравље Крушевац)

График 1. Резултати испитивања укупних аеробних мезофилних бактерија и укупних колиформних бактерија у сировој води

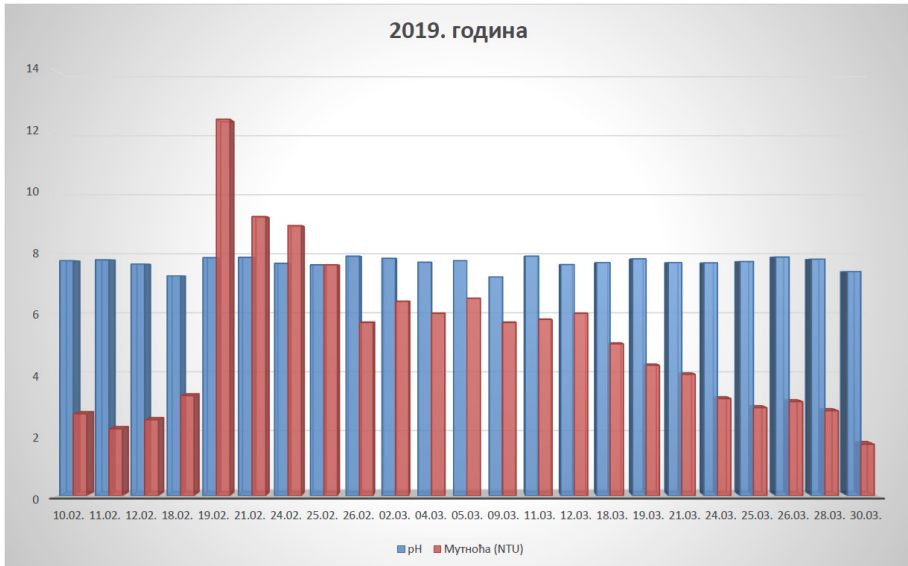
Graph 1. Test results of total aerobic mesophilic bacteria and total coliform bacteria in raw water

*Физичко-хемијска испитивања* - У узорцима сирове воде вршена су испитивања pH, мутноће, утрошка калијум перманганата, одређивање количине хлорида, нитрата, нитрита, гвожђа и мангана.

pH вредност свих узорака воде била је у складу са вредностима који је EPA дodelio као стандардну вредност pH воде од 6,8 до 8,5 (EPA, 2002). У тестираним узорцима се не детектује прекорачење граничних вредности (График 2.a). Средња вредност pH за фебруар је била  $7,69 \pm 0,19$ , а за март  $7,67 \pm 0,18$ .

Према правилнику о хигијенској исправности воде за пиће (Sl. gl. SRJ 42/98, 44/99, 28/2019), у анализираној води узоркованој у периоду од 19.02. до 18.03., утврђена је већа вредност мутноће од максималне дозвољене (до 1 NTU), при чему највећу вредност у том периоду има узорак узет 19.02. (12.4 NTU), а најмању 5 NTU узорак узет 18.03. (График 2.a). Средња вредност мутноће за фебруар је била  $4,94 \pm 2,93$  NTU, а за март  $4,51 \pm 1,58$  NTU.

Резултати добијених вредности за хлориде, нитрате и нитрите, приказани су на графику 2.b. Уочава се да је количина нитрата била од 4,4 mg/L до 7 mg/L, што је испод граничних дозвољених вредности (50 mg/L). Присуство нитрита је било у прописаним граничним вредностима до 0,005 mg/L. Код резултата за хлориде у узорцима сирове воде уочавају се два искорака у месецу фебруару, као и нагли пад концентрације у последњем резултату у марту. Средња вредност за хлориде за фебруар је износила  $8,31 \pm 0,68$  mg/L, а за март  $7,62 \pm 2,09$  mg/L. Све вредности за хлориде у сировој води су далеко испод MDK од 250 mg/L. Хлориди су присутни и у слаткој и у сланој води и неопходан су елемент живота, док су високе концентрације хлорида штетне за водени свет (Madhulekha, 2018).



(a)



(b)

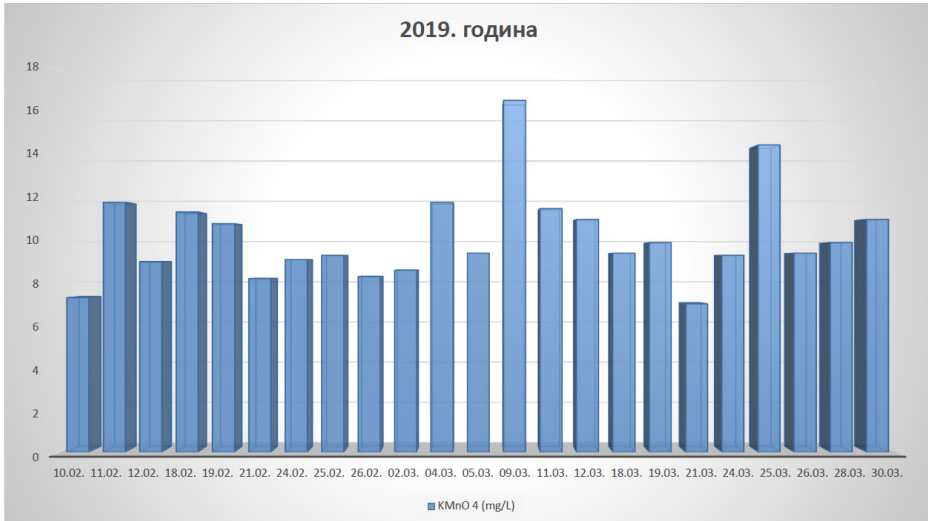
Grafik 2. Rezultati ispitivanja (a) pH i mutnoće, (b) hlorida, nitrata i nitrta u sirovoj vodi  
Graph 2. Test results of (a) pH and turbidity, (b) chloride, nitrate and nitrite in raw water

Oksidabilnost se koristi za procenu stepena zagađenja vode organskim materijama. Kvalitet sirove vode se određuje i na osnovu oksidabilnosti, koja se izračunava na osnovu utroška kalijum-permanganata. Rezultati su prikazani na grafiku 3.a. Kod dva rezultata primećeno

je odstupanje od MDK (12 mg/L). Najviša vrednost potrošnje kalijum-permanganata je izmerena u martu mesecu i iznosila je 16,6 mg/L, dok je najmanja vrednost bila takođe u martu i iznosila je 7 mg/L. Srednja vrednost u februaru iznosila je  $9,46 \pm 1,53$  mg/L, a u martu  $10,66 \pm 2,44$  mg/L. Kalijum-permanganat se najčešće primenjuje i radi poboljšanja mirisa i ukusa vode, uklanjanja boje, gvožđa i mangana, a pored toga sprečava biološki rast i ne stvara toksične nusprodukte.

Rezultati koncentracije gvožđa i mangana pokazuju značajne oscilacije u ispitivanim uzorcima sirove vode i prikazani na grafiku 3b. Vrednosti gvožđa je kod 5 uzoraka prekoračila pravilnikom dozvoljenu količinu (0,3 mg/L). Srednja vrednost gvožđa za februar je bila  $0,25 \pm 0,17$  mg/L, a za mart  $0,22 \pm 0,13$  mg/L. Najviša izmerena vrednost od 0,48 mg/L uzorkovana je 19.02., dok je najniža vrednost 0,06 mg/L uzorkovana 10.02. i 12.03. Mangan je kod 6 uzoraka prelazio graničnu vrednost od 0,05 mg/L (Sl. list SRJ, br. 42/98 i 44/99). U nekim ispitivanim uzorcima mangan uopšte nije detektovan, a u uzorcima gde je detektovan najviša vrednost iznosila je 0,196 mg/L (19.02), dok je najmanja detektovana vrednost bila 0,029 mg/L (18.03). Srednja vrednost mangana u februaru je bila  $0,06 \pm 0,05$  mg/L, a za mart  $0,017 \pm 0,02$  mg/L. Vode koje sadrže povišenu koncentraciju gvožđa i mangana nisu preporučljive za piće, kao ni za tehnološke procese u tekstilnoj industriji zbog problema prilikom pranja, bojenja i beljenja, niti u industriji kvasaca. Zbog toga je uklanjanje gvožđa (deferizacija) i mangana (demanganizacija) iz vode važan postupak u tehnologiji vode (Kukučka, 2013). Najčešće se uklanjaju procesima biološke filtracije ili oksidacije, ali postoje i neki drugi procesi za iste namene (Yang, 2014).

Interesantno je primetiti da kod istraživanja rađenih pre dvadeset godina (Maljević i sar. 1999.), nije bilo velikih razlika u kvalitetu sirove vode, kada je u pitanju odnos dobijenih rezultata i MDK, za posmatrani period godine. Fizičko-hemijski parametri u akumulaciji Čelije u zimskim mesecima (28.12.1998. - 04.03.1999.) u otvorenoj vodi na tri dubine, sa najvećim brojem merenja na 21 m, su bili u granicama dozvoljenih vrednosti (mutnoća 0,6 – 1,6 NTU; pH 7,63 – 7,86; nitrati 0,5-2,03 mg/L; hloridi 4,51 – 6,36 mg/L; kalijum-permanganat 9,04 – 15,17 mg/L; nitriti < 0,001-0,018 mg/L; mangan 0,021-0,1 mg/L, gvožđe 0,027 – 0,102 mg/L). Značajna razlika se uočava kod mutnoće koja je značajno veća u 2019. godini i iznad MDK vrednosti, što ukazuje na privremene probleme, a ne promene u samom kvalitetu vode u akumulaciji. Kada je reč o dobijenim srednjim vrednostima koncentracija mangana u 2019. godini, nema značajnih promena u odnosu na ispitivanja rađena 1999. godine, dok je primećen porast koncentraciji gvoždja. Takođe se ni utrošak kalijum-permanganata, dobijen analizom sirove vode u 2019. godini značajno ne razlikuje od rezultata iz 1999. godine, kao ni rezultati za hloride. Koncentracija nitrata je bila veća u odnosu na 1999. godinu. Nitrati i nitriti u vodu mogu dospeti prirodno, ali su antropogeni procesi kao prekomerna upotreba neorganskih azotnih đubriva i stajnjaka na oranica, otpadne komunalne vode, septičke jame, ocedne vode sa farmi, kao i otpadne vode iz industrije najčešći izvori istih. U radu Maljevića i sar. (1999.) nije određivana brojnost ukupnih aerobnih mezofilnih bakterija i ukupnih koliformnih bakterija u sirovoj vodi, pa samim tim ne možemo da je uporedimo sa rezultatima dobijenim u ovom radu.



(a)



(b)

Grafik 3. Rezultati ispitivanja (a) utrošak kalijum-permanganata, (b) gvožđa i mangana u sirovoj vodi

Graph 3. Test results of (a) consumption of potassium permanganate, (b) iron and manganese in raw water



## ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata dobijenih u ovom radu mogu se uočiti da je broj aerobnih mezofilnih bakterija u najvećem broju uzoraka u okviru dozvoljenih propisa, osim što je u jednom uzorku u martu bio povećan. Može se zaključiti da u tom mesecu postoji spoljašnji uticaj koji to uzrokuje.

Broj ukupnih koliformnih bakterija je bio ispod maksimalno dozvoljene granice, osim u jednom uzorkovanju od 19.2., pri čemu se gotovo u potpunosti ispunjavaju sanitarni zahtevi. Parametri za pH, hloride, nitate i nitrite su bili u granicama dozvoljenih vrednosti, dok je mutnoća imala znatno veće vrednosti u odnosu na MDK. Vrednosti za oksidabilnost su više od propisanih za dva uzorka. Sadržaj mangana i gvoždja je bio povišen u svim uzorcima.

Iz svega navedenog izvodi se uopšteni zaključak, koji ukazuju na permanentno postojanje organskog opterećenja iz različitih izvora.

## LITERATURA:

- Bogdanović, Ž., Pavić, D., Osnovne geografske karakteristike pojedinih hidroakumulacija u Srbiji. U: Ivanc, A., Miljanović, B. (urednici) Hidroakumulacije, multidisciplinarni pristup održivom razvoju. Monografija. Novi Sad, (2003a) 322-328
- Bogdanović, Ž., Pavić, D., Hidroakumulacije u Srbiji. U: Ivanc, A., Miljanović, B. (urednici) Hidroakumulacije, multidisciplinarni pristup održivom razvoju. Monografija. Novi Sad. (2003b) 3-7
- Govedarica, M. M., Jarak, M. N. (1995a) Mikrobiologija zemljišta, Novi Sad: Poljoprivredni fakultet - Institut za ratarstvo i povrtarstvo
- Govedarica, M., Jarak, M. (1995b) Opšta mikrobiologija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo
- Službeni glasnik SRJ 42/98; 44/99; 28/2019. Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode zapiće (na snazi od 25.04.2019), Izmene izvršene u odnosu na: Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće 33/1987. Dostupno na: <https://www.tehnologijahrane.com/pravilnik/pravilnik-o-higijenskoj-ispravnosti-vode-i>
- Scott, E. E., Leh, M. D. K., and Haggard, B. E. Spatiotemporal variation of bacterial water quality and the relationship with pasture land cover. *J. Water Health* 15 (2017) 839–848
- Umeaku, C. N., Chris-Umeaku, C. I., Emmyegbe, I. O., Opara, M. F., Okeke, U. C., Ezeofor, P. S., Uzor, C. U., Bacteriological and Physico-chemical analysis of drinking water Quality in Uli, *International journal of recent Innovations in academicresearch* 3 (2019) 77-88
- WHO, (2021): Guidelines for drinking water quality
- WHO, (1996): Iron in drinking water 2nd. ed. vol 2 health criteria and other support information
- Maljević, E., Karadžić, V., Vasiljević, M., Kvalitet vode akumulacije Čelije u zimskom periodu, 28. Konferencija o aktuelnim problemima zaštite voda, Jugoslovensko društvo za zaštitu voda, Soko Banja 12-15.10.1999., Zbornik radova (1999) 137-143
- Madhulekha, Sh., Sunita, A., Determination of chloride ion concentration in Ganga river water by Mohr metod at Kanpur, India, *Green Chemistry & Technology Letters*, 4 (2018) 6-8

- Kukučka, M., Kukučka, N. (2013) Fizičko-hemijski sastav svetskih prirodnih voda, Tehničko-metalurški fakultet, Beograd
- Yang, L., Li, X., Chu, Z., Ren, Y., Zhang, J., Distribution and genetic diversity of the microorganisms in the biofilter for the simultaneous removal of arsenic, iron and manganese from simulated groundwater, *Bioresource. Technol.*, 156 (2014) 384-388
- Savezni zavod za zdravstvenu zaštitu, NIP, Privredni pregled: Voda za piće-Standardne metode za ispitivanje higijenske ispravnosti (1990)