

Topic: Food safety / Sekcija: Zdravstvena sigurnost hrane

UČINKOVITOST DEZINFEKCIJE I MIKROBIOLOŠKA ISPRAVNOST VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU VODOOPSKRBNOG SUSTAVA GRADA ŠIBENIKA

Mirna Habuda-Stanić^{1*}, Lidija Bujas², Ivana Jurković³, Branka Unić Klarin²

¹Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek, Hrvatska, * mirna.habuda-stanic@ptfos.hr

²Zavod za javno zdravstvo Šibensko-kninske županije, Matije Gupca 74, Šibenik, Hrvatska

³Medicinska škola Šibenik, Ante Šupuka bb, Šibenik, Hrvatska

professional paper/stručni rad

SAŽETAK

Kakvoća vode za ljudsku potrošnju u vodoopskrbnom sustavu uvjetovana je nizom čimbenika, a prije svega kakvoćom vode na mjestu zahvaćanja u prirodi (arteški bunar, jezero, vodotok), procesu prerade te sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima u vodoopskrbnim objektima i pratećoj infrastrukturi. Zdravstveno ispravnom vodom za ljudsku potrošnju smatra se voda koja: (i) ne sadrži mikroorganizme, parazite i njihove razvojne oblike u broju koji predstavlja opasnost za zdravlje ljudi, (ii) ne sadrži štetne tvari u koncentracijama koje same ili zajedno s drugim tvarima predstavljaju opasnost za zdravlje ljudi, (iii) ima vrijednosti parametara zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju u skladu s odredbama Zakona o vodi za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 56/13, 65/15, 104/17) i Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 125/13, 141/13, 128/15).

Cilj ovog rada bio je utvrditi učinkovitost dezinfekcije i mikrobiološku kakvoću vode za ljudsku potrošnju koja se putem vodoopskrbnog sustava Jaruga isporučuje stanovnicima grada Šibenika. Analizirani su podaci o koncentraciji slobodnog rezidualnog klora te pojavnosti mikrobioloških parametara (broj kolonija na 22 °C i 37 °C, ukupni koliformi, *Escherichia Coli*, *Clostridium Perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa* i enterokoki) tijekom petogodišnjeg razdoblja (2011.-2015.). Grupiranjem pojedinih podataka, ovisno o dijelu godine, utvrdila se i učinkovitost dezinfekcije vode o godišnjem dobu s obzirom da se voda koja se isporučuje stanovnicima grada Šibenika zahvaća iz podzemnih izvora, a koji su, uslijed geološkog sastava tla, podložni utjecaju padalina.

Ključne riječi: voda za ljudsku potrošnju, dezinfekcija, kloriranje, Šibenik

UVOD

Prema odredbama Zakona o vodi za ljudsku potrošnju (HS, NN 56/13, 64/15, 104/17) vodom za ljudsku potrošnju smatra se voda koja je u svojem izvornom stanju ili nakon obrade namijenjena za piće, kuhanje, pripremu hrane ili druge potrebe kućanstava, a može potjecati iz sustava javne vodoopskrbe, cisterni ili iz boca odnosno posuda za vodu. Dostupnost i dostatnost zdravstveno-ispravne vode za ljudsku potrošnju osnovni je preduvjet osiguranja zdravlja populacije na određenom području, a omogućuje i podizanje općeg životnog

standarda. Osnovni preduvjet isporuke zdravstveno-ispravne vode stanovništvu gradova i naselja, te pratećoj industriji, je postojanje vodovoda ili vodoopskrbnog sustava kojeg čini skup građevinskih objekata na samom mjestu zahvaćanja vode, odnosno izvorištu, glavni dovodni cjevovod, objekti u kojima se provode tehnološki postupci kondicioniranja vode, spremnici prerađene vode (vodosprema) te vodoopskrbna mreža grada ili naselja. Vodoopskrbni sustavi mogu biti javni ili lokalni. Javni vodoopskrbni sustav isporučuje vodu za više od 50 ljudi ili isporučuje više od 10 m³ vode krajnjem korisniku, a djelatnost isporuke obavlja privredni subjekt registriran za obavljanje javne vodoopskrbe, dok lokalni vodoopskrbni sustav podrazumijeva zahvaćanje vode i distribuciju vode do krajnjih korisnika putem građevinskih objekata i vodoopskrbne mreže za manji broj potrošača, a kojim ne upravlja registrirani privredni subjekt. Kakvoća vode koja se isporučuje krajnjim potrošačima u oba slučaja mora udovoljavati odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 125/13, 141/13, 128/15), a ovisi prije svega o kakvoći vode zahvaćenoj na izvorištu. Izvorište je lokacijski definiran dio prostora na kojem se zahvaćaju određene količine vode namijenjene vodoopskrbi, a odabir izvorišta jedan je od najsloženijih i najodgovornijih zadataka kod izgradnje vodoopskrbnog sustava, naročito u pogledu investicijskih i pogonskih troškova. Izvorište vode mora osigurati adekvatne količine kvalitetne vode za trenutnu i potrošnju u budućnosti, neprekidnost vodoopskrbe, sanitarno-higijensku sigurnost kvalitete vode, optimalne investicijske i pogonske troškove te se mora uklapati u vodno gospodarenje šireg područja. Ovisno o porijeklu vode, izvorište može biti atmosfersko, površinsko ili podzemno (Vuković, 1996.). Atmosferska izvorišta vode se koriste u nedostatku drugih izvorišta i to uglavnom za opskrbu vodom manjih naselja, a ova vrsta izvorišta vodom se snabdijeva zahvaćanjem oborina (kiše ili snijega). Površinska izvorišta podrazumijevaju zahvaćanje vode iz rijeka, jezera ili mora, dok podzemna izvorišta podrazumijevaju zahvaćanje vode iz vodnog tijela sa slobodnim vodnim licem, vodnog tijela pod tlakom ili zahvaćanjem izvorske vode (Vuković, 1996).

Vodoopskrbni sustav grada Šibenika vodom za ljudsku potrošnju snabdijeva stanovništvo i privredne subjekte gradova Šibenika, Skradina i Vodice te stanovništvo i privredne subjekte obalnog dijela županije od mjesta Murtera, Pirovca do Rogoznice i Ražnja, otoke Zlarin i Prvić te naselja Dubrava, Danilo, Perković, Mirlović Zagora, Goriš, Pokrovnik, Pakovo Selo te dio naselja Unešića. Na šibenski vodoopskrbni sustav priključeno je ukupno 75 naselja, nešto više od sedamdeset i četiri tisuće stanovnika. U sklopu vodoopskrbne mreže, ukupne dužine približno 800 km, nalazi se i 55 vodosprema. Kontrolu zdravstvene ispravnosti vode iz vodoopskrbnog sustava grada Šibenika provodi Služba za ekologiju Zavoda za javno zdravstvo Šibensko-kninske županije uzorkovanjem vode u javnim objektima kao što su škole, vrtići i ugostiteljski objekti (Zavod za javno zdravstvo Šibensko-kninske županije, 2017).

Osnovni zadatak pri snabdijevanju stanovništva vodom za piće je primjena procesa prerade vode u cilju postizanja zdravstveno-ispravne vode i kakvoće koja udovoljava odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 125/13, 141/13, 128/15). Pri tome je dezinfekcija neizostavan postupak obrade. Cilj dezinfekcije je uništiti, odnosno smanjiti broj mikroorganizama na razinu koja u danim okolnostima i u uobičajenim uvjetima upotrebe nije opasna.

Danas su dostupne brojne metode dezinfekcije vode. U praksi se dezinfekcija vode najčešće provodi različitim klorinim preparatima, a u novije vrijeme ultraljubičastim zrakama i ozonom. Pri odabiru načina dezinfekcije vode koja se potrošačima isporučuje putem vodoopskrbnog

Topic: Food safety / Sekcija: Zdravstvena sigurnost hrane

sustava, važno je imati u vidu tehničke uvjete i cijenu postupka te mogućnost rezidualnog djelovanja dezinfekcijskog sredstva nakon što voda izađe iz pogona za preradu, a prije isporuke potrošačima (Nalko, 2005). Učinkovitost pojedinog dezinfekcijskog sredstva ovisi o nizu čimbenika, od kojih su najvažniji: (i) vrsta i doza dezinfekcijskog sredstva (i) mutnoća i kemijski sastav sirove vode, (ii) temperatura i pH vrijednost vode, (iv) vrsta i količina mikroorganizama u sirovoj vodi i (v) vrijeme kontakta dezinfekcijskog sredstva i vode (Mijatović i Matošić, 2008, Lee i sur., 2015)

Cilj ovog rada bio je analizom analitičkih izvješća monitoringa kakvoće vode uzorkovane iz vodoopskrbnog sustava grada Šibenika utvrditi učinkovitost dezinfekcije i mikrobiološku ispravnost vode tijekom petogodišnjeg razdoblja (2011. – 2015. godine). Učinkovitost dezinfekcije i mikrobiološka ispravnost vode određene su praćenjem koncentracije slobodnog rezidualnog klora te određivanjem vrijednosti mikrobioloških parametara zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju: broj kolonija na 22 °C i na 37 °C, ukupni koliformi, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa* i enterokoki. Grupiranjem pojedinih podataka utvrdila se povezanost kakvoće vode u vodoopskrbnom sustavu i pojedinog dijela godine.

MATERIJALI I METODE

Vodoopskrbni sustav Jaruga

Voda za šibenski vodoopskrbni sustav kojim upravlja tvrtka Vodovod i odvodnja d.o.o. iz Šibenika, zahvaća se na pet izvorišta i to: Jaruga, Torak, Jandrići, Kovča i Miljacka. Prema količini zahvaćene vode, odnosno s kapacitetom crpljenja od 1000 L/s, glavno izvorište je izvorište Jaruga koje se nalazi na području Nacionalnog parka Krka (Slika 1), a sastoji od tri crpne stanice, Jaruga I, Jaruga II i Jaruga III. Ostala navedena izvorišta s ukupnim kapacitetom crpljenja vod od 235 L/s koriste se samo u vrijeme povećane potrošnje vode, odnosno tijekom ljetnih mjeseci (Marguš, 2002; Jurković, 2016). Nakon zahvaćanja, voda se glavnim cjevovodom dovodi u pogon tvrtke Vodovod i odvodnja d.o.o. Šibenik gdje se kondicionira metodom filtracije i dezinfekcije kako bi kakvoća vode bila u skladu s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 125/13, 141/13, 128/15). Prosječna količina isporučene vode za ljudsku potrošnju dnevno iznosi 55000 m³/dan.



Slika 1. Objekti izvorišta Jaruga na području Nacionalnog parka Krka
Fig. 1. Facilities at the source Jaruga in the National Park Krka

Određivanje učinkovitosti dezinfekcije

Dezinfekcija vode je postupak koji se provodi doziranjem klora u vodu u cilju uklanjanja i/ili smanjenja broja mikroorganizama. Pri doziranju klora u vodu, dio se klora troši na oksidaciju organskih i drugih tvari prisutnih u vodi. Kako koncentracije tvari koje reagiraju s klorom, uslijed krškog terena, tijekom godine osciliraju, i količina klornog preparata koju je potrebno dozirati se mijenja. Pojava viška klora nakon obavljene dezinfekcije vode ukazuje da je dezinfekcija uspješno provedena, a višak klora koji pri tome zaostaje u vodi, naziva se slobodni rezidualni klor. Učinkovitost dezinfekcije vode koja se distribuira potrošačima putem vodoopskrbnog sustava grada Šibenika praćena je tijekom petogodišnjeg razdoblja, odnosno tijekom 2011., 2012., 2013., 2014. i 2015. godine, pri čemu su određene vrijednosti sljedećih parametara: koncentracija slobodnog klora, broj kolonija na 22 °C i broj kolonija na 37 °C. Tijekom ispitivanog razdoblja ukupno je analizirano 1835 uzoraka, odnosno 2011. godine uzorkovano je 418, 2012. godine ukupno 426 uzoraka, 2013. godine 357 uzorkata, 2014. godine 309 uzoraka te 2015. godine uzorkovano je 325 uzoraka vode iz vodoopskrbnog sustava Jaruga. Odmah po uzorkovanju, na mjestu uzorkovanja, određene su koncentracije slobodnog rezidualnog klora. Svi uzorci su uzorkovani u polietilenske boce, prethodno ispirane deioniziranom vodom te pohranjeni u hladnjak na temperaturu 4 °C. Slobodni rezidualni klor određen je kolorimetrijskom DPD (N,N-dimetil-p-fenilendiamin) metodom (HRN EN ISO 7393-2:2001). Mjerenje se provodilo na način da se u uzorak vode dodao jastučić s DPD reagensom pri čemu je, u slučaju prisutnosti slobodnog rezidualnog klora, došlo do pojave crvene boje. Intenzitet boje bio je proporcionalan koncentraciji slobodnog rezidualnog klora, a određen je kolorimetrom. Prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 56/13, 64/15) maksimalno dozvoljena koncentracija slobodnog rezidualnog klora u vodi za ljudsku potrošnju iznosi 0,5 mg/L.

Broj kolonija na 22 °C i 37 °C obvezni su indikatorski parametri kakvoće vode koji su određeni metodom HRN ISO 6222:2000. Pojava aerobnih mikroorganizama u prirodnim vodama je uobičajena, a navedeni parametri pomažu pri procjeni prisustva i drugih vrsta mikroorganizama u analiziranom uzorku vode. Broj kolonija na 22 °C i 37 °C koristi se za procjenu učinkovitosti postupka dezinfekcije vode i ukazuje na brojnost bakterija u vodoopskrbnom sustavu.

Ukupni koliformi i *Escherichia coli* određeni su metodom HRN EN ISO 9308-1, enterokoki metodom HRN EN ISO 7899-2, a *Clostridium perfringens* i *Pseudomonas aeruginosa* metodom HRN EN ISO 16266. Prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 125/13, 141/13, 128/15), maksimalno dozvoljen broj kolonija na 22 °C iznosi 100/1 mL, odnosno 20/1 mL na 37 °C, dok pojavnost ukupnih koliforma, *Escherichia coli*, enterokoka te *Clostridium perfringens* i *Pseudomonas aeruginosa* u 100 mL ispitivanog uzorka nije dozvoljena, odnosno maksimalno dozvoljen broj za prethodno navedene parametre iznosi 0/100 mL.

REZULTATI I RASPRAVA

Tijekom petogodišnjeg razdoblja (2011.-2015.) praćena je učinkovitost dezinfekcije na mikrobiološku ispravnost vode vodoopskrbnog sustava grada Šibenika. Učinkovitost dezinfekcije određena je mjerenjem vrijednosti sljedećih parametara kakvoće vode: koncentracija slobodnog rezidualnog klora, broj kolonija na 22 °C i broj kolonija na 37 °C,

Topic: Food safety / Sekcija: Zdravstvena sigurnost hrane

ukupni koliformi, Escherichia coli, enterokoki, Clostridium perfringens i Pseudomonas aeruginosa. Ukupno je analizirano 1835 uzoraka vode iz vodoopskrbnog sustava Jaruga. Slobodni rezidualni klor (SRK) je koncentracija klora izražena u mg/L koja zaostaje u vodi kao višak nakon reakcije klora s tvarima koje mogu oksidirati u vodi i nakon završenog procesa dezinfekcije vode. Prisutnost slobodnog rezidualnog klora u uzorcima vode iz vodoopskrbnog sustava je obvezna jer sprječava naknadnu kontaminaciju vode i osigurava mikrobiološku ispravnost vode tijekom njene distribucije putem vodoopskrbnog sustava. Prisutnost rezidualnog klora također je i indikator učinkovite dezinfekcije vode, a ravnotežna koncentracija slobodnog rezidualnog klora u vodi ovisi prije svega o kemijskom i mikrobiološkom sastavu i temperaturi vode (Habuda-Stanić i sur., 2013). Tijekom ispitivanog petogodišnjeg razdoblja zabilježene koncentracije slobodnog rezidualnog klora bile su u rasponu od 0,03 do 0,4 mg/L. U Tablici 1 prikazane su prosječne vrijednosti koncentracija slobodnog rezidualnog klora tijekom pojedinih godišnjih doba u razdoblju od 2011. do 2015. godine. Vrijednosti su se kretale od 0,15 do 0,24 mg/L tijekom zimskih mjeseci, od 0,22 do 0,25 mg/L tijekom proljetnih mjeseci, od 0,14 do 0,22 mg/L tijekom ljetnih mjeseci te od 0,18 do 0,25 mg/L slobodnog rezidualnog klora tijekom jesenjih mjeseci.

Tablica 1. Prikaz prosječnih vrijednosti koncentracija slobodnog rezidualnog klora u razdoblju od 2011. do 2015. godine tijekom pojedinog godišnjeg doba

Table 1. Average concentration levels of free residual chlorine in the period from 2011 to 2015 during specific seasons

godina	SLOBODNI REZIDUALNI KLOR (mg/L)			
	zima	proljeće	ljetno	jesen
2011.	0,19	0,25	0,14	0,21
2012.	0,17	0,24	0,17	0,25
2013.	0,15	0,22	0,21	0,18
2014.	0,24	0,23	0,18	0,19
2015.	0,21	0,25	0,22	0,21
<i>prosječna vrijednost</i>	0,192	0,238	0,184	0,208

Iz prikazanih vrijednosti prosječnih vrijednosti koncentracija slobodnog rezidualnog klora u vodi uzorkovanoj iz vodoopskrbnog sustava po pojedinim godišnjim dobima (Tablica 1) uočava se da se najmanje vrijednosti slobodnog rezidualnog klora bilježe tijekom zimskih i ljetnih mjeseci. Navedena povezanost smanjenja koncentracije SRK i dijela godine uzrokovana je promjenom u kemijskom i mikrobiološkom sastavu sirove vode tijekom zimskih mjeseci, odnosno porastom temperature vode tijekom ljetnih mjeseci. Naime, uslijed krškog tla sastavljenog od mikroporoznih stijena kalcijeva i magnezijeva karbonata, tijekom zimskih mjeseci dolazi do intenzivnijeg procjeđivanja padalina u podzemne vodonosnike što se najčešće manifestira u obliku povećanja koncentracije organskih tvari i broja mikroorganizama, odnosno zamućenja sirove podzemne vode (Bonacci, 2017). Navedena promjena kakvoće sirove vode povećava utrošak klora, jer, osim što se povećava ukupni broj mikroorganizama, uslijed intenzivnijeg procjeđivanja voda dolazi i do povećanja količine organskih tvari koje reagiraju s klorom te smanjuju ravnotežnu koncentraciju slobodnog rezidualnog klora. S druge

Topic: Food safety / Sekcija: Zdravstvena sigurnost hrane

strane, tijekom ljetnih mjeseci, prosječna temperatura vode u vodoopskrbnom sustavu povećava se prosječno za 2 do 3 °C što utječe na povećanu reaktivnost i potrošnju klora (Nouri i sur., 2015).

Tablica 2. Prikaz vrijednosti mikrobioloških parametara uzoraka vode iz vodoopskrbnog sustava Jaruga koji nisu bili u skladu s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 125/13, 141/13, 128/15) tijekom razdoblja 2011.-2015. godine.

Table 2. The values of microbiological parameters of water samples from the water supply system Jaruga that failed to comply to the provisions of the Ordinance on the Compliance Parameters and Analysis Methods for Water Used for Human Consumption (MZ HR, Official Gazette of the Republic of Croatia 125/13, 141/13, 128/15) during the period 2011-2015

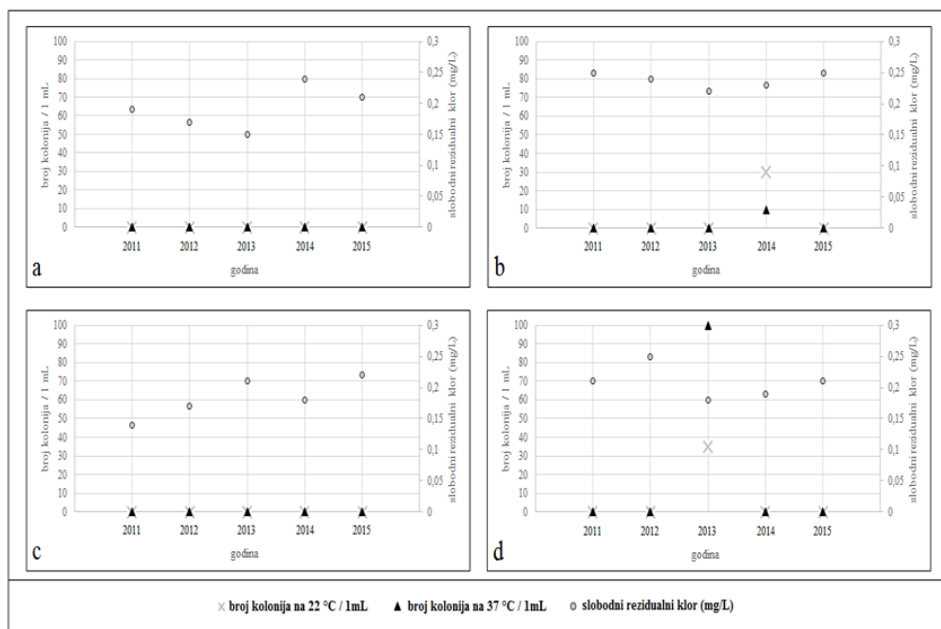
Uzorak	Broj kolonija na 22°C /100 mL	Broj kolonija na 37°C/ 100 mL	Ukupni koliformi /100 mL	<i>E. coli</i> /100 mL	Enterokoki /100 mL	<i>C. perfringens</i> /100 mL	<i>P. aeruginosa</i> /100 mL
M.D.K.*	100	20	0	0	0	0	0
2011. godina							
1	800	80	16	2	5	3	25
2	200	1000	10	-	-	-	26
3	750	800	13	-	-	-	-
4	15	800	-	-	-	-	-
5	180	40	-	-	-	-	-
6	-	200	-	-	-	-	-
2012. godina							
1	-	80	10	2	-	-	37
2	-	-	22	-	-	-	15
2013. godina							
1	410	400	47	17	35	12	4
2	150	60	8	9	12	-	20
3	190	250	25	-	-	-	8
4	120	50	31	-	-	-	-
2014. godina							
1	130	>300	5	1	-	-	8
2	>300	-	5	9	-	-	24
3	-	-	56	5	-	-	40
4	-	-	15	-	-	-	-
2015. godina							
1	-	50	-	-	-	-	27

* maksimalno dozvoljen broj prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 125/13, 141/13, 128/15)

Uz koncentracije slobodnog rezidualnog klora, učinkovitost dezinfekcije vode iz šibenskog vodoopskrbnog sustava tijekom ispitivanog razdoblja praćena je i određivanjem mikrobioloških parametara: broj kolonija na 22 °C i broj kolonija na 37 °C, ukupni koliformi, *Escherichia coli*, enterokoki, *Clostridium perfringens* i *Pseudomonas aeruginosa*. Rezultati analiza pokazuju mikrobiološku ispravnost 99,07 %, od ukupno ispitanih 1835 uzoraka. Pri tome je 2011. godine, od ukupno 418 ispitanih, 6 uzoraka vode bilo zdravstveno neispravno u

Topic: Food safety / Sekcija: Zdravstvena sigurnost hrane

pogledu mikrobioloških parametara. 2012. godine od 426 uzoraka, odredbama Pravilnika u pogledu mikrobioloških parametara nisu odgovarala 2 uzorka, 2013. godine od 357 ispitana uzorka nisu odgovarala 4 uzorka, a identičan broj nesukladnih uzoraka utvrđen je i 2014. godine kada je ukupno analizirano 309 uzoraka vode. 2015. godine samo jedan analiziran uzorak vode iz vodoopskrbnog sustava Jaruga nije bio mikrobiološki ispravan.



Slika 2. Usporedba prosječnih koncentracija slobodnog rezidualnog klora i prosječnih broja kolonija na 22 °C i 37 °C tijekom pojedinih godišnjih doba u razdoblju od 2011. do 2015. godine (a - zima, b - proljeće, c - ljeto, d - jesen).

Fig. 2. Comparison of average concentrations of free residual chlorine and the average number of colonies at 22 °C and 37 °C during specific seasons, in the period from 2011 to 2015 (a - winter, b - spring, c - summer, d - autumn)

U Tablici 2 prikazane su utvrđene vrijednosti pojedinih mikrobioloških parametara uzoraka vode za ljudsku potrošnju uzorkovane iz vodoopskrbnog sustava Jaruga koji nisu bili u skladu s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 125/13, 141/13, 128/15) tijekom ispitivanog petogodišnjeg razdoblja (2011.-2015. godina).

Grupiranjem prosječnih vrijednosti koncentracije slobodnog rezidualnog klora i prosječnog broja kolonija na 22 °C i 37 °C ovisno o dijelu godine, odnosno o godišnjem dobu tijekom ispitivanog petogodišnjeg razdoblja, praćena je učinkovitost dezinfekcije vode iz šibenskog vodoopskrbnog sustava Jaruga (Slika 2).

Rezultati analiza pokazuju mikrobiološku ispravnost i odsutnost aerobnih mikroorganizama u 99,07%, od ukupno ispitanih 1835 uzoraka. Povišene vrijednosti broja kolonija na 22 °C i 37 °C zabilježene su tijekom jesenskih mjeseci 2013. i proljetnih mjeseci 2014. godine. Tijekom

ostalnih mjeseci i godišnjih doba u razdoblju 2011.-2015., ispitani uzorci vode za ljudsku potrošnju, uzorkovani iz vodoopskrbnog sustava Jaruga, imali su vrijednosti broja kolonija na 22 °C i 37 °C manje od maksimalno dozvoljenog broja prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 125/13, 141/13, 128/15). Odsutnost aerobnih mikroorganizama u većini ispitanih uzoraka vode ukazuje na visoku kakvoću sirove vode, učinkovit proces dezinfekcije vode te pravilno održavanje vodoopskrbnog sustava Jaruga. Kako je kod uzoraka uzorkovanih tijekom jesenskih mjeseci 2013. i proljetnih mjeseci 2014. godine mjeseci, kada je zabilježena nesukladnost uzoraka s Pravilnikom, zabilježena i prisutnost slobodnog rezidualnog klora, može se zaključiti kako je pojava mikroorganizama posljedica naknadne kontaminacije vode u vodoopskrbnoj mreži uslijed oštećenja cjevovoda.

ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je učinkovitost dezinfekcije vode za ljudsku potrošnju koja se vodoopskrbnim sustavom Jaruga isporučuje stanovnicima grada Šibenika tijekom razdoblja 2011.-2015. godine. Uzorkovano je ukupno 1835 uzoraka s ciljem utvrđivanja učinkovitosti dezinfekcije i mikrobiološke ispravnosti vode. Pri tome su praćene koncentracije slobodnog rezidualnog klora te vrijednosti mikrobioloških parametara zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju. Grupiranjem pojedinih podataka utvrdila se i povezanost kakvoće vode u vodoopskrbnom sustavu i pojedinog dijela godine.

Na osnovi obrade rezultata mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Vrijednosti koncentracija rezidualnog slobodnog klora u analiziranim uzorcima bile su u skladu s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 125/13, 141/13, 128/15) i nisu prelazile Pravilnikom zadanu MDK vrijednost od 0,5 mg/L.
- Od ukupno 1835 ispitanih uzoraka, sedamnaest uzoraka (<0,1%) nije bilo u skladu s odredbama Pravilnika (NN 125/13, 141/13, 128/15). Pri tome je najčešći uzrok nesukladnosti kakvoće vode s navedenim Pravilnikom bio povišeni broj kolonija na 37 °C (13 uzoraka) te pojavnost ukupnih koliforma (13 uzoraka).
- U jedanaest, od ukupno 1835 analiziranih uzoraka, zabilježena nedozvoljena pojavnost *Pseudomonas aeruginosa*, u 10 uzoraka nedozvoljeni broj kolonija na 22 °C, dok je u 7 uzoraka zabilježena pojavnost *Esherihia coli*. Pojavnost enterokoka i *Clostridium perfringens* bio je najrjeđi razlog nesukladnosti uzoraka, u tri, odnosno dva analizirana uzorka.
- Koncentracije slobodnog rezidualnog klora tijekom razdoblja 2011.-2015. ovisile su o dijelu godine. Najmanje prosječne koncentracije slobodnog rezidualnog klora zabilježene su, uslijed promjene kakvoće vode, tijekom ljetnih i zimskih mjeseci.

Usprkos oscilacijama ravnotežnih koncentracija slobodnog rezidualnog klora i zabilježenim nesukladnim uzorcima vode iz vodoopskrbnog sustava Jaruga, može se zaključiti da je učinkovitost dezinfekcije dobra, a mikrobiološka kakvoća vode za ljudsku potrošnju vodoopskrbnog sustava Jaruga iznimna jer je više od 99% ispitanih uzoraka tijekom ispitivanog petogodišnjeg razdoblja bilo u skladu s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 125/13, 141/13, 128/15).

LITERATURA

- Bonacci, O. (2016): Hidrološka analiza pojave mutnoće na izvorima u kršu : interpretacija podataka mjerenih na izvoru Omble. *Hrvatske vode* 24, 47-57.
- Habuda- Stanić, M., Santo, V., Sikora, M., Benkotić, S. (2013): Microbiological quality of drinking water in public and municipal drinking water supply systems in Osijek Baranja County. *Croatian Journal of Food Science and Technology* 5 (2) 61-69.
- HS, Hrvatski Sabor: Zakon o vodi za ljudsku potrošnju, NN 125/13, 65/15, 104/17.
- Jurković, I. (2016): Učinkovitost dezinfekcije vode za ljudsku potrošnju u vodoopskrbnom sustavu grada Šibenika, Specijalistički rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek.
- Lee, O., Kim, H.Y., Park, W., Kim, T-H., Yu, S. (2015): A comparative study of disinfection efficiency and regrowth control of microorganism in secondary wastewater effluent using UV, ozone, and ionizing irradiation process. *Journal of Hazard Materals* 295 201–208.
- Mijatović, I., Matošić, M. (2008): Tehnologija vode. Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- MZ RH, Ministarstvo zdravstva Republike Hrvatske: Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju, Narodne novine, 125/13, 141/13, 128/15
- Nalco (2005): Nalkov priručnik za vodu. Građevinska knjiga, Beograd.
- Nouri, A., Shahmoradi, B., Dehestani-Athar, S., Maleki, A. (2015): Effect of temperature on pH, turbidity, and residual free chlorine in Sanandaj Water Distribution Network, Iran. *Journal of Advances in Environmental Health Research* 3 (3), 188-195.
- Valić, F. (2001): Zdravstvena ekologija. Medicinska naklada, Zagreb.
- Vuković, Ž. (1996): Osnove hidrotehnike. Druga knjiga, Zagreb.
- Zavod za javno zdravstvo Šibensko-kninske županije. <http://www.zzjz-sibenik.hr> [2.11.2017.].

THE EFFICIENCY OF DISINFECTION AND THE MICROBIOLOGICAL QUALITY OF DRINKING WATER IN THE TOWN OF ŠIBENIK

Mirna Habuda-Stanić¹, Lidija Bujas², Ivana Jurković³, Branka Unić Klarin²

¹*Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek, Hrvatska*

²*Zavod za javno zdravstvo Šibensko-kninske županije, Matije Gupca 74, Šibenik, Hrvatska*

³*Medicinska škola Šibenik, Ante Šupuka bb, Šibenik, Hrvatska*

Quality of drinking water is influenced by many factors, primarily by the source (well, lake, river), processing and sanitary conditions in water-supply system and infrastructure.

Safe drinking water (a) is free of presence of microorganisms, parasites and their developmental forms in numbers that pose a risk for human health, (b) is free of harmful compounds in concentrations that individually or in combination pose a risk for human health, (c) in accordance with parameters of quality defined by Croatian laws (MZ HR, NN 56/13, 65/15, 104/17) and by-laws (MZ HR, NN 125/13, 141/13, 128/15).

The aim of this research was to evaluate efficiency of disinfection and microbial quality of drinking water supplied by water-supply system Jaruga to Šibenik residents. The data on free and bound chlorine and microbial parameters (colony count at 22 °C and 37 °C, total coliforms, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *enterococci*) collected during 5-year period (2011-2015) were analysed. Disinfection efficiency was established by grouping of values, depending on season, since water is collected from the wells that are influenced by rainfall due to geological properties.

Keywords: water for human consumption, disinfection, chlorination, town of Šibenik