

ANALIZA KAKVOĆE VODE U JAVNIM I LOKALNIM VODOOPSKRBNIM SUSTAVIMA

izv.prof.dr.sc. Anita Ptiček Siročić

Sveučilište u Zagrebu,
Geotehnički fakultet,
Hallerova aleja 7, Varaždin, Hrvatska
anitaps@gfv.unizg.hr

Lucija Plantak, mag.ing.amb.

Sveučilište u Zagrebu,
Geotehnički fakultet,
Hallerova aleja 7, Varaždin, Hrvatska

Lucija Slunjski, mag.ing.amb.

Sveučilište u Zagrebu,
Geotehnički fakultet,
Hallerova aleja 7, Varaždin, Hrvatska

Ivana Boltižar, dipl.san.ing.

Zavod za javno zdravstvo
Varaždinske županije,
Ivana Meštrovića bb, Varaždin, Hrvatska

Ispitivanje zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku konzumaciju bitno je kako bi se na vrijeme detektirala moguća onečišćenja mikroorganizmima, parazitima ili drugim štetnim tvarima opasnim po ljudsko zdravlje. Onečišćenje vode podrazumijeva prisutnost patogenih bakterija poput *Escherichie coli* (*E. coli*) i crijevnih enterokoka, koji u vodni sustav mogu dospjeti različitim načinima, a predstavljaju rizik ljudskom zdravlju. Uzorkovanje je provedeno na tri vodoopskrbna područja u Varaždinskoj županiji na javnim i lokalnim vodoopskrbnim sustavima tijekom pojedinih mjeseci 2019. i 2020. godine. Rezultati su pokazali da u pojedinim lokalnim vodoopskrbnim sustavima postoje određena odstupanja od maksimalno dozvoljenih vrijednosti pokazatelja, što prosječno iznosi 58,8 cfu/100 mL više *E. coli*, 1845 cfu/100 mL više ukupnih koliforma te zamućenja vode, no ono ne prelazi granične vrijednosti od 4 NTU. Navedene povišene prosječne vrijednosti za *E.coli* i ukupne koliforme upućuju na neadekvatnost sustava lokalnih vodovoda, dok su u svim javnim vodoopskrbnim sustavima uzorci vode zdravstveno ispravni te udovoljavaju svim važećim propisima i pravilnicima.

Ključne riječi: mikrobiološki pokazatelji, ukupni koliformi, *Escherichia coli* zdravstvena ispravnost vode za piće

1. UVOD

Sve veći eksponencijalni rast stanovništva, razvoj industrije te moderan načina života znatno utječu na povećanje količine otpadnih tvari i energije u prirodnim vodnim sustavima dok potrošnja i potražnja vode postaje oprečna zalihama te ima trend neprestanog porasta. Voda za ljudsku potrošnju mora udovoljavati parametrima za provjeru sukladnosti vode za ljudsku potrošnju propisane Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/17, 39/20) (Izveštaj, 2017). Ispitivanje zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku konzumaciju utvrđuje se Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju (56/13, 64/15,

104/17,115/18, 16/20) te se određuju pravna tijela za provedbu propisanog Zakona. Propisuju se parametri koji se provjeravaju u svrhu sukladnosti, vrste i opsega analize uzorka te učestalosti uzimanja uzorka vode namijenjene za ljudsku potrošnju. Izbjegavanje ili nepridržavanje propisanih postupaka i metoda propisanih Pravilnikom (NN 125/17, 39/20) može dovesti do narušavanja zdravstvene ispravnosti voda za piće jer se neće na vrijeme detektirati moguće onečišćenje mikroorganizmima, parazitima ili drugim štetnim tvarima opasnim po ljudsko zdravlje. Kod spomenutog onečišćenja vrlo je važno pratiti glavne pokazatelje zdravstvene ispravnosti vode za piće, a to su stopa onečišćenja vode fekalijama i štetnim kemijskim spojevima te prisutnost neugodnog

mirisa, boje i okusa. Osim onečišćenja različitim vrstama otpada, u površinskim i podzemnim vodama često je prisutno i biološko onečišćenje. Biološko onečišćenje vode podrazumijeva prisutnost patogenih bakterija poput *Escherichie coli* (*E. coli*) i crijevnih enterokoka koji u vodni sistem dospijevaju putem otpadnih voda. Njihova prisutnost predstavlja najveći rizik ljudskom zdravlju zbog mogućnosti prijenosa bakterija, stoga je nužno da osnovna analiza vode uključuje ispitivanje pokazatelja fekalnog onečišćenja (koliformne bakterije), zasićenosti mikroorganizmima, temperature, mutnoće, pH vrijednosti, otopljenog kisika, suspendiranih čestica, ukupno otopljenih plinova, kemijske potrošnje kisika (KPK) i biokemijske potrošnje kisika (BPK). Prema Zakonu o vodnim uslugama (NN 66/2019) javna vodoopskrba obuhvaća djelatnost zahvaćanja voda u svrhu ljudske potrošnje i isporuku do krajnjih potrošača, dok su lokalni vodovodi građevine za vodoopskrbu od izvorišta do korisnika sa svrhom osiguranja vode za jedno i/ili više naselja ili dio naselja. U svrhu uvida u ispravnost vode za ljudsku potrošnju u javnim i lokalnim vodoopskrbnim sustavima analizirani su mikrobiološki pokazatelji kakvoće vode za piće na području Varaždinske županije.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

2.1. Opis lokacije

S geografskog gledišta, Varaždinska županija pripada rubnom pojasu panonskog područja kojeg karakteriziraju dvije reljefne cjeline; sjeverna ravničarska cjelina u koju ulazi dolina rijeke Drave te jugozapadna brežuljkastogorska cjelina kojoj pripadaju Kalnik, Ivančica i Ravna gora. Varaždinska županija predstavlja značajno hidrografsko čvorište u Hrvatskoj, također ima dobro razvijenu riječnu mrežu i nekoliko akumulacijskih jezera na rijeci Dravi koja su od hidroenergetskog značaja (Ormoško jezero, Varaždinsko jezero i jezero Dubrava). Vodoopskrbni prostor Varaždinske županije dijeli se na četiri područja - Ivanec, Ludbreg, Novi Marof i Varaždin, [slika 1](#).



[Slika 1](#). Prikaz vodoopskrbnih područja u Varaždinskoj županiji (Vlahović et al, 2004)

2.2. Uzorkovanje i analiza uzoraka

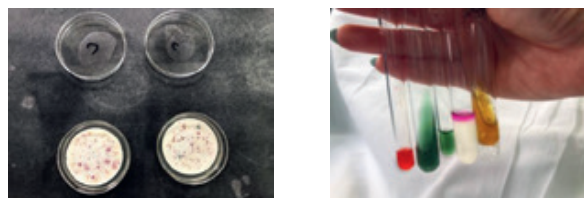
Postupci uzimanja uzoraka vode za piće ocjenjuju se i ispituju prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti

vode za piće (NN 47/2008). Uzorci za određivanje mikrobioloških pokazatelja uzimani su na području Varaždinske županije na područjima dvaju javnih i 19 lokalnih vodoopskrbnih sustava (područje Novi Marof - Lokacija 1, Varaždin - Lokacija 2 i Ivanec - Lokacija 3) u razdoblju od 1. travnja 2019. do 9. ožujka 2020. godine. Broj uzoraka naveden je u [tablici 1](#), a uzorci su razvrstani prema pripadnosti lokalnoj ili javnoj vodoopskrbnoj mreži.

[Tablica 1](#). Broj uzoraka prema pripadnosti javnom ili lokalnom vodovodu

Mjesto uzorkovanja	Lokalni vodovod	Javni vodovod
Lokacija 1	61	15
Lokacija 2	0	85
Lokacija 3	8	34
UKUPNO	69	134

Uzorci vode spremljeni su u sterilne staklene boce od 1 L, zaštićeni od svjetlosti te transportirani u rashladnim komorama gdje se za potrebe mikrobiološke analize uzorci hlade na 4 °C za vrijeme trajanja transporta. Određivanje broja mikrobioloških pokazatelja, *E. coli* i crijevnih enterokoka provedeno je metodom membranske filtracije prema normama HR EN ISO 9308 - 1:2014; detekcija i određivanje ukupnih koliforma i *E. coli* metodom membranske filtracije te HR EN ISO 7899 - 2:2000; detekcija i određivanje fekalnih enterokoka metodom membranske filtracije. Broj kolonija naraslih na membranskom filtru nakon inkubacije na 36 °C ([slika 2a](#)) predstavljaju prethodni rezultat detekcije ukupnih koliformnih bakterija i mogućeg prisustva *E. coli*. S ciljem potvrđivanja detekcije mogućih bakterija, potrebno je provesti dodatne biokemijske testove. Biokemijski testovi koji se koriste za identifikaciju i potvrđivanje bakterija (ukupnih koliforma i *E. coli*) u klasičnim kulturološkim metodama temelje se uglavnom na metaboličkim reakcijama. Za ukupne koliformne bakterije radi se tzv. oksidazni test, dok se za dokazivanje *E. coli* rade tzv. IMViC testovi ([slika 2b](#)).



[Slika 2](#). a) mješovita kultura koliformnih bakterija na CCA hranjivoj podlozi; b) IMViC test (Slunjski, 2020)

Kako bi se dokazala i kvantificirala prisutnost crijevnih enterokoka u vodi, nakon inkubacije membrane na temperaturi od 36 ± 2 °C u vremenu od 44 ± 4 h, uzimaju se u obzir sve tipične kolonije koje su crvene, kestenjaste ili roze boje, [slika 3](#).



Slika 3. Crvene kolonije crijevnih enterokoka (Slunjski, 2020)

Rezultati se izražavaju na način da se iz broja tipičnih kolonija izbrojenih na filterima i rezultata potvrđenih testova, procijeni broj kolonija enterokoka. Procijenjen broj potvrđenih kolonija nakon identifikacije i dokazivanja izražava se kao cfu/100 mL, prema jednadžbi (1).

$$C_s = \frac{Z}{V_{tot}} * V_s \quad (1)$$

gdje je:

- C_s – procijenjen broj tipičnih kolonija (cfu u 100 mL)
- Z – suma kolonija izbrojenih na svim filterima
- V_{tot} – ukupan profiltriran volumen uzoraka
- V_s – referencirani volumen u 100 mL

3. REZULTATI I RASPRAVA

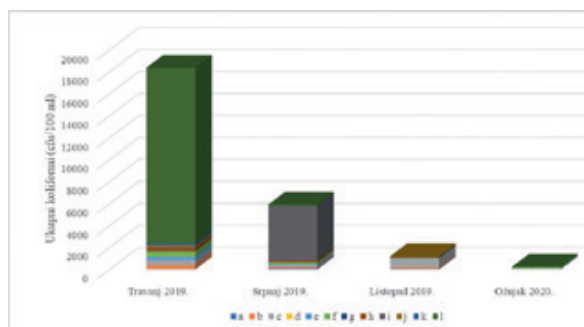
3.1. "Analiza mikrobioloških pokazatelja onečišćenja i mutnoće po lokacijama uzorkovanja"

Analiza mikrobioloških pokazatelja vode za ljudsku potrošnju vrlo je važna zbog utvrđivanja zdravstvene ispravnosti ili mogućih odstupanja od propisanih maksimalno dopuštenih koncentracija (MDK) vrijednosti u okviru Pravilnika (NN 125/17, 39/20), [tablica 2](#).

Tablica 2. MDK mikrobioloških pokazatelja vode za ljudsku potrošnju

Pokazatelj	Jedinica	MDK
<i>Escherichia coli</i>	broj/100 ml	0
Ukupni koliformi	broj/100 ml	0

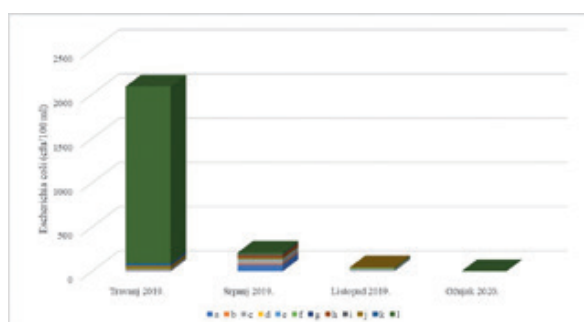
Rezultati ukupnih koliforma u uzorcima uzetim na tri lokacije na 12 mjesta uzorkovanja označenih oznakama od *a* do *l*, koje obuhvaćaju jedno od četiri područja

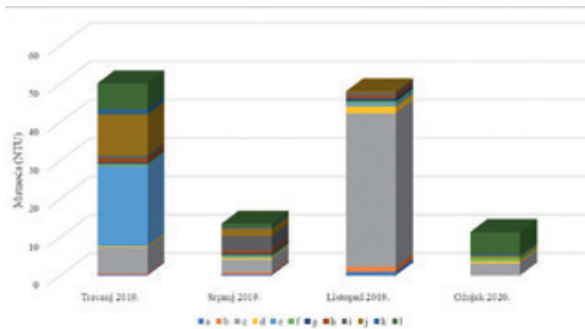


Slika 4. Vrijednosti ukupnih koliforma na 12 mjesta uzorkovanja na području Lokacije 1

vodoopskrbnog sustava u Varaždinskoj županiji prikazani su na [slici 4](#).

Iz rezultata je vidljivo da je najveći broj ukupnih koliforma zabilježen na mjestu uzorkovanja *a* tijekom travnja 2019. godine. Koliformne bakterije inače obitavaju u našem okruženju, no njihova prisutnost u vodi za ljudsku potrošnju može uzrokovati velike probleme u vodoopskrbnom sustavu odnosno dolazi do onečišćenja vode te takva voda nije pogodna za piće jer može izazvati raznovrsne bolesti (Kalenić et al, 2013). Koliformne bakterije, obitavajući u vanjskoj sredini, gube sposobnost termotolerancije te se njihova prisutnost u vodama može objasniti kao posljedica starijih fekalnih onečišćenja (Antolović et al, 2016). Nadalje, povećan broj ukupnih koliforma primijećen je i na mjestu uzorkovanja *i* tijekom srpnja 2019. godine kao i na mjestu uzorkovanja *b* tijekom listopada 2019. godine u odnosu na ostala provedena mjerenja. Za pretpostaviti je da je do povećanja broja ukupnih koliforma došlo zbog onečišćenja koje može biti posljedica dotrajale infrastrukture kojom se vrši distribucija vode te zbog onečišćenja okolnog poljoprivrednog tla fekalijama, koje su mogle dospjeti u tlo gnojidbom ili iz životinjskih farmi u blizini vodoopskrbnog područja. Navedene rezultate potvrđuju i rezultati određivanja broja *E. coli*, [slika 5](#). Vidljiva je prisutnost *E. coli* na gotovo svim mjestima uzorkovanja, ali znatno odstupanje primijećeno je također u travnju 2019. godine na mjestu uzorkovanja *l*. *E. coli* može biti prisutna u okolišu kao posljedica neprerađenog životinjskog izmeta sakupljenog na okolnim farmama i zatim rasprostiranog po tlu, koje se tijekom kišnog razdoblja ispire te tako onečišćenje dolazi do izvora slatke vode koja služi za konzumiranje.

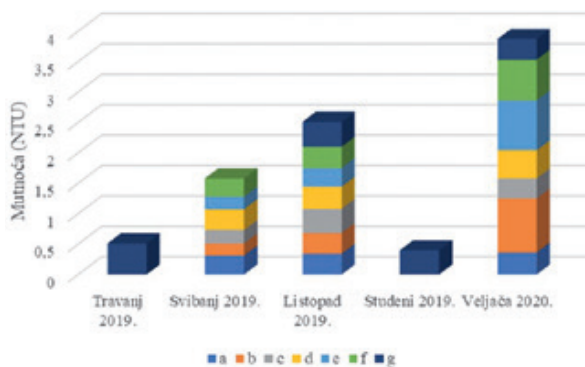
Slika 5. Vrijednosti *E. coli* na 12 mjesta uzorkovanja za područje Lokacije 1



Slika 6. Vrijednosti mutnoće vode na 12 mjesta uzorkovanja za područje Lokacije 1

E. coli spada u porodicu *Enterobacteriaceae*, rod *Escherichia* te se nalazi u ljudskom probavnom sustavu, a može uslijed specifičnih promjena u genskom materijalu postati patogena i uzročnik infektivnih bolesti (Kalenić et al, 2013). Na slici 6 prikazani su rezultati mutnoće uzoraka vode na području Lokacije 1. S obzirom da je propisana MDK vrijednost za mutnoću vode do 4 NTU, vidljivo je da su svi uzorci vode zamućeni, a najveće vrijednosti zabilježene su na mjestima uzorkovanja c, e i j. Povećana mutnoća vode je indikatorski parametar prema važećem Pravilniku (NN 125/17, 39/20) i mjera je prisutnosti suspendiranih čestica u vodi. Krute čestice u vodi mogu činiti jezgru oko koje se nakupljaju bakterije, virusi i paraziti što dovodi do otežane dezinfekcije vode. Voda blaže zamućenosti se može koristiti za kuhanje, pranje, tuširanje te ostale higijenske potrebe, ali iz estetskih razloga nije prihvatljiva za konzumaciju te može uzrokovati probavne smetnje. Kod pojave povećane mutnoće u pitkoj vodi (vrijednosti veće od 5 NTU) postoji mogućnost prisutnosti pojedinih mikroorganizama, koji mogu izazvati crijevne infekcije pa je takvu vodu potrebno prokuhati prije konzumacije.

Na Lokaciji 2 analizirani su uzorci vode uzorkovani na sedam različitih mjesta. Rezultati mikrobioloških pokazatelja, odnosno broj *E. coli* i ukupnih koliforma, na svih sedam mjesta uzorkovanja iznosi 0 cfu/100 mL što pokazuje zadovoljavajuću kvalitetu uzoraka prema Pravilniku (NN 125/17, 39/20), dok su vrijednosti mutnoće prikazane na slici 7.

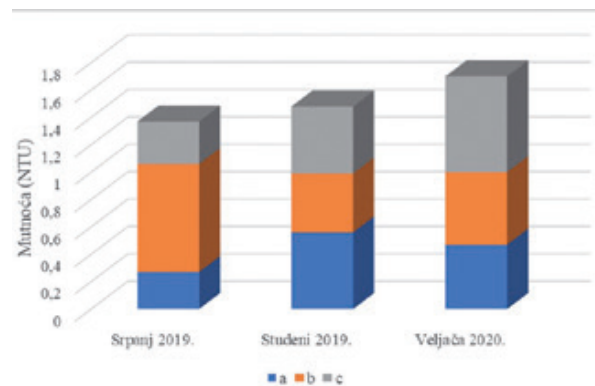


Slika 7. Vrijednosti mutnoće vode na 7 mjesta uzorkovanja za područje Lokacije 2

Iz rezultata se može vidjeti da su najveće vrijednosti mutnoće zabilježene tijekom zimskih mjeseci i u rano proljeće, ali su vrijednosti ispod 4 NTU što znači da su uzorci zdravstveno ispravni. Također, može se primijetiti da je na mjestu uzorkovanja g prisutno zamućenje u svim analiziranim uzorcima u svim mjesecima osim svibnja 2019. godine. Razlog manjeg zamućenja mogu biti vanjski klimatski uvjeti odnosno povećana količina padalina ili otapanje snijega tijekom proljetnih mjeseci. Nadalje, intenzivne oborine mogu izazvati eroziju tla što ima za posljedicu unos krutih čestica s površina u podzemlje.

Na slici 8 prikazani su rezultati određivanja mutnoće vode na Lokaciji 3, a uzorkovanje je provedeno tijekom srpnja i studenog 2019. godine te veljače 2020. godine.

U uzorcima vode nisu detektirani ukupni koliformi, kao ni *E. coli*, ali je vidljivo blaže zamućenje u svim uzorcima, no vrijednosti su unutar 4 NTU. Antropogene djelatnosti također utječu na pojavu zamućenja vode, primjerice ispuštanje otpadnih voda u blizini vodonosnika može znatno utjecati na povišene vrijednosti mutnoće. Nadalje, zamućenje može biti posljedica lošije kakvoće izvora vode, lošeg postupanja s distribucijskim sustavom, kao i posljedica poljoprivrednih radova na mjestima u blizini vodocrpilišta.

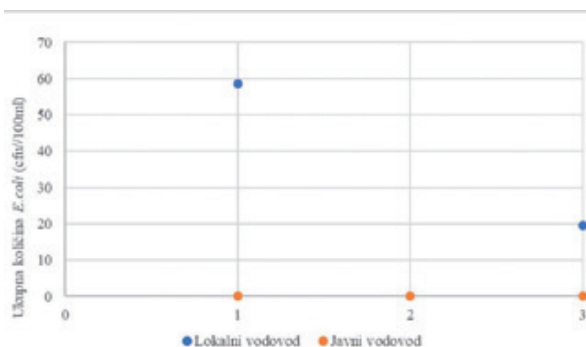


Slika 8. Vrijednosti mutnoće na 3 mjesta uzorkovanja za područje Lokacije 3

3.2. Prosječne vrijednosti mikrobioloških pokazatelja onečišćenja i mutnoće na području javnih i lokalnih vodoopskrbnih sustava

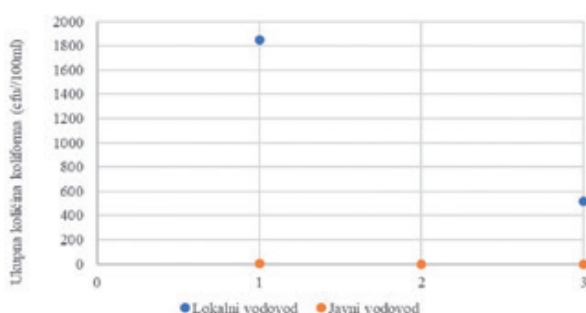
Rezultati prosječnih vrijednosti mikrobioloških pokazatelja kakvoće vode tj. *E. coli*, ukupnih koliforma i fizikalnog pokazatelja, mutnoće, na području lokalnih i javnih vodoopskrbnih sustava prikazani su na slikama 9, 10 i 11.

Kao što je vidljivo na slici 9, *E. coli* nije prisutna niti na jednoj lokaciji javnog vodoopskrbnog sustava odnosno broj *E. coli* u uzorcima iznosi 0 cfu/100 mL što odgovara vrijednostima propisanih Pravilnikom (NN 47/08). S druge strane, prosječne vrijednosti *E. coli* su iznad dozvoljenih na području lokalnih vodovoda na lokacijama 1 i 3. Prosječna količina *E. coli* u lokalnom vodovodu na Lokaciji 1 iznosi 58,5 cfu/100 mL dok je u lokalnom vodovodu na Lokaciji 3 ta vrijednost znatno



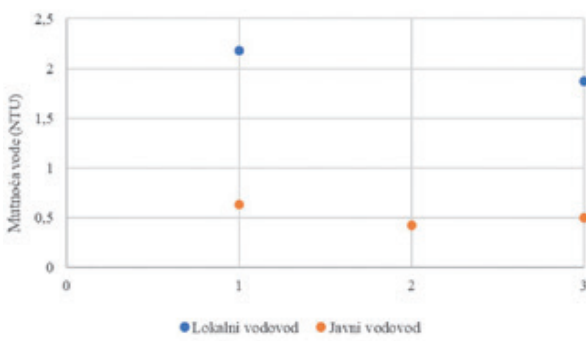
Slika 9. Prosječne vrijednosti *E. coli* na području javnih i lokalnih vodoopskrbnih sustava

manja (19,5 cfu/100 mL). Prisutnost *E. coli* u uzorcima vode može biti pokazatelj onečišćenja vodoopskrbnog sustava fekalijama iz kanalizacije ili životinjskog otpada ili pak neprihvatljivog održavanja lokalnog vodoopskrbnog sustava. Analizom rezultata prosječnih količina ukupnih koliformnih bakterija, prikazanoj na slici 10, vidljivo je isto ponašanje na dvije lokacije. Uočena su velika odstupanja od maksimalno dozvoljene vrijednosti na lokalnim vodovodima Lokacije 1 (1845,3 cfu/100 mL) i Lokacije 3 (517,3 cfu/100 mL). Uzorci vode onečišćeni koliformnim bakterijama nisu zdravstveno ispravni te je potrebna dezinfekcija te kontinuirano pravilno održavanje vodoopskrbnog sustava.



Slika 10. Prosječne vrijednosti ukupnih koliformnih bakterija na području javnih i lokalnih vodoopskrbnih sustava

Na slici 11, rezultati prosječne mutnoće vode na sve tri analizirane lokacije ispod su vrijednosti maksimalno



Slika 11. Prosječna vrijednost mutnoće vode na području javnih i lokalnih vodoopskrbnih sustava

dopuštene koncentracije od 4 NTU, iako je vidljiva razlika između vrijednosti u uzorcima lokalnih i javnih vodovoda, a vrijednosti za lokalne vodovode se kreću oko 2 NTU, dok su vrijednosti za javne vodovode između 0,4 i 0,6 NTU.

4. ZAKLJUČAK

Pitka voda, prirodno bogatstvo koje se najviše iskorištava, neophodna je za život i zdravlje ljudi, ali i sav živi svijet na Zemlji. Budući da vrijednosti pokazatelja kakvoće vode, koja se koristi za ljudsku potrošnju, moraju udovoljavati propisanim maksimalnim dopuštenim koncentracijama, važno je provoditi mikrobiološke analize kako bi se utvrdila eventualna prisutnost bakterija i tvari koje bi mogle imati štetan utjecaj po ljudsko zdravlje. Povišene vrijednosti *E. coli* i ukupnih koliforma na pojedinim mjestima uzorkovanja ukazuju na problem sa sustavom za distribuciju vode ili sa sustavom koji služi za pročišćavanje otpadnih voda. Prisutnost koliformnih bakterija, koje predstavljaju pouzdane indikatore fekalnog onečišćenja, u uzorcima vode iz lokalnih vodovoda, ukazuju na zastarjelu infrastrukturu lokalnih vodovodnih mreža kao i nedovoljnu i neredovitu dezinfekciju sustava za distribuciju vode.

Iako je vidljiva razlika u vrijednostima mutnoće vode u javnim i lokalnim vodovodima, sve prosječne vrijednosti analiziranih uzoraka nalaze se unutar dozvoljenih zakonskih okvira odnosno manje su od 4 NTU, no ima i velikih odstupanja u vrijednostima po pojedinim lokacijama uzorkovanja. Zdravstvena neispravnost pojedinih uzoraka vode može se povezati s povremenim sanacijskim radovima na mreži, ugradnjom novih cjevovoda ili planskim ispiranjem mreže. Iz rezultata se može zaključiti da je kakvoća vode u javnim vodovodima zadovoljavajuće kvalitete odnosno da su pokazatelji u skladu s Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008). Pokazatelji kakvoće vode u lokalnim vodoopskrbnim sustavima pokazuju odstupanja od propisanih vrijednosti, što upućuje na potrebu učestalijeg pravilnog održavanja i dezinfekcije sustava te opravdava važnost korištenja javne vodoopskrbe. Javna vodoopskrba predstavlja sigurniji te odgovorniji način opskrbe stanovništva vodom, budući da se provode kontinuirane analize mikrobioloških i fizikalno-kemijskih pokazatelja vode u odnosu na lokalne vodoopskrbne mreže. ■

5. LITERATURA

- Antolović R., Frece J., Gobin I., Hrenović J., Kos B., Markov K., Mlinarić-Missoni E., Novak J., Ožanić M., Pinter Lj., et al. (2016): Priručnik za vježbe iz opće mikrobiologije / Hajsig, D ; Delaš, F (ur.). Zagreb, Hrvatsko mikrobiološko društvo.
- ISO 9308-1:2014, Water quality - Enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria - Part 1: Membrane filtration method for waters with low bacterial background flora. 3 izd.
- Kalenić, S. i sur. (2013): Medicinska mikrobiologija. Medicinska naklada. Zagreb.
- Narodne novine 125/17, 39/20, Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju, Dostupno:https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_04_39_832.html, 4. 11. 2020.
- Narodne novine 47/2008, Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, Dostupno:https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_04_47_1593.html, 10. 11. 2020.
- Narodne novine 56/13, 64/15, 104/17,115/18, 16/20, Zakon o vodi za ljudsku potrošnju, 2020, Dostupno:https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_07_66_1285.html, 4.11. 2020.
- Narodne novine 66/2019, Zakon o vodnim uslugama, Dostupno:https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_07_66_1286.html, 4. 11. 2020.
- Slunjski L. (2020): Određivanje ukupnih koliforma i *Escherichie coli* u vodi za ljudsku potrošnju, Diplomski rad, Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Ujević Bošnjak M., Gajšak F. (2017): Izvještaj o zdravstvenoj ispravnosti vode za ljudsku potrošnju u Republici Hrvatskoj za 2017. godinu, Dostupno:<https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/izvjestaj-o-zdravstvenoj-ispravnosti-vode-za-ljudsku-potrosnju-u-republici-hrvatskoj-za-2017-godinu/>, 4. 11. 2020.
- Vlahović Č., Premužić B., Vincek S., (2004): Novelacija vodoopskrbnog plana Varaždinske županije, Varaždin, Dostupno:<https://www.voda.hr/sites/default/.pdf>, 4. 11. 2020.

ANALYSIS OF WATER QUALITY IN PUBLIC AND LOCAL WATER SUPPLY SYSTEMS

Abstract. Testing health safety of water for human consumption is important for timely detection of potential pollution by microorganisms, parasites and other substances dangerous for human health. Water pollution means the presence of pathogenic bacteria, such as *Escherichia coli* (*E. coli*) and intestinal enterococci, which can enter the water system in different manners, and present a risk for human health. The sampling was performed in three water supply areas in the Varaždin County, both in public and local water supply systems, during some months in 2019 and 2020. The results revealed that there were some deviations from max. permitted indicator values in certain local water supply systems, on average equalling 58.8 cfu/100 mL more *E. coli*, 1845 cfu/100 mL more total coliforms, as well as water turbidity, which is not exceeding the limit values of 4 NTU. The stated increased average values for *E. coli* and total coliforms indicate inadequacy of local water supply systems. The water samples in all public water supply systems were health-safe and comply with existing regulations and ordinances.

Key words: microbiological indicators, total coliforms, *Escherichia coli*, health safety of drinking water

ANALYSE DER WASSERQUALITÄT IN ÖFFENTLICHEN UND LOKALEN WASSERVERSORGUNGSSYSTEMEN

Zusammenfassung. Es ist wichtig, die gesundheitliche Unbedenklichkeit des Trinkwassers zu prüfen, damit eventuelle Kontamination durch pathogene Mikroorganismen, Parasiten und andere für die menschliche Gesundheit gefährliche Schadstoffe detektiert werden kann. Im verunreinigten Wasser befinden sich pathogene Bakterien, wie zum Beispiel *Escherichia coli* (*E. coli*) und Darmenterokokken, die auf verschiedene Weisen in Wassersysteme gelangen und ein Risiko für die menschliche Gesundheit darstellen.

Die Probenahme wurde in drei Wasserversorgungsgebieten in der Gespanschaft Varaždin an öffentlichen und lokalen Wasserversorgungssystemen im Laufe der Jahre 2019 und 2020 durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass in einigen lokalen Wasserversorgungssystemen bestimmte Abweichungen von höchstzulässigen Indikatorwerten bestehen, was durchschnittlich 58,8 cfu/100 mL mehr *E. coli*, 1845 cfu/100 mL mehr gesamtcoliformer Bakterien und Trübung beträgt, allerdings werden die Grenzwerte von 4 NTU nicht überschritten. Die angeführten erhöhten Durchschnittswerte für *E. coli* und gesamtcoliforme Bakterien weisen auf die Unzulänglichkeit der lokalen Wasserversorgungssysteme hin, während in allen öffentlichen Wasserversorgungssystemen die Wasserproben gesundheitlich sicher sind und die Anforderungen aller geltenden Vorschriften und Verordnungen erfüllen.

Schlüsselwörter: mikrobiologische Indikatoren, gesamtcoliforme Bakterien, *Escherichia coli*, gesundheitliche Unbedenklichkeit des Trinkwassers