Učinkovitost dezinfekcije vode za ljudsku potrošnju u vodoopskrbnom sustavu grada Šibenika

Jurković, Ivana

Professional thesis / Završni specijalistički

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:576287

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

REPOZITORIJ PTFOS PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Ivana Jurković

UČINKOVITOST DEZINFEKCIJE VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU U VODOOPSKRBNOM SUSTAVU GRADA ŠIBENIKA

SPECIJALISTIČKI RAD

Osijek, rujan 2016.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

SPECIJALISTIČKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno –tehnološki fakultet Osijek
Zavod za primjenjenu kemiju i ekologiju
Katedra za kemiju i ekologiju
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Poslijediplomski specijalistički studij Sigurnost i kvaliteta hrane
Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija
Nastavni predmet: Higijena i sanitacija

Tema rada je prihvaćena na VIII. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2015./2016. održanoj 31. svibnja 2016.
Rad je izrađen u Zavodu za javno zdravstvo Šibensko-kninske županije
Mentor: doc. dr. sc. *Mirna Habuda-Stanić*
Pomoć pri izradi: *Lidija Bujas,* dipl.ing.

Učinkovitost dezinfekcije vode za ljudsku potrošnju u vodoopskrbnom sustavu grada Šibenika

Ivana Jurković, 29/S-07

Sažetak: Cilj ovog rada bio je statističkom obradom analitičkih izvješća o kakvoći vode za ljudsku potrošnju uzorkovanoj iz vodoopskrbnog sustava grada Šibenika tijekom petogodišnjeg razdoblja (2011.-2015.) utvrditi učinkovitost dezinfekcije i mikrobiološku ispravnost vode koja se distribuirala potrošačima putem vodoopskrbnog sustava grada Šibenika. Analizirali su se dobiveni podaci o koncentraciji slobodnog klora te pojavnosti mikrobioloških parametara: broj kolonija na 22 °C i broj kolonija na 37 °C. Korelacijom i grupiranjem dobivenih podataka ovisno o dijelu godine, utvrdila se i ovisnost kakvoće vode u vodoopskrbnom sustavu o godišnjem dobu s obzirom da temperatura vode i zraka značajno utječu na ispravnost vode za piće.

Ključne riječi: vodoopskrbni sustav grada Šibenika, učinkovitost dezinfekcije, broj kolonija i slobodni rezidualni klor

Rad sadrži: 58 stranica
21 sliku
15 tablica
0 priloga
23 literaturne reference

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav Povjerenstvo za ocjenu i obranu Specijalističkog rada:

1.	izv. prof. dr. sc. *Đurđica Ačkar*	predsjednik
2.	doc. dr. sc. *Mirna Habuda-Stanić*	član-mentor
3.	doc. dr. sc. *Dajana Gašo-Sokač*	član
4.	izv. prof. dr. sc. *Lidija Jakobek*	zamjena člana

Datum obrane: 26. rujna, 2016.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

POSTGRADUATE SPECIALIST THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of of Applied Chemistry and Ecology
Subdepartment of Chemistry and Ecology
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

Postgraduate specialist study: Food safety and quality
Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Food technology
Course title: Hygiene i sanitation
Thesis subject was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Councilat its session no. VIII held on May, 31, 2016.
Mentor: *Mirna Habuda-Stanić*, doc. PhD, assistant prof.
Technical assistance: *Lidija Bujas*, B. Sc.

The effectiveness of the disinfection of water for human consumption in water supply system of the city of Sibenik

Ivana Jurković, S-07

Summary: The aim of this study was statistical data processing of analytical reports on the quality of water for human consumption sampled from the water supply system of the city of Sibenik during the five-year period (2011th-2015th). The statistical dana processing was conducted in order to determine the effectiveness of disinfection and microbiological quality of water distributed to consumers through the water supply system of the city of Sibenik. The values of the free chlorine concentration and incidence of the microbiological parameters such as colony count at 22 °C and 37 °C has been analyzed. The correlations among data i.e. values of mesaured parameters was conducted due to depending on the year, has been determined by the dependence of water quality in the water supply system of the season due to water temperature and air significantly affect the quality of drinking water .

Key words: quality of water, watersupply system, city of Sibenik, colony count, residual free chlorine

Original in: Croatian

Thesis contains: 58 pages
21 figures
15 table
0 supplements
23 references

Defense committee:

1. *Đurđica Ačkar*, PhD, Associate Prof. — chair person
2. *Mirna Habuda-Stanić*, PhD, Assistant Prof. — supervisor
3. *Dajana Gašo-Sokač*, PhD, Assistant Prof. — member
4. *Lidija Jakobek*, PhD, Associate Prof. — stand in

Defense date: September 26, 2016.

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

Zahvaljujem se svojoj mentorici, doc.dr.sc. Mirni Habuda-Stanić, na predloženoj temi, nesebičnoj pomoći pri izradi, strpljivosti, uloženom vremenu, savjetovanju i podršci. Njoj dugujem najveću zahvalnost i od srca VELIKO HVALA.

Zahvaljujem se prof.dr.sc. Ljiljani Primorac, na uloženom trudu i pomoći oko odabira teme za specijalistički rad.

Zahvaljujem se ravnateljici Zavoda za javno zdravstvo Šibensko-kninske županije, dr. Suzi Vatavuk što mi je omogućila izradu praktičnog rada u Zavodu.

Zahvaljujem se dipl.ing. Lidiji Bujas, voditeljici Službe za ekologiju Zavoda za javno zdravstvo Šibensko-kninske županije, na susretljivosti, uloženom vremenu i pomoći pri izradi praktičnog dijela rada.

Mojim prijateljima Martinu i Suzani, veliko hvala na nesebičnoj pomoći pri pisanju rada.
Hvala mojoj obitelji na svemu.

Sadržaj

1. UVOD **1**

2. TEORIJSKI DIO **4**

2.1. OPSKRBA VODOM **5**

2.1.1. Vodopskrbni sustav 5

2.1.2. Vodoopskrbni sustav grada Šibenika kroz povijest 5

2.1.3. Vodoopskrbni sustav grada Šibenika danas 6

2.1.4. Izvorišta 9

2.1.5. Izvorišta na području Šibenika i Šibensko-kninske županije

2.1.6. Prirodna obilježja Šibensko kninske županije 15

2.2. KAKVOĆA VODE ZA PIĆE **16**

2.2.1. Analiza vode za piće 17

2.2.2. Mikrobiološki aspekti onečišćenja vode 20

2.3. DEZINFEKCIJA VODE **23**

2.3.1. Klor kao dezinfekcijsko sredstvo 25

2.3.2. Rezidualni klor 26

2.4. MIKROBIOLOŠKI INDIKATORI **29**

2.4.1. Broj kolonija na 22 °C i 37 °C 29

3. EKSPERIMENTALNI DIO **30**

3.1. ZADATAK **31**

3.2. MATERIJALI I METODE **31**

3.2.1. Uzorkovanje vode za analizu 32

3.2.2. Koncentracija slobodnog klora 33

3.2.3. Broj kolonija na 22 °C i 37 °C 33

3.2.4. Statistička obrada podataka analitičkih izvješća 34

4.REZULTATI I RASPRAVA **36**

4.1. UTJECAJ DIJELA GODINE NA UČINKOVITOST DEZINFEKCIJE VODE **47**

5. ZAKLJUČCI **54**

6.LITERATURA **56**

1. UVOD

Opskrba stanovništva zdravstveno ispravnom vodom za ljudsku potrošnju je složen zadatak koji ovisi o mnogo čimbenika. To su prvenstveno kakvoća vode na mjestu njena zahvaćanja u prirodi (vode izvora, bunara, jezera, vodotoka), način pročišćavanja vode te sanitarno-tehnički i higijenski uvjeti u vodoopskrbnim objektima i pratećoj infrastrukturi. Zdravstveno ispravnom vodom za ljudsku potrošnju smatra se voda koja ne sadrži mikroorganizme, parazite i njihove razvojne oblike u broju koji predstavlja opasnost za zdravlje ljudi, ne sadrži štetne tvari u koncentracijama koje same ili zajedno s drugim tvarima predstavljaju opasnost za zdravlje ljudi te ne prelazi vrijednosti parametara zdravstvene ispravnosti vode koji su propisani Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 56/13, 64/15), odnosno Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 125/13, 141/13, 128/15).

Stanovništvo grada Šibenika opskrbljuje se vodom za piće koja se iz podzemlja crpi na pet izvorišta (Jaruga, Torak, Jandrići, Kovča i Miljacka) te se u pogonu tvrtke Vodovod i odvodnja d.o.o. Šibenik metodom filtracije i dezinfekcije dovodi do kvalitete vode za piće sukladne Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ HR, NN 56/13, 64/15). Postotak priključenosti stanovništva na sustave javne vodoopskrbe na području Šibensko-kninske županije je približno 85%. Glavni vodni resursi u županiji su podzemni izvori, s vodom uglavnom visoke kakvoće, ali zbog krškog terena vrlo osjetljivom na hidrološke prilike. U preradi vode većina vodovoda koristi samo proces kloriranja vode. Kontrolu zdravstvene ispravnosti vode za piće na području Šibensko-kninske županije i grada Šibenika provodi Služba za ekologiju Zavoda za javno zdravstvo Šibensko-kninske županije. Uzorci vode uzimaju se uglavnomu javnim objektima kao što su škole, vrtići i ugostiteljski objekti (www.zzjz-sibenik.hr).

Cilj ovog rada bio je statističkom obradom analitičkih izvješća o kakvoći vode za ljudsku potrošnju uzorkovanoj iz vodoopskrbnog sustava grada Šibenika tijekom petogodišnjeg razdoblja (2011. – 2015. godine) utvrditi učinkovitost dezinfekcije i mikrobiološku ispravnost vode koja se distribuirala potrošačima putem vodoopskrbnog sustava grada Šibenika. Analizirali su se dobiveni podaci o koncentraciji slobodnog klora te pojavnosti mikrobioloških parametara i to broj kolonija na 22 °C i broj kolonija na 37 °C. Korelacijom i grupiranjem dobivenih podataka ovisno o dijelu godine, utvrdila se i ovisnost kakvoće vode u

vodoopskrbnom sustavu o godišnjem dobu s obzirom da temperatura vode i zraka značajno utječu na ispravnost vode za piće.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. OPSKRBA VODOM

Opskrba vodom, vodoopskrba ili vodovod je sustav objekata i mjera za osiguranje potreba vodom raznih potrošača. Među mnogim granama suvremene tehnike usmjerene k povećanju životnog standarda, urbanizaciji naselja i razvoj industrije, vodoopskrba zauzima istaknuto mjesto. Opskrba stanovništva zdravstveno ispravnom vodom ima prvenstveno veliki značaj za zdravlje pučanstva jer štiti ljude od raznih tzv. hidričnih bolesti koje se prenose vodom.

Osiguranjem i dovođenjem dovoljne količine vode u naseljeno mjesto omogućuje se podizanje općeg životnog standarda čovjeka i uređenje njegovog okoliša. Potrošnja vode utoliko je veća ukoliko je voda dostupnija. Da bi se zadovoljile današnje potrebe višemilijunskih gradova i prateće industrije, potrebne su znatne količine vode, koje se dnevno mjere milijunima kubnih metara. S ciljem osiguranja potrebnih količina vode, naročita pažnja se posvećuje izboru prirodnih izvorišta, kao i njihovoj zaštiti od zagađenja te eventualnoj potrebi poboljšanja kvalitete vode (kondicioniranje vode na uređajima za preradu vode).

Danas je u svijetu zdravstveno-ispravna voda sve manje dostupna, uglavnom zbog kontinuiranog ispuštanja nepročišćenih otpadnih industrijskih i kućanskih voda. S druge strane, sve je veća potražnja i potrošnja novih količina vode zbog povećanja broja stanovnika i kapaciteta industrije, poljoprivrede, energetike i drugih ljudskih aktivnosti.

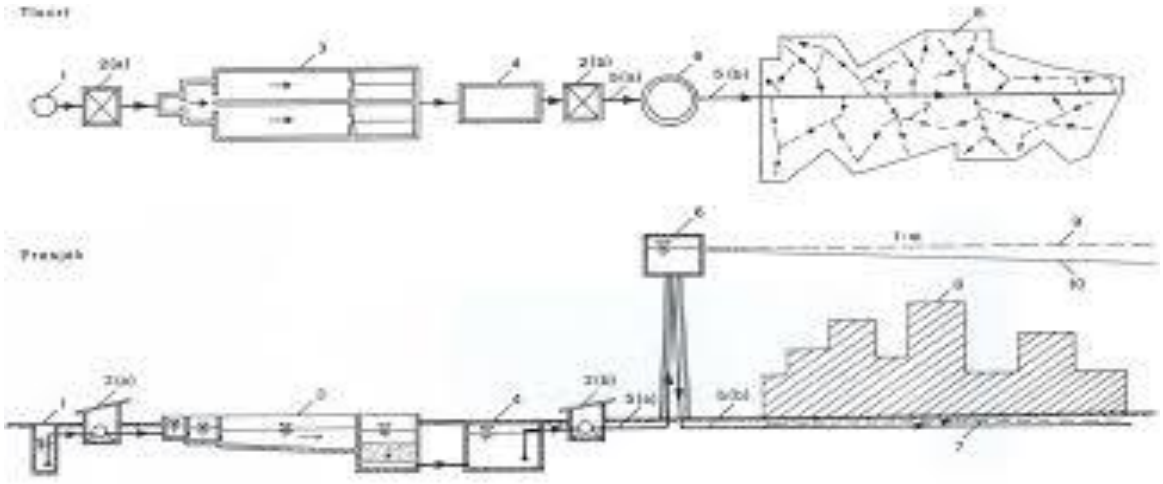
2.1.1. Vodopskrbni sustav

Vodoopskrbni sustav je sustav objekata i mjera povezanih u funkcionalnu cjelinu s osnovnim ciljem osiguranja dovoljne količine zdravstveno ispravne vode na što ekonomičniji način.

Vodoopskrbni sustav (Slika 1) najčešće čine sljedeće glavne grupe objekata:

1. vodozahvati, kojima se voda zahvaća (kaptira) iz prirodnih izvorišta,
2. crpne stanice (pumpne stanice), kojima se voda crpi i potiskuje ili od izvorišta do mjesta kondicioniranja, spremanja, potrošnje i sl., ili između pojedinih objekata vodoopskrbnog sustava,
3. uređaji za kondicioniranje vode, kojima se postiže zahtijevana kvaliteta vode;
4. vodospreme (rezervoari), koje imaju ulogu regulacijskih i pospremnih objekata u sustavu vodoopskrbe,

5. glavna (magistralna) i razdjelna (distributivna) vodoopskrbna ili vodovodna mreža, s pratećimobjektima kojima se voda transportira između pojedinih objekata vodoopskrbnog sustava (glavna mreža) i distribuira potrošačima (razdjelna mreža) (Vuković, 2016).



Slika 1. Definicijska shema vodoopskrbnog sustava (Vuković, 2016)

2.1.2. Vodoopskrbni sustav grada Šibenika kroz povijest

Grad Šibenik su osnovali i naselili doseljeni Hrvati koji su obrađivali plodno kraško Gornje i Donje polje. Naselili su se na zapadnom rubu tog područja, na kamenoj uzvisini sedam do desetak metara nad morem, na sjevernoj strani prostrane prirodne luke. U početku je ta utvrda bila samo administrativno, vjersko i obrambeno središte. No, kako se grad Šibenik postupno razvijao i jačao, njegov geografski položaj je s vremenom počeo pokazivati i svoje mane - nedostatak vode za piće (Nadilo, 2000).

Zbog toga je vodoopskrba bila najveći gradski problem koji je riješen krajem 19. stoljeća puštanjem u rad vodoopskrbnog sustava. Do tada se pučanstvo Šibenika opskrbljivalo gotovo isključivo kišnicom. U isto vrijeme poticana je i gradnja velikih javnih cisterna, poput najveće, a sada spomeničke građevine Četiri bunara (*Cisterna magna, Quatro pozzi*) koja je izgrađena uz hrid s gradskim grebenom u blizini katedrale 1453. godine. Navedena cisterna mogla je primiti 1900 prostornih metara vode. No, po izgradnji i uporabi navedene cisterne, nije riješen problem nestašice vode u gradu, a u ekstremnim uvjetima nestanka vode, stanovništo je bilo primorano rabiti boćatu vodu koja se u gradu mogla zahvaćati na nekoliko mjesta. Za duge mletačke vladavine voda se u grad dopremala i iz Vodica, koje su upravo po

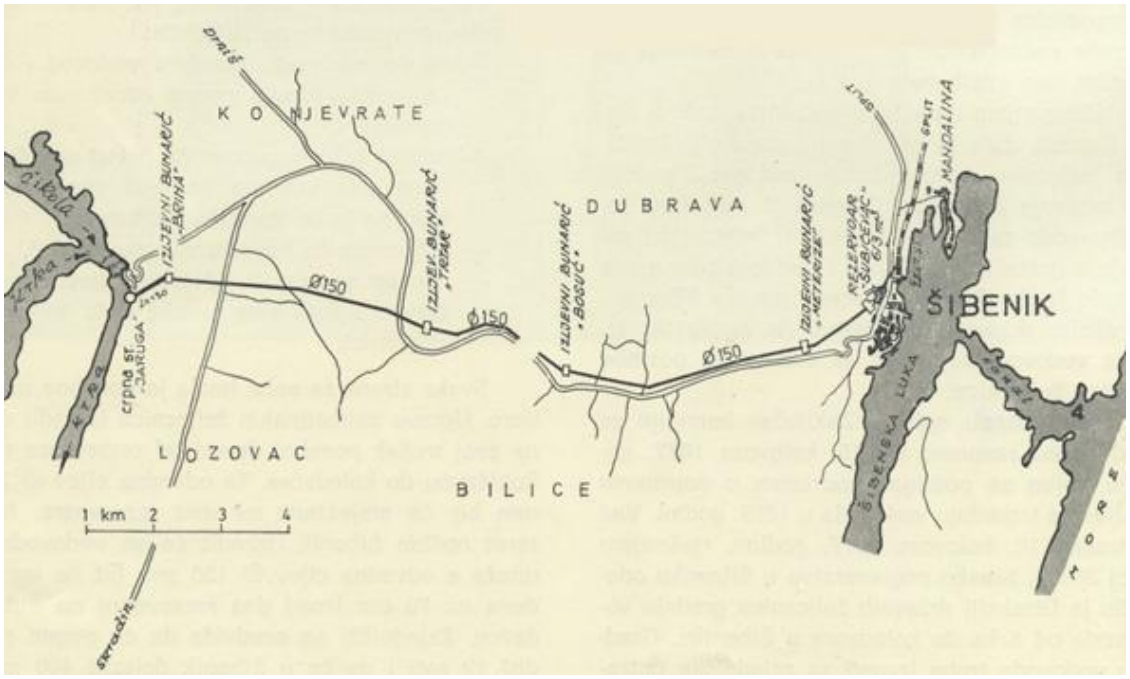
brojnim izvorima slatke vode u svom polju i dobile ime. No ta su izvorišta dugo vremena ugrožavali Turci pa je doprema vode u grad bila ne samo skup nego i opasan posao (Nadilo, 2000).

Pravo se rješenje tog velikog gradskog problema pojavilo tek s izgradnjom željezničke pruge Zagreb-Split, s ogrankom Perković-Šibenik. Zalaganjem ondašnjega i danas slavljenog načelnika općine Ante Šupuka, upravitelj Državnih željeznica Julius Lott dao je prednost Šibeniku za lociranje ložionice. Osiguranje potrebne količine vode za parne lokomotive, za željezničku postaju s pratećim objektima i za gradsku vodoopskrbu dovelo je do dogovora šibenske općine i željezničke uprave o zajedničkoj gradnji vodovoda od rijeke Krke koji se gradio 1878. i 1879. godine (Nadilo, 2000).

Projektant je bio mjernik Wurm iz Beča koji je ujedno bio i glavni izvoditelj radova, a u gradnji se spominju i nadzornik Plata te mjernici Patschacher i Meyer. Vodozahvat je bio na izvorištu Jaruga podno Skradinskog buka na lijevoj obali Krke, gdje je i danas glavno izvorište za opskrbu cijele Šibensko-kninske županije (slika 2.) Uz vrelo je locirana crpna stanica s dva hidraulična stroja Filipa Meyera iz Beča (kapaciteta po 9,3 L/s) pokretana hidroenergijom. Za dovod pogonske vode izrađen je zahvat na lijevoj obali rijeke iznad slapova. Voda je tlačnim vodovodom dolazila do izljevnih bunarića na visoravni Brina na 164,3 metara nad morem, a odatle gravitacijskim vodovodom u četiri dionice do vodospreme Šubićevac u ukupnoj duljini od 9477 m. Istodobno je građena i vodovodna gradska mreža duga 2600 m, a do svečanog puštanja vodovoda u rad 12. svibnja 1879. godine bilo je izvedeno 300 priključaka i 6 javnih česmi (Nadilo, 2000).

Dovodom vode postavljeni su temeljni uvjeti za razvoj privrede i trgovine te je broj stanovnika u gradu Šibeniku naglo rastao, a dostupna količina vode od 800 m^3 dnevno za pučanstvo i željeznicu vrlo brzo se pokazala nedostatna, a značajan je bio i gubitak vode u mreži. Već su početkom 20. stoljeća u ljetnim mjesecima zabilježene velike redukcije vode koja se dnevno puštala u sustav samo po nekoliko sati. Stoga je općinska uprava, koja je u međuvremenu od željeznice preuzela upravljanje vodovodom, naručila projekt rekonstrukcije koji je s mnogim izmjenama dovršen 1918. godine. U razdoblju od 1928. do 1930. godine izvršena je kompletna rekonstrukcija gravitacijskog cjevovoda, crpnog postrojenja i dovoda pogonske vode, a do Drugoga svjetskog rata rekonstruirana je gradska mreža i dio crpnog postrojenja. Nakon Drugoga svjetskog rata, u skladu s naraslim potrebama grada, gradnjom velikih industrijskih kapaciteta te razvitkom turizma, prošireno

je crpno postrojenje na zahvatu Jaruga (sadašnji je kapacitet 900 L/s) i značajno proširena i produžena vodovodna mreža, posebno prema turističkim naseljima na obali. No još je 1967. godine gradska uprava zaključila da se mora pronaći novo rješenje za dugoročnu vodoopskrbu jer se uslijed razvoja turizma povećala potreba za vodom u ljetnim mjesecima, upravo kada je najkritičnija izdašnost postojećih izvorišta. Nakon dugih rasprava i analiza zaključeno je, da je za dugoročno rješavanje vodoopskrbe primorja i zaobalja nužan zahvat vode u Visovačkom jezeru s uređajem za pročišćavanje na platou Lozovca kao ishodištem svih sustava povezanih s izvorištem Jaruga. Domovinski rat i nestašice vode u opkoljenom Zadru potaknuli su izgradnju magistralnog cjevovoda i povezivanje šibenskoga i zadarskoga vodoopskrbnog sustava (slika 3). Time je šibenski sustav značajno produžen, a povezivanje svih vodoopskrbnih sustava u Hrvatskoj postalo je strateško pitanje radi sigurne opskrbe vodom i u najtežim okolnostima (Nadilo, 2000).



Slika 2. Prvi javni vodovod Šibenik (www.sibenik.hr)



Slika 3. Budući vodoopskrbni sustav Lika-Zadar-Šibenik (http://www.coprogram.com/documentation/sjevernadalmacija2.pdf)

2.1.3. Vodoopskrbni sustav grada Šibenika danas

Trgovačko društvo Vodovod i odvodnja Šibenik d.o.o. registrirano je za djelatnosti opskrbe vodom za ljudsku potrošnju te odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda. Vlasnici društva su jedinice lokalne i područne samouprave (Grad Šibenik, Grad Drniš, Općina Primošten, Grad Skradin, Općina Tisno, Grad Vodice, Općina Unešić, Općina Primorski Dolac, Općina Prgomet, Općina Lećevica). Vodoopskrbni sustav šibenskog područja čini jedinstvenu cjelinu kojoj je izvorište Jaruga glavno snabdijevalište vodom. Izvorište Jaruga sastoji se od tri crpne stanice:

Jaruga I, Jaruga II i Jaruga III. Stara izvorišta Torak, Kovča, Jandrići I i II koriste se samo u vrijeme povećane potrošnje vode (www.vodovodsib.hr).

Uz opskrbu vodom za ljudsku potrošnju, poduzeće Vodovod i odvodnja Šibenik d.o.o. bavi se i odvodnjom otpadnih voda. Iako ne postoji nekakva potvrda o početcima odvodnje u gradu Šibeniku, vođeni primjerima starih gradova u svijetu, možemo zaključiti da se odvodnja rješavala davno prije izgradnje prvog javnog vodovoda. Prije same izgradnje vodovoda, stanovništvo se koristilo bunarima i cisternama kao izvorima vode za piće što upućuje da su morali rješavati i problem odvodnje. Sva odvodnja bila je riješena ispuštanjem otpadnih voda u akvatorij gradske luke. Godine 2000. napravljena je studija utjecaja na okoliš koja postaje glavni dokument u daljnjem razvoju odvodnje. Zbog toga je izgrađen uređaj za zbrinjavanje otpadnih voda (kolektor) u svrhu pročišćavanja otpadnih voda i njihovog ispuštanja u otvoreno more. Svi dotadašnji ispusti u gradsku luku (ukupno 33), prikupljeni su i preusmjereni u kolektorske kanale. Izgrađena je crpna stanica Mulo Krka te crpna stanica Mandalina, tlačni cjevovod te kopneni i pomorski ispust.

U fazi su završni radovi na priključenju cjelokupnog grada Šibenika na kolektorski sustav što će zasigurno pridonijeti boljem i kvalitetnijem življenju te zaštiti okoliša (www.vodovodsib.hr).

2.1.4. Izvorišta

Izvorište je lokacijski definiran dio prostora s kojega se mogu dobiti određene količine vode namijenjene vodoopskrbi. U načelu, izbor izvorišta jedan je od najsloženijih i najodgovornijih zadataka kod rješavanja vodoopskrbe, budući da on u velikoj mjeri određuje karakter vodoopskrbnog sustava, a time i njegove investicijske i pogonske troškove.
Svako izvorište treba osigurati:

- potrebne količine kvalitetne vode, uzimajući u obzir porast broja stanovnika, odnosno porast potrošnje vode,
- neprekidnost vodoopskrbe,
- sanitarno – higijensku sigurnost kvalitete vode,
- što manje investicijske i pogonske troškove dobave vode,
- uklapanje u vodno gospodarenje šireg područja.

Osnovni pokazatelji vrijednosti izvorišta su kakvoća i količina vode.

Po prirodi porijekla vode, izvorišta dijelimo na:

1. Atmosferska izvorišta
2. Površinska izvorišta
3. Podzemna izvorišta (Vuković, 2016).

Atmosferska izvorišta

U ovu skupinu ubrajamo vode dobivene zahvaćanjem oborina, u prvom redu kiše, a u nekim slučajevima i snijega. U načelu, atmosferska se izvorišta koriste u nedostatku drugih izvorišta, uglavnom za manja naselja.

Površinska izvorišta

U površinska izvorišta ubrajamo:

a) rijeke,
b) jezera (prirodne akumulacije), umjetne akumulacije i kanale,
c) mora (Vuković, 2016).

Prve dvije skupine ove vrste izvorišta (rijeke, jezera, umjetne akumulacije i kanale) karakteriziraju izražene oscilacije u kakvoći vode koja izravno ovisi o jačini oborina (kiše i snijega), površinskom onečišćenju koje oborine slijevanjem ponesu sa sobom te količini otpadnih voda naselja i industrijskih pogona koje se mogu upuštati u pojedino površinsko izvorište. Uz ove opće osobine površinskih izvorišta postoje i neke posebne.

Tako je karakteristično svojstvo riječne voderelativno povišena vrijednost mutnoće (naročito u vrijeme velikih voda), veliki sadržaj organskih tvari i bakterija, a često je prisutna i obojenost. Vode jezera, umjetnih akumulacija i kanala imaju u pravilu nizak sadržaj suspendiranih tvari, dakle nisku mutnoću, izuzev priobalnih zona gdje se priodređenim meteorološkim prilikama (vjetar) mutnoća pojavljuje kao posljedica uzburkanosti vode. Jezera mogu biti vrlo kvalitetna izvorišta, naročito ako su planinskog porijekla.

Morska voda se zbog sadržaja znatnih količina mineralnih soli može u nekondicioniranom obliku jedino koristiti u tehnološkim procesima (npr. za hlađenje), za rekreacijske potrebe ili za gašenje požara. U slučaju korištenja morske vode za opskrbu stanovništva vodom za piće, morsku vodu je potrebno obraditi primjenom skupog procesa desalinizacije. Prema tome, očito je da vodu dobivenu iz površinskih izvorišta treba, u pravilu, prije distribucije

potrošačima, podvrći kondicioniranju, tako da su pored investicijskih prisutni i relativno visoki pogonski troškovi.

Podzemna izvorišta

U podzemna izvorišta ubrajamo:

a) podzemne vode sa slobodnim vodnim licem,
b) podzemne vode pod tlakom (arteške i subarteške vode),
c) izvorske vode (Vuković, 2016).

Podzemna izvorišta se općenito za vodoopskrbu smatraju najprikladnijim i to iz sljedećih razloga:

- vodonosi su slojevi najčeće površinski zaštićeni debljim slojem od izravnih onečišćenja,
- izdašne količine podzemnih voda su vrlo često prirodno filtrirane, bez prisutnosti boje i mutnoće, tj. kvaliteta vode u fizikalno – kemijskom i mikrobiološkom smislu je daleko bolja u odnosu na površinske vode te najčešće ne zahtijevaju višestruke i skupe faze kondicioniranja vode,
- podzemne vode često izbijaju na površinu, zbog čega zahvatne građevine nisu skupe,
- lokacija nalazišta podzemnih voda je najčešće povoljna (visinski i po udaljenosti) u odnosu na potrošače, tako da se voda uglavnom transportira bez većih pogonskih troškova. U pogledu kakvoće vode problematične podzemne vode mogu biti kraških izvora u slučaju kada one predstavljaju izlaz ponornica koje su, zapravo, površinske vode.

Neovisno o kojoj se vrsti izvorišta radi, potrebno je kod njegovog konačnog odabira u svrhu vodoopskrbe prikupiti opsežne geološke, hidrogeološke i geomehaničke podloge kako bi se raspolagalo s bitnim podacima o iskoristivosti i uvjetima izgradnje vodozahvatnog objekta određenog izvorišta.

Kod analize izvorišta u vidu treba imati stalno povećanje onečišćenja okoliša, a time i sve češći problem zaštite izvorišta. Zaštita izvorišta ostvaruje se organiziranjem zona zdravstvene zaštite izvorišta na slivnim područjima koje predstavljaju posebno izdvojene prostore koji obuhvaćaju izvorište i dio slivnog područja koje napaja izvorište. Na takvom je prostoru propisan zdravstveni režim koji osigurava zaštitu izvorišta od onečišćenja (zagađenja) te održava potrebnu kakvoću vode. Zato svaka projektna dokumentacija koja se odnosi na

izvorište mora, u skladu sa zakonskom regulativom, kao sastavni dio sadržavati i projekt zaštite izvorišta, elaborat zona sanitarne zaštite čija je izrada propisana Pravilnikom o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta (MZ HR, NN 66/11 i 47/13; Vuković, 2006).

2.1.5. Izvorišta na području Šibenika i Šibensko-kninske županije

Rijeka Krka je glavni je izvor vode za piće stanovništva Šibensko-kninske županije.Unutar područja nacionalnog parka „Krka", uz hidrocentralu „Jaruga" nalazi se izvorište vode s kojom se opskrbljuje veliki dio stanovništva Šibensko-kninske županije. Današnja infrastruktura rezultat je rekonstrukcija i nadogradnji prvotnog javnog vodovoda grada Šibenika, a naznačajniji zahvat na vodoopskrbnoj mreži učinjen je 1994. godine, kada je uslijed ratnih događanja i otežane opskrbe vodom za piće zadarskog područja, Vlada Republike Hrvatske donijela odluku o spajanju vodoopskrbnih mreža gradova Zadra i Šibenika. Navedena odluka u cijelosti je realizirana 1998. godine, kada je priključena vodosprema Čela čime su povezani vodoopskrbni sustavi zadarske i šibenske regije.

Za potrebe javne vodoopskrbe grada Šibenika, voda se zahvaća na izvorištima:

- izvorište Jaruga - kapacitet crpljenja 1000 L/s
- izvorište Torak - kapacitet crpljenja 50 L/s
- izvorište Jandrići - kapacitet crpljenja 35 L/s
- izvorište Kovča - kapacitet crpljenja 30 L/s
- izvorište Miljacka- kapacitet crpljenja 120 L/s

Vodoopskrbni sustav šibenskog područja čini jedinstvenu cjelinu kojoj je izvorište Jaruga, glavno izvorište sirove vode koja se preradom dovodi do kakvoće vode za piće. Izvorište Jaruga sastoji se od tri crpne stanice: Jaruga I, Jaruga II i Jaruga III. Stara izvorišta Torak, Kovča, Jandrići I i II koriste se samo u vrijeme povećane potrošnje vode (www.vodovodsib.hr).

Vodoopskrbnim sustavom grada Šibenika upravlja tvrtka Vodovod i odvodnja d.o.o. Šibenik. Stanovništvo se vodom opskrbljuje preko dva izvorišta Jaruga i Miljacka (Slika 4 i 5).

Vodom izvorišta Jaruge opskrbljuje se stanovništvo gradova Šibenika, Skradina i Vodica, obalnog dijela županije od mjesta Murtera, Pirovca do Rogoznice i Ražnja, otoci Zlarin i Prvić te naselja Dubrava, Danilo, Perković, Mirlović Zagora, Goriš, Pokrovnik, Pakovo Selo te dio

Unešića. Na šibenski vodoopskrbni sustav priključeno je ukupno 75 naselja, odnosno prema podacima iz 2001. godine, nešto više od sedamdeset i četiri tisuće stanovnika.

Trenutno su u funkciji četiri crpilišta, a prosječna količina isporučene vode za ljudsku potrošnju dnevno iznosi 55000 m^3/dan. Duljina vodoopskrbne mreže je približno 800 km, broj vodosprema je 55, a dezinfekcija vode koja se distribuira potrošačima provodi se plinovitim klorom.



Slika 4. Smještaj HE Jaruge podno Skradinskog Buka
(https://hr.wikipedia.org/wiki/Krka)

Vodom iz izvora Miljacke koji je smješten pod slapom Manojlovac opskrbljuje se stanovništvo općine Promina, naselja Oklaj i Razvođe te općina Kistanje. Na navedeni dio vodoopskrbnog sustava priključeno je ukupno 12 naselja, a prema podacima iz 2001. godine na vodoopskrbnu mrežu je priključeno približno 2000 stanovnika. Vodoopskrbni sustav priključen je najedno crpilište, sadrži dvije vodospreme, a dezinfekcija se obavlja plinovitim klorom (www.zzjz-sibenik.hr).



Slika 5. Smještaj HE Miljacka pod slapom Manojlovac
(https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrana_Miljacka)

2.1.6. Prirodna obilježja Šibensko-kninske županije

Područjem Šibensko-kninske županije dominira krš, a prevlast karbonatnih stijena i njihova tektonska razlomljenost pospješuju poniranje atmosferske vode u podzemlje.

Pod pojmom krša ili karsta podrazumijeva se geološki sastav tla koji se dominantno sastoji od čvrstih stijena s razvijenim i mnogobrojnim podzemnimkanalima, kavernama i špiljama koje se kontinuirano ili povremeno ispunjavaju podzemnom vodom. Karbonatne stijene su topljive u vodi, tako da voda mijenja strukturu stijenske mase i formirajući sistem pukotina narušava njenu kontinuiranost. Pojava i stvaranje pukotinske poroznosti u stijenskoj masi vezana je za proces nazvan karstifikacija (Gjetvaj, 2006).

Za nastajanje krša nužna su tri uvjeta (Mayer, 2004):

1. Teren mora biti izrađen od stijena relativno dobro topljivih u vodi,
2. Stijene moraju biti raspucane kako bi voda mogla prodrijeti u stijensku masu,
3. Područje se mora nalaziti u klimatskom području s relativno velikom količinom oborina.

Uz to, sredozemna klima, čije je glavno obilježje izmjena izrazito kišnih i izrazito sušnih razdoblja te velika insolacija i visoke temperature zraka, znatno utječe na isparavanje vode. U takvim uvjetima pojava površinske vode ima veliko značenje. Na području Šibensko-

kninske županije površinska se voda javlja u obliku stalnih i povremenih vodotoka i jezera. Područjem županije protječe nekoliko površinskih vodotoka, koji svi pripadaju Dalmatinskom slivu. To su rijeka Krka s pritokama Krčićem, Kosovčicom, Orašnicom i Butižnicom (u gornjem dijelu toka), Čikolom i Gudučom (u donjem, potopljenom dijelu toka) te djelomično Zrmanjom (uz sjeverozapadnu granicu županije) i Cetinom (u krajnjem sjeveroistočnom dijelu županije). Rijeka Krka izvire u podnožju planine Dinare, tri i pol kilometra sjeveroistočno od Knina, podno Topoljskog slapa (Velikog buka ili slapa Krčić), odakle se proteže do Šibenskog zaljeva u dužini od oko 72,5 km. Dužina slatkovodnog vodotoka je 49 km, bočatog 23,5 km, a ukupni pad rijeke iznosi 242 metra. Porječje Krke obuhvaća krška polja Zagore (Plavno, Kninsko, Kosovo i Petrovo polje), dio sjevernodalmatinske zaravni te šibensko zaleđe i primorje. Slivu Krke, osim spomenutih pritoka, pripadaju i podzemne vode s prostora nepoznate veličine. Površinu porječja rijeke Krke, zbog posebnosti krškog područja kojim protječe, nije moguće točno odrediti, a procjenjuje se da iznosi između 2083 i 2610 km². Sam tok rijeke Krke karakterizira niz od sedam sedrenih slapova (Bilušića buk, slap Brljan, Manojlovački slap, slap Rošnjak, Miljacka slap, Roški slap i Skradinski buk), nekoliko jezera (Brljansko, Visovačko i Prokljansko jezero) te brzaci, kanjoni, kanali i tjesnaci (Marguš i Ferić, 2002).

2.2. KAKVOĆA VODA ZA PIĆE

Voda namijenjena za ljudsku potrošnju je sva voda koja je u svojem izvornom stanju ili nakon obrade namijenjena za piće, kuhanje, pripremu hrane ili druge potrebe kućanstava, neovisno o njezinom porijeklu te neovisno o tome potječe li iz sustava javne vodoopskrbe, iz cisterni ili iz boca odnosno posuda za vodu, te sva voda koja se rabi u industrijama za proizvodnju hrane u svrhu proizvodnje, obrade, očuvanja ili stavljanja na tržište proizvoda ili tvari namijenjenih za ljudsku potrošnju, osim ako nadležno tijelo ne utvrdi da kakvoća vode ne može utjecati na zdravstvenu ispravnost hrane u njezinom konačnom obliku (MZ, HR NN 56/13, 64/15).

Opskrba stanovništva zdravstveno ispravnom vodom za piće je složen zadatak koji ovisi o mnogo čimbenika. To su prvenstveno kakvoća vode na mjestu njena zahvaćanja u prirodi (vode izvora, bunara, jezera, vodotoka), način pročišćavanja vode te sanitarno-tehnički i higijenski uvjeti u vodoopskrbnim objektima i pratećoj infrastrukturi.

2.2.1. Analiza vode za piće

Analiza vode je određivanje senzorskih, fizikalno-kemijskih, kemijskih, mikrobioloških i drugih svojstava vode radi utvrđivanja njezine zdravstvene ispravnosti.

Analiza vode za piće jedna je od glavnih mjera za sprječavanje i suzbijanje zaraznih bolesti. Njome se utvrđuje kvaliteta vode na izvorištima, njena zdravstvena ispravnost u vodoopskrbnom sustavu te učinkovitost dezinfekcije. Analizom vode za piće ispituju se brojni pokazatelji koji se mogu svrstati u organoleptičke, fizikalno-kemijske, kemijske, toksične i mikrobiološke. *Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju* (NN 56/13, 64/15) *i Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* (NN 125/13, 141/13, 128/15) definiran je obim analiza i određene su maksimalno dopuštene koncentracije (MDK) za svako svojstvo. Voda je zdravstveno ispravna kada su izmjerene vrijednosti ispitivanih svojstava ispod MDK vrijednosti (MZ HR, NN 56/13, 64/15; MZ HR NN 125/13, 141/13, 128/15).

Monitoring vode za ljudsku potrošnju podrazumijeva sustavno praćenje zdravstvene ispravnosti vode provođenjem niza planiranih mjerenja i analiza pojedinih parametara vode za ljudsku potrošnju, kako bi se utvrdila njezina sukladnost s propisanim vrijednostima, a obuhvaća redovni i revizijski monitoring (praćenje). Prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju u parametre zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju ubrajaju se mikrobiološki, kemijski i parametri radioaktivnosti koji su prikazani **Tablicom** 1-3.

Tablica 1. Mikrobiološki parametri zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju (MZ, NN 125/13, 141/13, 128/15)

Pokazatelj	***Jedinice voda za piće***	***MDK***
Escherichia coli (*E.coli*)	broj/100 ml	0
Enterokoki	broj/100 ml	0
Clostridium perfringens (uključujući spore)	broj/100 ml	0
Pseudomonas aeruginosa	broj/100 ml	0
Enterovirusi	broj/5000 ml	0

Tablica 2. Mikrobiološki parametri zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju u trenutku punjenja u boce ili drugu ambalažu, koja se stavlja na tržište u bocama ili drugoj ambalaži (MZ, NN 125/13, 141/13, 128/15)

Pokazatelj	**MDK**	**Jedinice voda u ambalaži**
Escherichia coli	0	broj/250 ml
Enterokoki	0	broj/250 ml
Broj kolonija 22 °C	100	broj/1 ml
Broj kolonija 37 °C	20	broj/1 ml
Pseudomonas aeruginosa	0	broj/250 ml

Tablica 3.Kemijski parametri zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju (MZ, NN 125/13, 141/13, 128/15)

Pokazatelj	**Jedinice**	**MDK**
Akrilamid	µg/l	0,10
Antimon	µg/l	5,0
Arsen	µg/l	10
Benzen	µg/l	1,0
Benzo(a)pyrene	µg/l	0,010
Bor	mg/l	1,0
Bromati	µg/l	10
Kadmij	µg/l	5,0
Krom	µg/l	50
Bakar	mg/l	2,0
Cijanidi	µg/l	50
1,2-dikloroetan	µg/l	3,0
Epiklorhidrin	µg/l	0,10
Fluoridi	mg/l	1,5
Olovo	µg/l	10
Živa	µg/l	1,0
Nikal	µg/l	20
Nitrati	mg/l	50
Nitriti	mg/l	0,50
Pesticidi	µg/l	0,10
Pesticidi ukupni	µg/l	0,50
PAH	µg/l	0,10
Selen	µg/l	10
Suma tetrakloreten i trikloreten	µg/l	10
THM – ukupni	µg/l	100
Vinil klorid	µg/l	0,50
Klorit	µg/l	400
Klorat	µg/l	400
Otopljeni Ozon	µg/l	50

Tablica 4. Indikatorski parametrizdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju (MZ, NN 125/13, 141/13, 128/15)

Pokazatelj	Jedinice	MDK
Aluminij	µg/l	200
Amonijak	mg/l	0,50
Barij	µg/l	700
Berilij	µg/l	
Boja	mg/PtCo skale	20
Cink	µg/l	3000
Detergenti – anionski	µg/l	200,0
– neionski	µg/l	200,0
Fenoli (ukupni)	µg/l	
Fosfati	µg/l	300
Kalcij	mg/l	
Kalij	mg/l	12
Kloridi	mg/l	250,0
Kobalt	µg/l	
Koncentracija vodikovih iona	pH jedinica	6,5-9,5
Magnezij	mg/l	
Mangan	µg/l	50,0
Ugljikovodici	µg/l	50,0
Miris		bez
Mutnoća	NTU	4
Natrij	mg/l	200,0
Okus		bez
Silikati	mg/l	50
Slobodni klor	mg/l	0,5
Srebro	µg/l	10
Sulfati	mg/l	250,0
Temperatura	°C	25
TOC	mg/l	Bez značajnih promjena
Ukupna tvrdoća	CaCO3 mg/l	
Ukupne suspenzije	mg/l	10
Utrošak KMnO4	O2 mg/l	5,0
Vanadij	V µg/l	5,0
Vodikov sulfid		bez
Vodljivost	µS/cm /20 oC	2500
Željezo	µg/l	200,0
Broj kolonija 22˚C	Broj/ 1 ml	100
Broj kolonija 37 ˚C	Broj / 1 ml	20
Ukupni koliformi	broj/100 ml	0
RADIOAKTIVNOST		
Tricij	Bq/l	Bq/l 100
Ukupna primljena doza	0,10 mSv/godina	0,1

Provjeru sukladnosti vode namijenjene javnoj vodoopskrbi, osobito poštivanja MDK (maksimalno dopuštena koncentracija) provodi Hrvatski zavod za javno zdravstvo stalnim praćenjem (monitoringom). Nositelj monitoringa jest Hrvatski zavod za javno zdravstvo. Izvršitelji monitoringa su Zavodi za javno zdravstvo u županijama, a provođenje monitoringa financiraju županije. Zavodi za javno zdravstvo koji provode monitoring moraju biti akreditirani prema normi HRN EN ISO/IEC 17025.

Nositelj monitoringa mora ministru nadležnom za zdravstvo svake godine do 31. listopada dostaviti plan programa monitoringa za sljedeću godinu. Na temelju plana programa, stanja na terenu, izvršitelji monitoringa obvezni su izraditi godišnji program monitoringa za provedbu kojeg su i odgovorni. Izvršitelji monitoringa obvezni su Hrvatskom zavodu za javno zdravstvo do 31. ožujka tekuće godine za prethodnu godinu dostaviti izvješća o realizaciji plana programa, za svaki vodoopskrbni sustav posebno i skupne podatke monitoringa. Ispitivanje zdravstvene ispravnosti vode za piće na temelju monitoringa i reprezentativnog broja uzoraka obuhvaća:

1. vodu na izvorištu prije procesa obrade i ako se direktno koristi kao voda za piće,
2. vodu nakon procesa obrade, odnosno dezinfekcije,
3. vodu u spremniku vode za piće,
4. vodu u razvodnoj mreži,
5. vodu na mjestu potrošnje,
6. vodu u ambalaži (MZ HR NN 56/13, 64/15).

2.2.2. Mikrobiološki aspekti onečišćenja vode

Najveći rizik za zdravlje potrošača predstavlja voda koja je kontaminirana ljudskim ili životinjskim ekskretima (fecesom) jer su oni najčešći izvor mikroorganizama patogenih za ljude. Sva onečišćenja vode pa tako i mikrobiološka mogu biti prirodnog ili antropogenog porijekla ovisno o tome jesu li kontaminanti u vodu dospjeli kao posljedica prirodnih procesa u kruženju vode u prirodi, ili su posljedica aktivnosti čovjeka kao što su industrija, poljoprivreda, sanitacija itd. Mikrobiološki onečišćivači vode mogu biti brojne bakterije, virusi, protozoe i drugi, koji ne moraju nužno biti opasni za zdravlje. One koje mogu

uzrokovati bolest nazivamo patogeni mikroorganizmi, dok bolesti koje uzrokuju, a njihov prijenos je na neki način povezan s vodom, nazivamo bolesti koje se prenose vodom ili hidrične bolesti prikazane **Tablicom 5**.

Tablica 5. Bolesti hidričnog podrijetla izazvane biološkim uzročnicima (WHO, 2004.)

Bakterije	Trbušni tifus, paratifus, bacilarna dizenterija, kolera, tularemija, gastroenteritisi, legionarska bolest
Virusi	Hepatitis A, poliomijelitis, gastroenteritisi uzrokovani drugim virusima: Norwalk i Norwalk-like virus, Rotavirus, Calicivirusi, Adenovirusi.
Spirohete	Leptospiroze
Protozoe	Amebna dizenterija, amebni meningoencefalitis, giardiaza, kriptosporidoza.
Helminti	Trihurijaza, ascardioza, shistomijaza, drakulijaza
Insekti-vektori bolesti	Komarci: malarija, denga, žuta groznica, groznica zapadnog Nila

Većina navedenih bolesti prenosi se fekalno-oralnim putem, odnosno konzumacijom vode, no neke od njih se prenose udisanjem vodenog aerosola (tuširanje, prskanje), kao legionarska bolest, ili preko kože, kao leptospiroza, ili je povezanost bolesti s vodom uvjetovana razvojnim ciklusom insekta prijenosnika u vodi, kao što je to kod bolesti koje prenose komarci.

Općenito gledajući, najveći rizik za zdravlje predstavlja voda koja je kontaminirana ljudskim ili životinjskim ekskretima (fecesom) jer su oni najčešći izvor mikroorganizama patogenih za ljude. Srećom, većina mikroorganizama se u vodi ne može razmnožavati, nego se onečišćenje razrjeđuje, što s jedne strane smanjuje epidemiološki potencijal vode kao prijenosnika zaraznih bolesti, dok s druge strane, epidemiološki potencijal raste s brojem konzumenata iz istog vodoopskrbnog objekta te kod velikih vodovoda isti može biti ogroman (WHO, 2004).

Ispitivanje mikrobiološke onečišćenosti vode

Za provođenje mikrobioloških i drugih analiza vode javnosti i inspekcijskim službama na raspolaganju stoje laboratoriji Zavoda za javno zdravstvo u županijama i Hrvatski zavod za javno zdravstvo.

Stanje mikrobiološke onečišćenosti vode možemo ispitati ili provjeriti isključivo u laboratoriju, gdje se mikrobiološkim analizama određuje broj indikatorskih skupina mikroorganizama koji služe za procjenu higijenskog stanja vode ili nas upućuju na eventualnu prisutnost grupa mikroorganizama fekalnog porijekla među kojima se onda vjerojatnije mogu naći patogeni mikroorganizmi. Specifičnim analizama može se odrediti i prisutnost pojedinih patogenih mikroorganizama. Voda iz javnih vodoopskrbnih objekata i bazena se obvezno kontrolira temeljem zakonskih propisa, a individualni objekti bi se trebali kontrolirati temeljem brige za zdravlje vlasnika/korisnika. Za provođenje mikrobioloških i drugih analiza vode javnosti i inspekcijskim službama na raspolaganju stoje laboratoriji Zavoda za javno zdravstvo u županijama i Hrvatski zavod za javno zdravstvo.

Voda za ljudsku potrošnju porijeklom iz podzemnih ili površinskih voda predstavlja jedan od načina prijenosa različitih kontaminanata i uzročnika bolesti uzrokujući hidrične epidemije i različite zdravstvene probleme. Kroz povijest, korišteni su različiti pristupi za reguliranje pojave kontaminanata u vodi za piće posebno uzročnika bolesti budući da voda indirektno ili direktno može biti kontaminirana ljudskim ili životinjskim fekalijama.

Ako je kontaminacija bila nedavno, a doprinos toj kontaminaciji daju prenosioci zaraznih crijevnih bolesti, neki od mikroorganizama koji uzrokuju ove bolesti mogu biti prisutni u vodi. Ukoliko se tako zaražena voda pije ili koristi za pripremanje hrane može uzrokovati nove slučajeve oboljenja. Umjesto provođenja procjene rizika za mikrobiološku kontaminaciju vode za piće, stručnjaci širom svijeta usaglasili su se da u vodi za ljudsku potrošnju ne smije biti patogenih bakterija poput *Cryptosporidium, Giardia lamblia, Legionella, Escherichia coli, Clostridium perfringens,* crijevni virusiitd. Pojedine analitičke metode zahtjevaju visoku učinkovitost, iziskuju dosta vremena i često su izrazito skupete stoga mikrobiološki parametri, poput broja kolonija, predstavljaju korisne indikatore potencijalne mikrobiološke kontaminacije (Habuda-Stanić i sur., 2013.).

Za zaštitu potrošača i za sprječavanje pojave hidričnih bolesti, većina zemalja provodi monitoring baziran na međunarodnim i/ili nacionalnim standardima. U Republici Hrvatskoj,

kakvoća vode za piće mora biti u skladu s Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode (NN 125/13, 141/13, 128/15) koji je proizašao iz Zakona o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13, 64/15) i Direktive Vijeća Europske Unije (98/83/EC).

2.3. DEZINFEKCIJA VODE

Osim dezinfekcije vode za ljudsku potrošnju, preparati za dezinfekciju se koriste i za dezinfekciju vodoopskrbnih objekata – mreže, tankova, cisterni, zdenaca, rashladnih tornjeva itd. Ukoliko je kvaliteta vode za piće ozbiljno narušena iznenadnom vremenskim nepogodama ili sličnim, najbolji način za prevenciju nastajanja bolesti je dezinfekcija. Najčešće korištena metoda za dezinfekciju je upotreba klora (WHO, 2004).

Cilj dezinfekcije je uništiti odnosno smanjiti broj mikroorganizama na onu razinu koja u danim okolnostima i u uobičajenim uvjetima upotrebe nije opasna za zdravlje ljudi. Dezinfekcija se pokazala izrazito učinkovitom mjerom u sprječavanju bolesti koje se prenose vodom te se, bez obzira što sa sobom donosi neke opasnosti vezane uz rukovanje kemikalijama i nastanak nusprodukata dezinfekcije, od kojih neki mogu biti štetni za zdravlje, smatra nezamjenjivom u osiguranju zdravstveno ispravne vode. Danas su dostupne brojne metode dezinfekcije vode – kloriranje različitim klornim preparatima, zračenje ultraljubičastim ili gama zrakama, ozonizacija, membranska filtracija, reverzna osmoza, njihove kombinacije itd., od kojih svaka ima svoje prednosti i svoje mane, no daleko najčešće se zbog svoje jednostavnosti, relativno niske cijene te zbog prednosti rezidualnog dezinfekcijskog djelovanja (rezidualno – preostalo, odnosno djeluje i poslije dezinfekcije) koriste klorni preparati.

Uvjeti koje treba zadovoljiti kod odabira sredstva za dezinfekciju vode su (Capak i Dadić, 2014.):

- uništavanje svih patogenih i fakultativno patogenih mikroorganizama u vodi (uključujući i njihove sporogene oblike),
- dezinfekcija se treba učinkovito provesti u što kraćem vremenu uzimajući u obzir očekivanu promjenu temperature vode,
- korištene koncentracije dezinfekcijskog sredstva ne smiju izazvati dodatne toksične promjene kao i promjene senzorskih osobina vode,
- mikrobiološka ispravnost vode treba biti što dugotrajnija, a dezinfekcijsko sredstvo treba što duže razdoblje štiti vodu od naknadnog onečišćenja,

- što je moguće brža, jeftinija i jednostavnija analitička metoda za određivanje koncentracije sredstva u vodi,
- dezinfekcija treba biti ekonomski isplativa, pogodnaza rukovanje i pristupačna,
- što jednostavnije doziranje.

Čimbenici koji mogu utjecati na učinkovitost dezinfekcije vode su (Valić, 2001):

- *Mutnoća*, a osobito ona uzrokovana povećanim sadržajem organske tvari, obrnuto razmjerno utječe na učinkovitost kloriranja. To znači da mutne vode treba izbistriti nekim od postupaka (taloženje, koagulacija, sedimentacija, filtracija) i tek nakon toga provesti postupak dezinfekcije. Dezinfekcija mutnih voda ne samo što nije učinkovita, već u takvoj vodi mogu nastati toksične tvari kojih prije dezinfekcije nije u bilo u vodi (npr. trihalometani).
- *Temperatura* je proporcionalna baktericidnoj moći dezinfekcijskog sredstva. To znači da će do uništenja bakterija prije doći u toploj nego u hladnoj vodi.
- *pH-vrijednost,* najbolji učinak dezinfekcije dokazan je u vodama koje su bile slabo kisele do neutralne pH vrijednosti. pH vrijednost se može korigirati dodavanjem raznih ciljanih kemikalija prije dezinfekcije.
- *Meteorološki utjecaj*, ultraljubičaste zrake dnevnog svjetla ubrzavaju proces dezinfekcije, ali u isto vrijeme utječu na gubitak aktivnog klora.

Postoji velik broj metoda dezinfekcije, a kloriranje je daleko najčešće korištena metoda. Uz kloriranje, u svrhu dezinfekcije vode, moguće je provesti i sljedeće postupke (Mijatović i Matošić, 2008.):

- Dezinfekcija ozonom,
- Dezinfekcija jodom i srebrom,
- Dezinfekcija vode ultravioletnim zračenjem,
- Dezinfekcija vode toplinom i ultrazvukom.

Većina postupaka je dizajnirana na način da pripreme vodu za dezinfekciju, koja je najčešće i završna faza obrade vode.

Ukoliko je kvaliteta vode za ljudsku potrošnju ozbiljno narušena iznenadnim zagađenjem ili nepogodama, najbolji način zaštite ljudi je pojačana dezinfekcija cijelog ugroženog vodoopskrbnog sustava.

U slučaju kada je nepogodama ugrožen stabilan sustav vodoopskrbe, situacija se u zajednici bitno mijenja, pri čemu se, u ekstremnim slučajevima, potrošači trebaju seliti u nova područja ili je neophodno da konzumiraju vodu iz drugih izvorišta. Nepogode ili prirodne katastrofe također mogu utjecati na psihičko i fizičko zdravlje ljudi, čineći ih osjetljivijim na infekcije i zarazne bolesti. Stoga je važno svim ljudima pogođenim prirodnim katastrofama omogućiti zdravstveno ispravnu vodu za piće.

2.3.1. Klor kao dezinfekcijsko sredstvo

Klor i njegovi spojevi najčešće se upotrebljavaju kao sredstvo za dezinfekciju vode, bilo da se radi o dezinfekciji manjih količina vode u domaćinstvu ili na terenu ili o dezinfekciji velikih količina vode u vodovodima.

Djelovanje klora na bakterije očituje se već poslije kontakta s vodom nakon jedne minute. Klor napada i razara enzimatske sustave u stanici. Pri tome klor najbolje djeluje na bakterijske stanice, nešto slabije na viruse, a najslabije uništava bakterijske spore i mikroskopske praživotinje. Dinamika, mehanizam i biokemizam baktericidnog djelovanja još nisu dovoljno razjašnjeni i postoji više teorija. Dezinfekcijska moć pripisuje se ili slobodnom radikalu kisika koji se stvara kao rezultat velikog afiniteta klora prema vodiku ili hipokloritnoj kiselini koja nastaje prilikom kloriranja, prema sljedećim **kemijskim jednadžbama** (1 i 2):

$Cl_2 + 2H_2O \rightarrow HCl + HClO$ **(1)**

$HClO \rightarrow HCl + O$ **(2)**

Prilikom dodavanja klora i njegovih spojeva vodi, dio klora se troši na oksidaciju organskih tvari prisutnih u vodi, uključujući i mikroorganizme, kao na oksidaciju željeza i mangana prisutnih u vodi, pa govorimo o tzv. potrebi vode na kloru.

Uspješna dezinfekcija može se izvršiti samo u bistroj vodi. I neznatno zamućenje vode smeta pri procesu dezinfekcije i ne garantira uspješnost odvijanja procesa.

Vrijeme potrebno za dezinfekciju klora iznosi 30 minuta, nakon čega se u vodi mora utvrditi koncentracija rezidualnog klora. Ako se nakon vremena od 30 minuta ne utvrdi slobodni rezidualni klor u koncentraciji od minimalno 0,1 mg/L, smatra se da proces dezinfekcije nije dobro izvršen i postupak se mora ponoviti, tj. tako dugo ponavljati dok se nakon isteka

vremena od 30 minuta po dodatku klora ne utvrdi traženi rezidual (Mijatović i Matošić, 2008).

Tablica 6. Prednosti i nedostaci klora kao dezinfekcijskog sredstva (WHO, 2011)

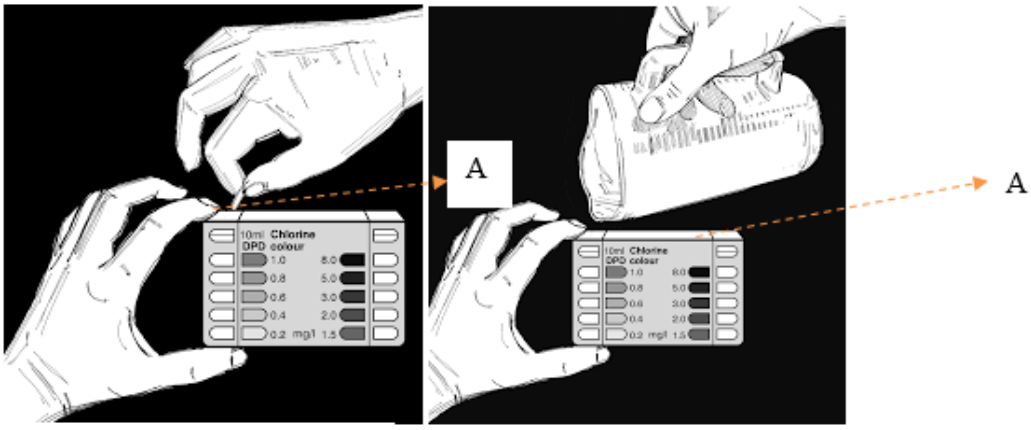
Prednosti:
Nekoliko načina doziranja (prah, granule, tablete, tekućina i plin)
Relativno jeftin
Lako se otapa u vodi
Učinkovit pri uništavanju većine patogenih mikroorganizama
Nedostaci:
Klor je snažno oksidacijsko sredstvo s kojim treba oprezno rukovati
Nije učinkovit u prodiranju u mulj i organske tvari suspendirane u vodi
Da bi bio učinkovit za neke mikroorganizme prisutne u vodi potrebna je dodati veću koncentraciju i duže vrijeme zadržavanja

2.3.2. Slobodni rezidualni klor

Rezidualni klor predstavlja koncentraciju klora izraženu u mg/L koja je zaostala u vodi kao višak nakon reakcije klora s tvarima koje se mogu oksidirati u vodi, tj. nakon završenog procesa dezinfekcije vode. Zakonski dozvoljena koncentracija rezidualnog klora u vodi kreće se do 0,5 mg/L kod normalnih uvjeta, a 0,5-0,8 mg/L u posebnim uvjetima (rat, epidemija…). Ako voda sadrži amonijak ili druge dušikove spojeve, slobodni klor će reagirati s njima stvarajući odgovarajuće supstitucijske spojeve i kloramine. Kloramini također posjeduju dezinfekcijsku moć. Rezidualni klor je garancija da je proces dezinfekcije dobro izvršen i štiti vodu od naknadne kontaminacije.

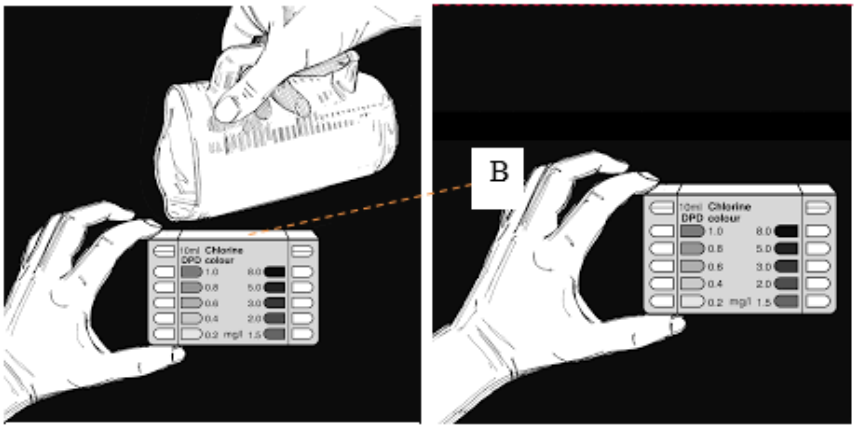
Mjerenje rezidualnog klora

Najbrža i najjednostavnija metoda za mjerenje rezidualnog klora je DPD (dietil parafenildiamin) indikator test, koji koristi slijepu probu. Tableta DPD-a se doda u uzorak vode, bojajući vodu crvenom. Mjeri se jačina boje, u usporedbi sa standardnim bojama prikazanim na grafikonu za određivanje koncentracije klora. Veća obojenost uzorka znači i veću koncentraciju klora u uzorku (**Slika 6**).



Korak 1. Staviti tabletu u prostor (A) u uređaju i dodati nekoliko kapi klorirane vode iz sustava.

Korak 2. Usitniti tabletu u prostoru te napuniti prostor (A) s preostalom količinom klorirane vode.



Korak 3. Staviti određenu količinu klorirane vode u prostor (B), bez tablete. Ovo predstavlja slijepu probu za usporedbu boje.

Korak 4. Razina rezidualnog klora (R) u mg klora po litri (mg/L) je određena usporedbom boje vode u prostoru A sa standardnom bojom u prostoru B. Prostor C je namjenjen ukoliko su koncentracije klora više (>1mg/L)

Slika 6. Koraci u determiniranju rezidualnog klora u void *(Davis i Lambert 2002.)*

Kontinuirano kloriranje najčešće se primjenjuje u sustavima distribucije vode cjevovodima. Redovno kloriranje u drugačijim sustavima je složeno i obično se koristi za dezinfekciju nakon kvara i održavanja sustava.

Mjerenje koncentracije rezidualnog klora provodi se na sljedećim mjestima:

- Odmah nakon dodatka klora u vodu za provjeru učinkovitosti procesa kloriranja
- Na ispustu blizu mjesta kloriranja za provjeru koncentracije slobodnog klora

- Na najudaljenijoj točki u mreži gdje se pretpostavlja da je koncentracija slobodnog klora najniža. Ukoliko su razine klora ispod minimuma potrebno je dodati određenu količinu klora u središnjoj točki sustava.

Količina rezidualnog klora se mijenja tokom dana i noći. Znajući da je voda u cjevovodu stalno pod tlakom, pretpostavlja se da je koncentracija rezidualnog klora veća danju nego noću. To je zato što voda ostaje u sustavu dulje noću (kada su potrebe manje) te postoji mogućnost kontaminacije vode pa to smanjuje koncentraciju slobodnog klora. Koncentraciju slobodnog klora treba mjeriti redovito. Ukoliko je sustav nov ili je bio obnavljan, mjerenje koncentracije klora mora trajati sve dok se ne ustanovi da proces kloriranja funkcionira. Nakon toga, mjerenje treba provoditi jednom tjedno.

Preporučene razine rezidualnog klora

Veće koncentracije rezidualnog klora znače bolju i dužu zaštitu sustava od kontaminacije, kod prevelikih koncentracija klora voda poprima neugodan miris i loš okus što odbija potrošače. Za normalnu upotrebu u kućanstvu, koncentracija rezidualnog klora na mjestu gdje potrošač uzima vodu mora biti između 0,2 do 0,5 mg/L (WHO, 2011).

Prema *Pravilniko parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* (NN 125/13, 141/13, 128/15), maksimalna dopuštena koncentracija klora je 0,5 mg/L.

Vrijeme zadržavanja klora u vodi treba biti najmanje 30 minuta za pravilnu dezinfekciju. Klor se najčešće dozira na kraju procesa obrade vode, a prije skladištenja i korištenja. Klor ne treba dozirati prije filtracije ili nekih drugih bioloških procesa.

Prije doziranja potrebno je klor u čvrstom stanju otopiti s malom količinom vode pri čemu nastaje pasta te se dalje dodaje preostala količina vode. Pri kloriranju vode potrebno je poštivati proceduru, a vodoopskrbni sustav i kakvoću vode treba nadzirati.

Optimalna koncentracija klora u manjem vodopskrbnom sustavu treba biti u rasponu od 0,2 do 0,5 mg/L (WHO, 2011).

2.4. MIKROBIOLOŠKI INDIKATORI

S obzirom na to da analitičke metode zahtjevaju visoku učinkovitost, iziskuju dosta vremena i često su izrazito skupe, mikrobiološki parametri poput broja kolonija predstavljaju indikatore potencijalne mikrobiološke kontaminacije (Habuda-Stanić i sur., 2013).

2.4.1. Broj kolonija na 22° i 37°C

Velik broj mikroorganizama nalaze se prirodno kako u površinskim tako i u podzemnim vodama, koje su povezane s tlom i vegetacijom, te mogu preživjeti dugi period u okolini. Broj tih bakterija, prisutnih kao kolonije na hranjivom agaru, predstavljaju korisno sredstvo za procjenjivanje prisustva bakterija u vodi. Broj kolonija inkubiranih na 22 °C daje informaciju o broju svih vrsta bakterija prisutnih u normalnoj temperaturnoj okolini.

Iako rezultat nema zdravstveni značaj, on predstavlja korisno sredstvo procjenjivanja učinkovitosti različitih tretiranja vode u svrhu uklanjanja svih bakterija. Također pokazuje brojnost bakterija u vodoopskrbnom sustavu.

Inkubacija na 37 °C omogućuje rast bakterija koje uspjevaju u organizmu čovjeka, a prenose ih životinje. Najveća vrijednost obaju testova je omogućiti dobivanje podataka o kvaliteti pojedinih izvorišta, metodama tretiranja vode i distribucijskim sustavima. Iznenadno značajno povećanje broja kolonija na 37 °C može biti pokazatelj nedovoljnog tretiranja vode ili razvoja ozbiljnijeg problema. Vidljive promjene u broju kolonija na 22 i 37 °C indiciraju dugoročne promjene mikrobiološke ispravnosti vode (Tworth i sur. 2000; EA UK, 2002).

Broj kolonija na 22 ° i 37 °C određuje se prema zahtjevima HRN ISO 6222:2000. Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju postavlja najveću razinu za broj kolonija na 22 °C i to 100/1 ml, a za broj kolonija na 37 °C 20/1ml (MZ, NN 125/13, 141/13, 128/15).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Vodoopskrbu stanovništva Šibensko-kninske županije vodom za ljudsku potrošnju provodi tvrtka Vodovod i odvodnja d.o.o, a kontinuirani službeni nadzor (monitoring) nad zdravstvenom ispravnošću vode za ljudsku potrošnju na izvorištu i u vodoopskrbnom sustavu obavlja Služba za ekologiju Zavoda za javno zdravstvo Šibensko-kninske županije. Monitoring vode za ljudsku potrošnju provodi se u suradnji s Hrvatskim zavodom za javno zdravstvo.

U cilju određivanja učinkovitosti dezinfekcije vode u vodoopskrbnom sustavu grada Šibenika korišteni su statistički obrađeni rezultati monitoringa u razdoblju od 2011. do 2015. godine i to: koncentracija slobodnog klora i broj kolonija na 22 ° i 37 °C u vodi za ljudsku potrošnju.

3.2. MATERIJALI I METODE

Monitoring vode za ljudsku potrošnju podrazumijeva sustavno praćenje zdravstvene ispravnosti vode provođenjem niza planiranih mjerenja i analiza pojedinih parametara vode za ljudsku potrošnju, kako bi se utvrdila njezina sukladnost s propisanim vrijednostima, a obuhvaća redovni i revizijski monitoring (praćenje).

Služba za ekologiju Zavoda za javno zdravstvo Šibensko-kninske županije obavlja analizu vode za ljudsku potrošnju prema uputama Ministarstva zdravstva, a osposobljena je prema zahtjevima norme HRN EN ISO/IEC 17025:2007.

Od 2011. do 2013. godine analize kakvoće vode obavljale su se u obimu analiza ”A” i “B” prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/08) koji prestaje važiti 1. srpnja 2013. Od tada na snagu stupa Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/13, 141/13, 128/15) prema kojem je obavezan redoviti monitoring (prije monitoring “A”) koji obuhvaća fizikalno-kemijske i mikrobiološke pokazatelje kao obavezne parametre ispitivanja te revizijski monitoring koji uključuje mikrobiološke parametre zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju, kemijske parametre zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju i indikatorske parametre.

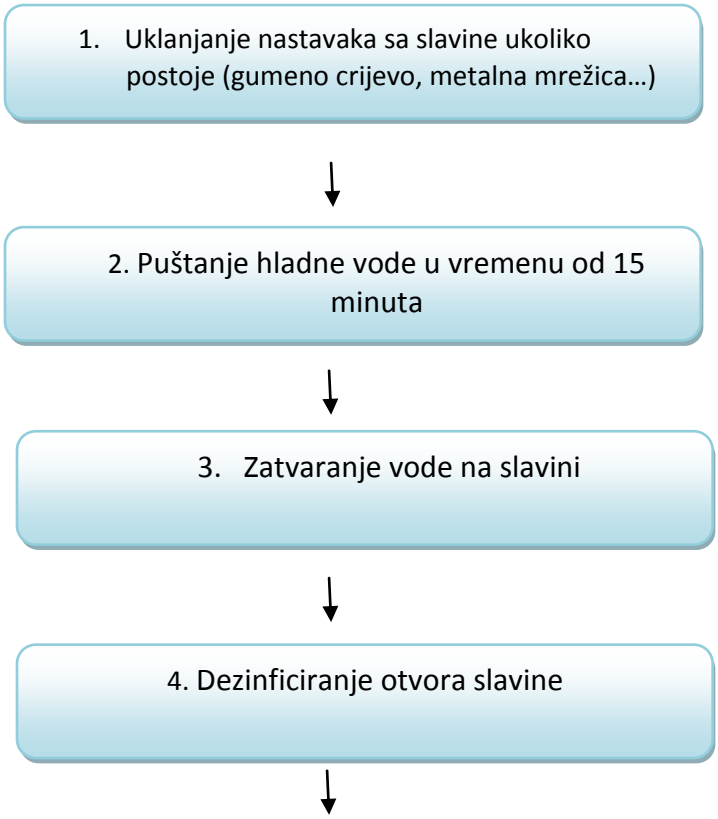
U **Tablici 7** prikazan je broj uzetih uzoraka iz vodoopskrbnog sustava na području grada Šibenika kroz navedeni petogodišnji period.

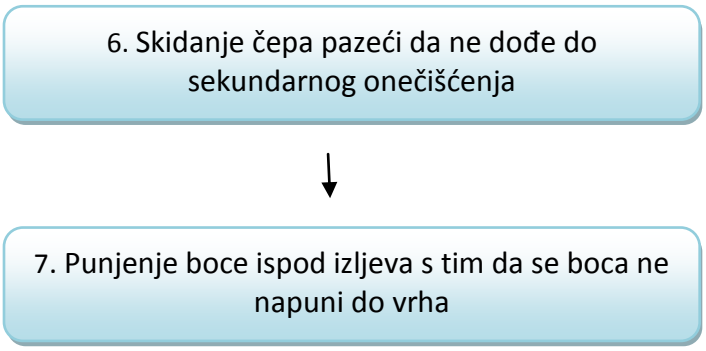
Tablica 7. Prikaz broja uzetih uzoraka u periodu od 2011. do 2015.godine

Vodoopskrbni sustav Šibenik	***Prosječni mjesečni broj uzoraka***	***Godišnji broj uzoraka***	***Broj neispravnih uzoraka (iznad MDK)***
2011.	1,66	20	0
2012.	2,83	34	0
2013.	2,41	29	2
2014.	2,66	32	0
2015.	3,4	41	0
	Ukupno=	**156**	2

3.2.1. Uzorkovanje vode za analizu

Vrlo je važno, naročito za mikrobiološka ispitivanja, da analiza započne što prije nakon uzorkovanja, kao i to da je uzorak uzet u propisnu ambalažu. Ukoliko će se voda analizirati kasnije, uzorci se moraju pohraniti u hladnjak na temperaturi 4 °C. Prije samog uzorkovanja boca za uzorkovanje se ispire deioniziranom vodom. Proces uzorkovanja vode za analizu prikazan je na **Slici 7.**





Slika 7. Shematski prikaz procesa uzorkovanja vode iz slavine

U svrhu izrade ovog rada, od strane Službe za ekologiju Zavoda za javno zdravstvo Šibensko-kninske županije ustupljeni su sljedeći podaci o kakvoći vode za ljudsku potrošnju uzorkovanu iz vodoposkrbnog sustava grada Šibenika tijekom petogodišnjeg razdoblja:

- *Koncentracija slobodnog klora,*
- *Broj kolonija na 22 °C,*
- *Broj kolonija na 37 °C.*

3.2.2. Koncentracija slobodnog klora

Prisutnost slobodnog klora u vodi dokaz je učinkovitosti dezinfekcije vode za ljudsku potrošnju i potvrda da je većina potencijalno patogenih mikroorganizama uklonjena. Metoda određivanja koncentracije slobodnog klora u vodi, maksimalno dopuštena koncentracija te mjerna jedinica istog prikazana je u **Tablici 8.**

3.2.3. Broj kolonija na 22 ° i 37 °C

Monitoring vodoopskrbnog sustava podrazumijeva redovito praćenje vrijednosti parametara broja kolonija na 22° i 37 °C. Navedeni parametri mogu ukazati na iznenadne promjene i kontaminaciju vode. Također, porast broja kolonija može ukazivati na neučinkovitost dezinfekcijskog sredstva koje se koristi u svrhu dezinfekcije vode. Metoda određivanja broja kolonija na 22 °C i 37 °C te mjerna jedinica istih prikazana je u **Tablici 8**.

Tablica 8. Parametri i metode te njihove mjerne jedinice i maksimalno dozvoljene koncentracije, korištene pri određivanju učinkovitosti dezinfekcije vode za ljudsku potrošnju grada Šibenika

Parametar	Metoda	Maksimalno dozvoljena koncentracija	Mjerna jedinica
Slobodni klor	HRN EN ISO 7393-2:2001	0,5	mg/l
Broj kolonija na 22°C	HRN ISO 6222:2000	100	broj/ml
Broj kolonija na 37°C	HRN ISO 6222:2000	20	broj/ml

3.2.4. Statistička obrada podataka analitičkih izvješća

Analizirani podaci o koncentraciji slobodnog klora, broju kolonija na 22 °C i 37 °C u vodi za ljudsku potrošnju uzorkovanu iz vodoopskrbnog sustava grada Šibenika statistički su vrednovani određivanjem Pearson-ova koeficijenta korelacije između pojavnosti analiziranih mikrobioloških parametara i izmjerenih koncentracija slobodnog klora.

U statistici, Pearsonov koeficijent korelacije (ponekad se naziva i PPMCC ili PCC ili Pearsonov r) je mjera linearne korelacije između dvije varijable X i Y, što daje vrijednost između +1 i - 1, gdje je 1 ukupna pozitivna korelacija, 0 nema korelacije, a -1 je ukupna negativna korelacija.

Ukoliko postoji pozitivna korelacija između dvije varijable gdje jedna varijabla ima povećanu (sniženu) vrijednost, povećanu (sniženu) vrijednost će imati i druga varijabla. Pearsonov koeficijent korelacije tada dobiva vrijednost 1. Ukoliko postoji negativna korelacija između dvije varijable, Pearsonov koeficijent postaje -1. To znači da ukoliko jedna varijabla ima povećanu (sniženu), druga varijabla ima sniženu (povećanu) vrijednost. Ukoliko korelacijski koeficijent ima vrijednost 0, to upućuje da nema lineranog odnosa između dvije varijable.

Pearsonov koeficijent korelacije se može izračunati prema **formuli (1**):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}} \qquad \textbf{(1)}$$

gdje je:

X = (X_1, X_2...., Xn) povezan s prosječnom vrijednosti fizičko-kemijskih parametara (koncentracija slobodnog klora),

Y = (Y_1, Y_2,...,Yn) povezan s prosječnom vrijednosti mikrobioloških parametara (broj kolonija na 22 ° i 37°C) za određenu godinu (2011.-2015.),

n je broj uzoraka u pojedinim godinama, gdje je X ili/i Y dobiveni rezultati.

Kako je kod većine analitičkih izvješća broj kolonija na 22 ° i 37 °C iznosio nula, Pearsonov koeficijent korelacije za većinu uzoraka je također bio jednak nuli.

4. RASPRAVA I REZULTATI

Za potrebe ovog rada i određivanja učinkovitosti dezinfekcije vode za ljudsku potrošnju grada Šibenika korišteni su rezultati analiza 156 uzoraka vode uzorkovane iz vodoopskrbnog sustava grada Šibenika. Broj neprihvatljivih uzoraka tijekom ispitivanog petogodišnjeg razdoblja prikazan je u **Tablici 9.**

Tablica 9. Broj ukupno uzetih uzoraka iz vodoopskrbnog sustava grada Šibenika te njihova prihvatljivost tijekom razdoblja 2011. do 2015. godine

Vodoopskrbni sustav Šibenik	***Broj uzetih uzoraka***	***Broj neprihvatljivih uzoraka s obzirom na koncentraciju slobodnog klora***	***Broj neprihvatljivih uzoraka s obzirom na broj kolonija na 22°C***	***Broj neprihvatljivih uzoraka s obzirom na broj kolonija na 37°C***
2011.	20	0	0	0
2012.	34	0	0	0
2013.	29	0	0	2
2014.	32	0	0	0
2015.	41	0	0	0

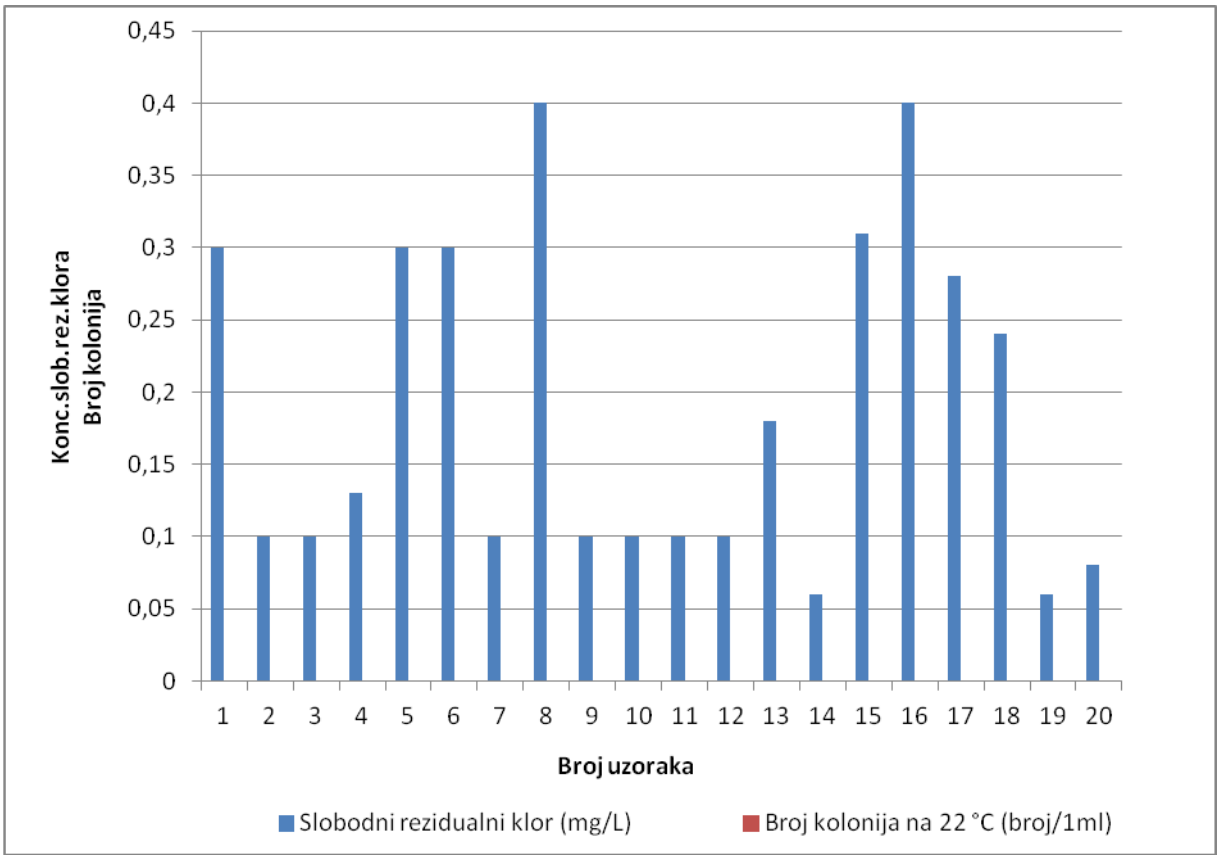
Od 156 uzoraka vode za ljudsku potrošnju uzetih u razdoblju od 2011. do 2015. godine, dva uzorka (1,28%) su potvrđena kao neprihvatljiva budući da prelaze maksimalno dopuštenu koncentraciju s obzirom na broj kolonija na 37 °C prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (u daljnem tekstu: Pravilnik) (MZ HR, NN 125/13, 141/13, 64/15).

Tablica 10. Odnos vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 37 °C kod neprihvatljivih uzoraka

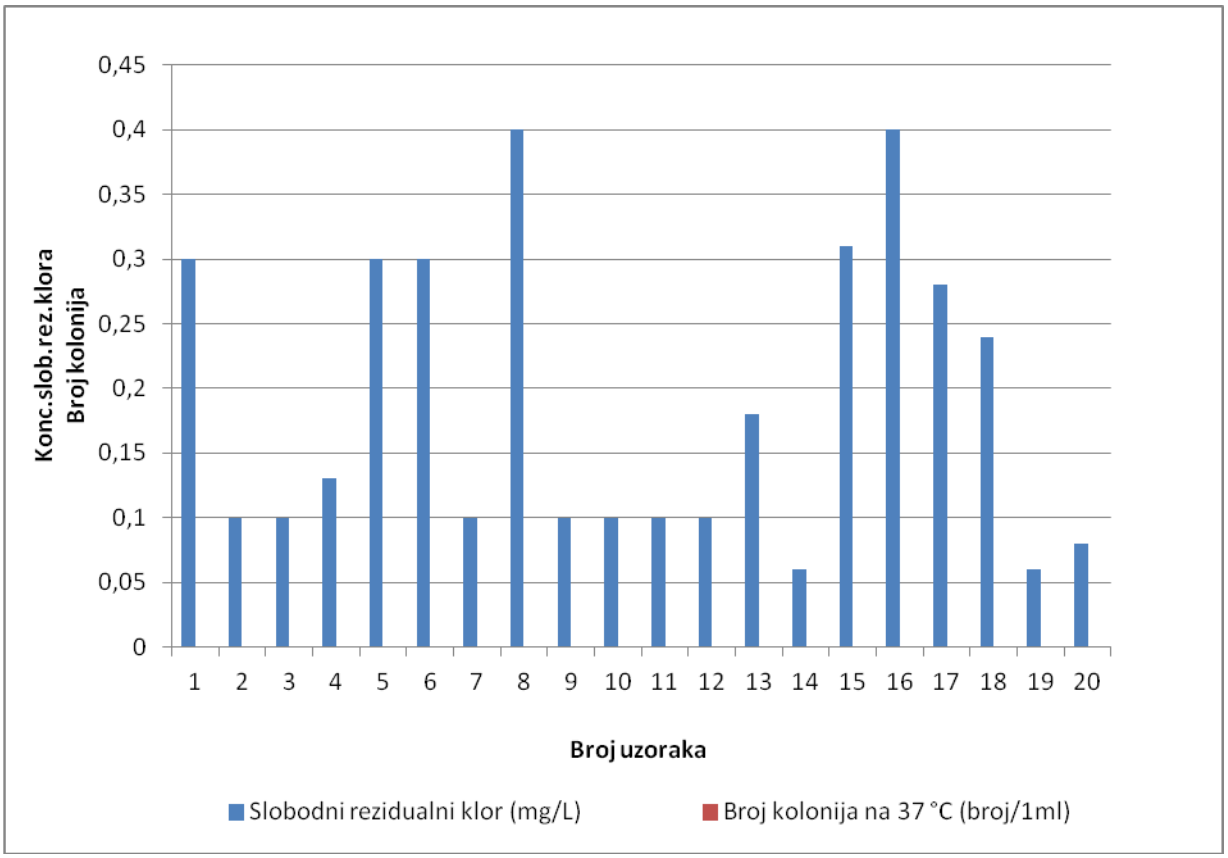
Vodoopskrbni sustav grada Šibenika	***Koncentracija slobodnog klora***	***Prosječna vrijednost koncentracije slobodnog klora u 2013.g.***	***Broj kolonija na 37°C (broj/1ml)***	
Datum uzorkovanja:			*Uzorci*	*MDK*
14.10.2013.	0,18	0,193	50	**20**
25.11.2013.	0,22		60	

Povećane vrijednosti broja kolonija na 37 °C ukazuju na iznenadnu kontaminaciju vode u vodoopskrbnom sustavu. S obzirom na koncentraciju slobodnog klora u uzorcima s povećanom vrijednosti broja kolonija na 37 °C, podatak ne upućuje na povezanost ta dva parametra, jer kao što je vidljivo iz **Tablice 10,** koncentracija slobodnog klora je unutar vrijednosti propisanih Pravilnikom (NN 125/13, 141/13, 128/15) te ne odstupa značajno od prosječne vrijednosti u 2013. godini. Može se zaključiti da je došlo do naknadne kontaminacije vode unutar vodoopskrbnog sustava.

Slike 8 i 9 prikazuju odnos vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22 ° i 37 °C tijekom 2011. godine. Vidljivo je da nije došlo do odstupanja u vrijednostima koncentracije slobodnog klora tijekom 2011. godine. Također je vidljivo da su vrijednosti broja kolonija na 22 ° i 37 °C jednake nuli što ukazuje na učinkovitu dezinfekciju vode, te da voda u samom vodoopskrbnom sustavu naknadno nije bila kontaminirana.

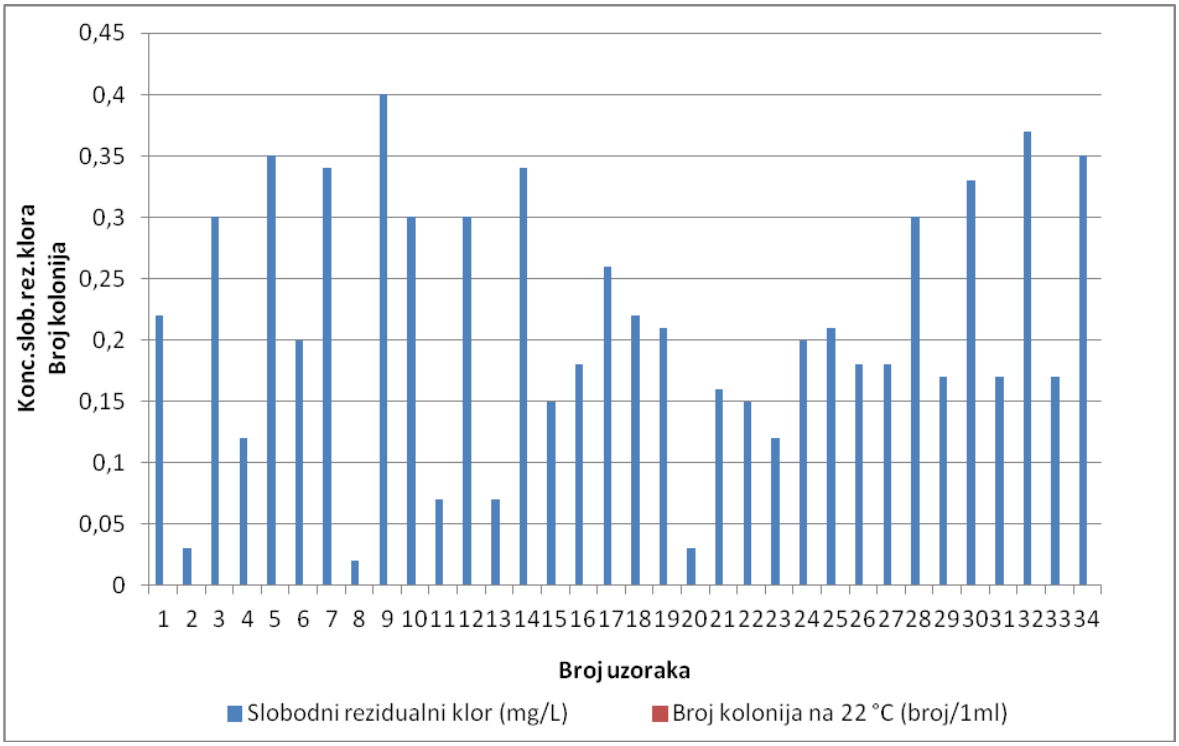


Slika 8. Grafički prikaz odnosa vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22 °C tijekom 2011. godine.

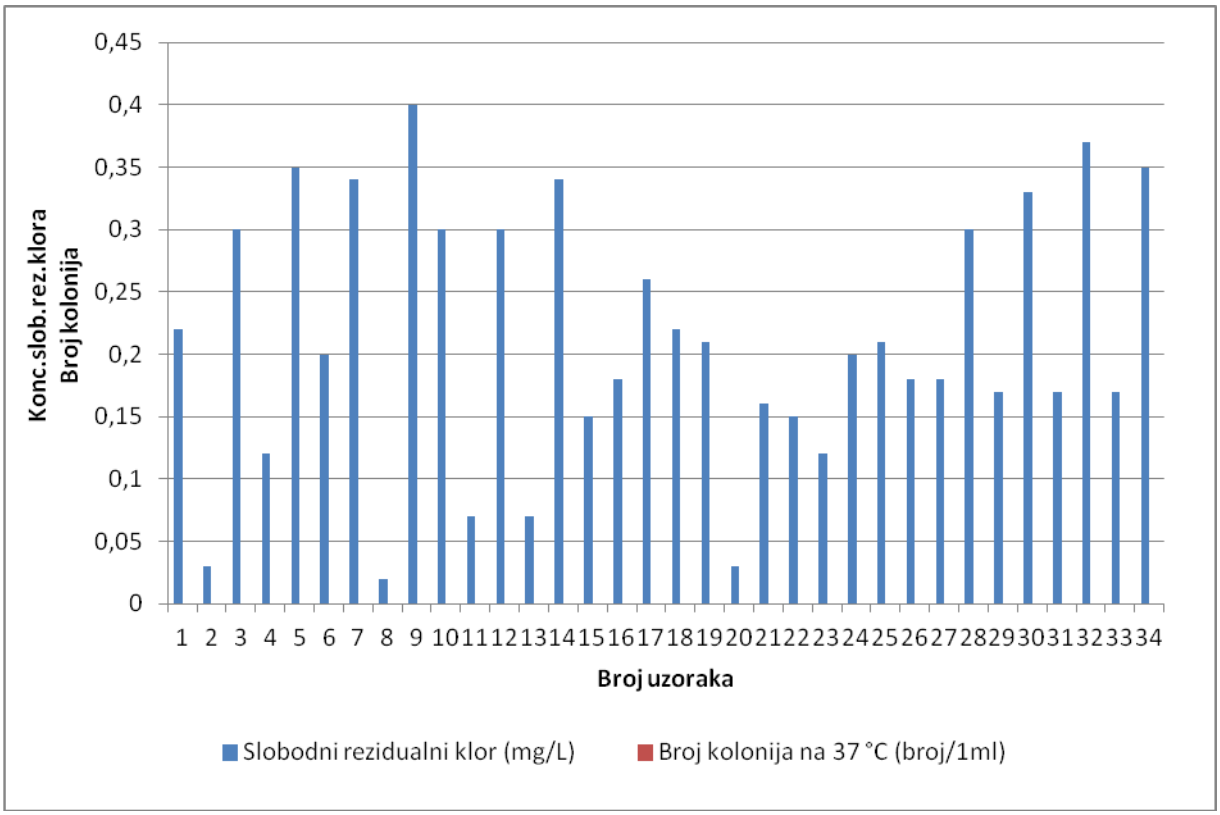


Slika 9. Grafički prikaz odnosa vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 37 °C tijekom 2011. godine

Slike 10 i 11 prikazuju odnose vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22° i 37 °C tijekom 2012. godine. Vidljivo je da nije došlo do odstupanja u vrijednostima koncentracije slobodnog klora tijekom 2012. godine. Prosječna vrijednost koncentracije klora u 2012. g. iznosila je 0,21 mg /L. Također je vidljivo da su vrijednosti broja kolonija na 22 ° i 37 °C kod svih uzoraka bile jednake nuli te to ukazuje na učinkovitu dezinfekciju vode i da voda u samom vodoopskrbnom sustavu naknadno nije bila kontaminirana.

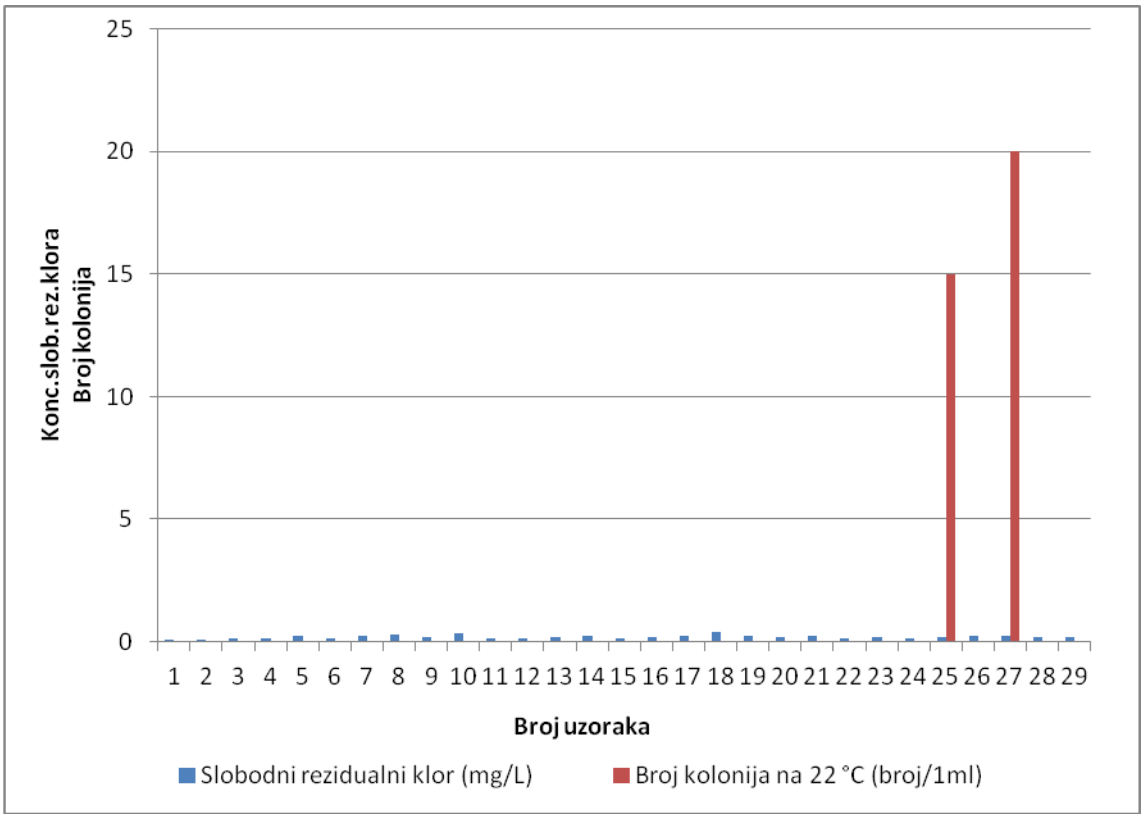


Slika 10. Grafički prikaz odnosa vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22 °C tijekom 2012. godine

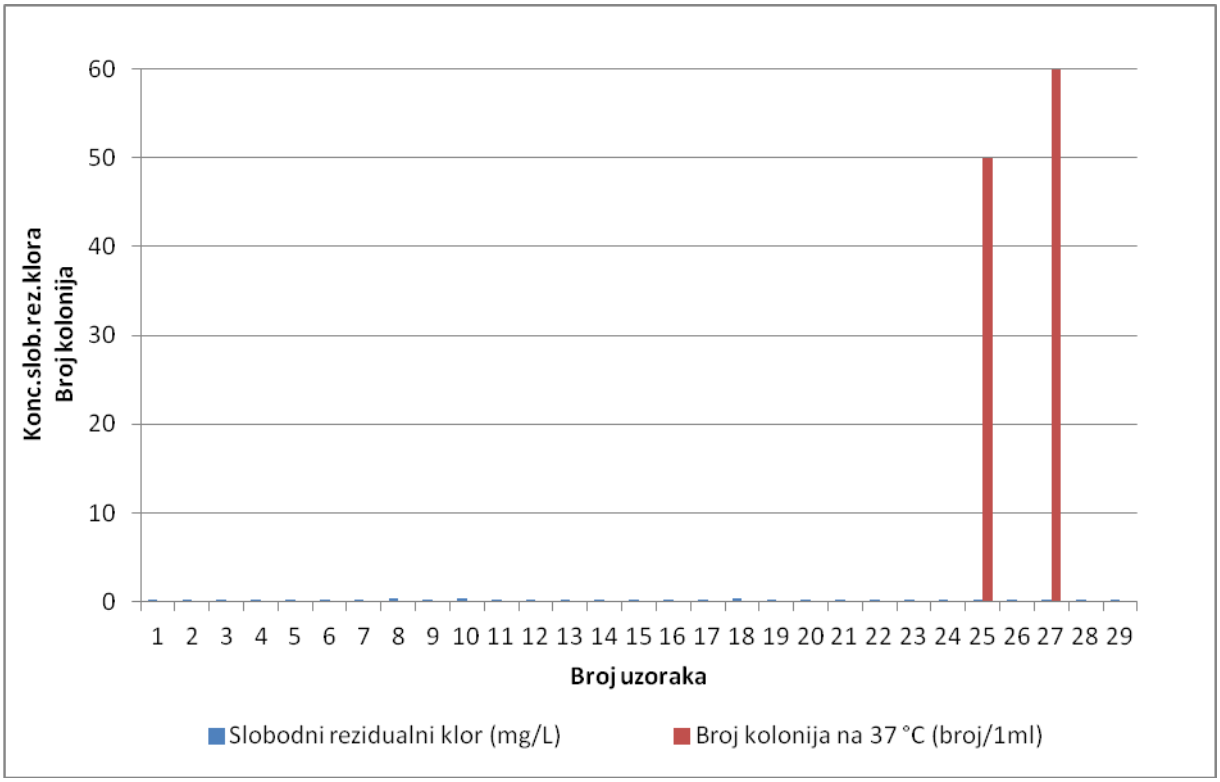


Slika 11. Grafički prikaz odnosa vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22°C tijekom 2012. godine

Slike 12 i 13 prikazuju odnose vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22 ° i 37 °C tijekom 2013. godine. Vidljivo je da nije došlo do odstupanja u vrijednostima koncentracije slobodnog klora tijekom 2013. godine. Prosječna vrijednost koncentracije slobodnog klora tijekom 2013. godine iznosila je 0,193 mg/L. Međutim, u 2013. godini došlo je do odstupanja u vrijednostima broja kolonija na 37 °C gdje je vrijednost u jednom uzorku iznosila 50, a u drugom 60. Iz ovoga se zaključuje da nema značajne povezanosti između vrijednosti koncentracije slobodnog klora i povišenih vrijednosti broja kolonija u gore navedenim uzorcima. Također je vidljivo da nije došlo do smanjenja vrijednosti koncentracije slobodnog klora, te se zaključuje da je dezinfekcija vodoopskrbnog sustava i tog dana bila učinkovita. Može se zaključiti da je došlo do naknadne, iznenadne kontaminacije vode u vodoopskrbnom sustavu.

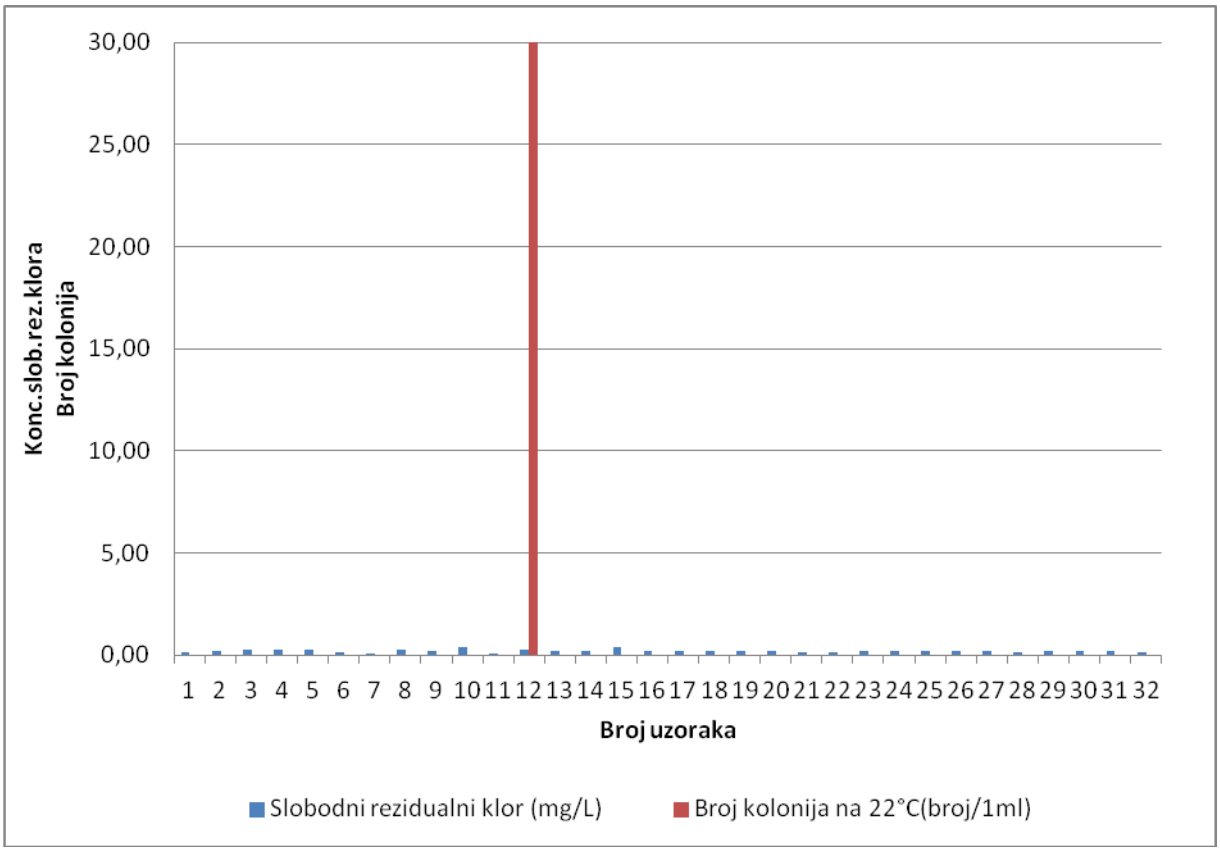


Slika 12. Grafički prikaz odnosa vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22 °C tijekom 2013. godine

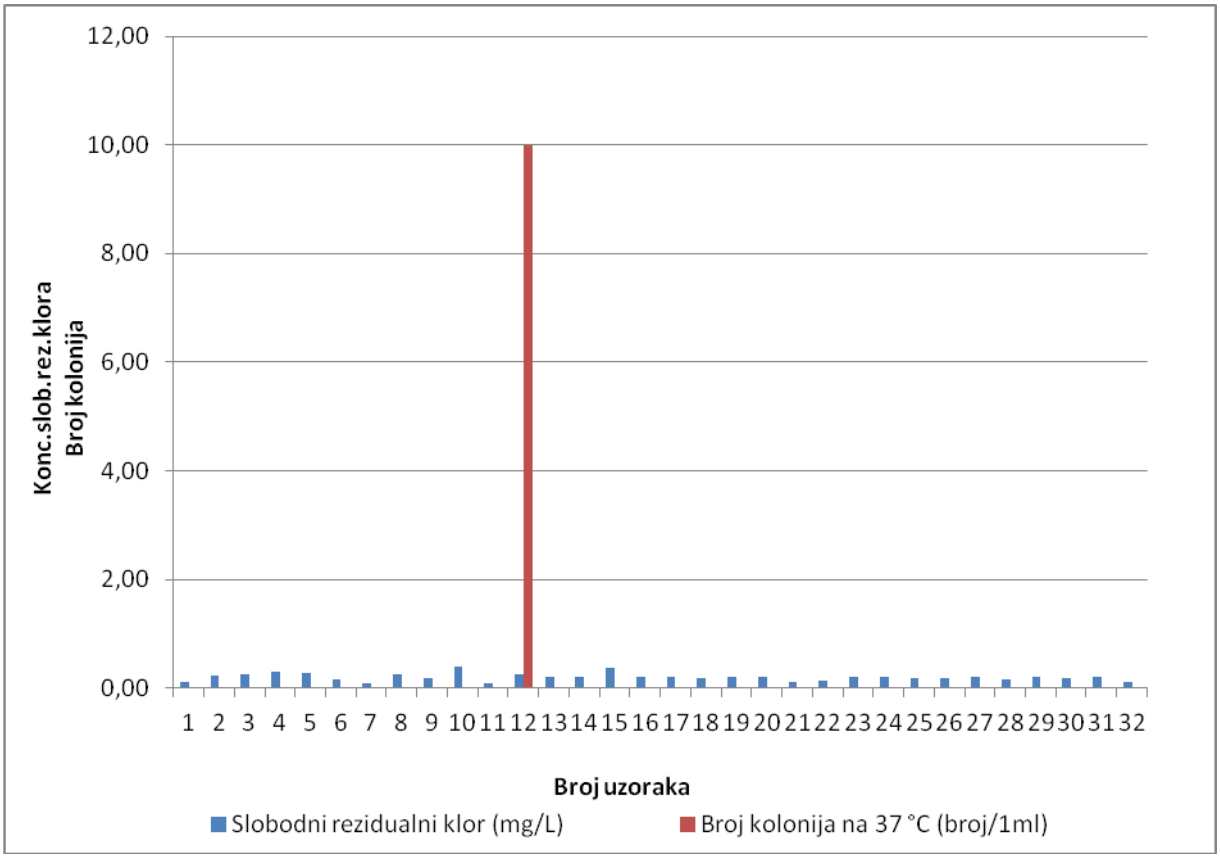


Slika 13. Grafički prikaz odnosa vrijednosti koncentracije rezidualnog klora i broja kolonija na 37 °C u 2013. godini

Slike 14 i 15 prikazuju odnose vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22° i 37 °C tijekom 2014. godine. Vidljivo je da nije došlo do odstupanja u vrijednostima koncentracije slobodnog klora u 2014. godini. Prosječna vrijednost koncentracije slobodnog klora u 2014. g. iznosila je 0,21 mg/L. Također je vidljivo da vrijednosti broja kolonija na 22 i 37 °C kod dva uzorka iznose više od nule, ali ipak ne prelaze MDK prema Pravilniku (NN 125/13, 141/13, 128/15), dok kod ostalih 30 uzoraka vrijednost broja kolonija iznosi nula. Iz ovoga se zaključuje da nije došlo do jače kontaminacije, s obzirom da su vrijednosti unutar vrijednosti određenih Pravilnikom (NN 125/13, 141/13, 128/15), te da je dezinfekcija vodoopskrbnog sustava i tad bila učinkovita.

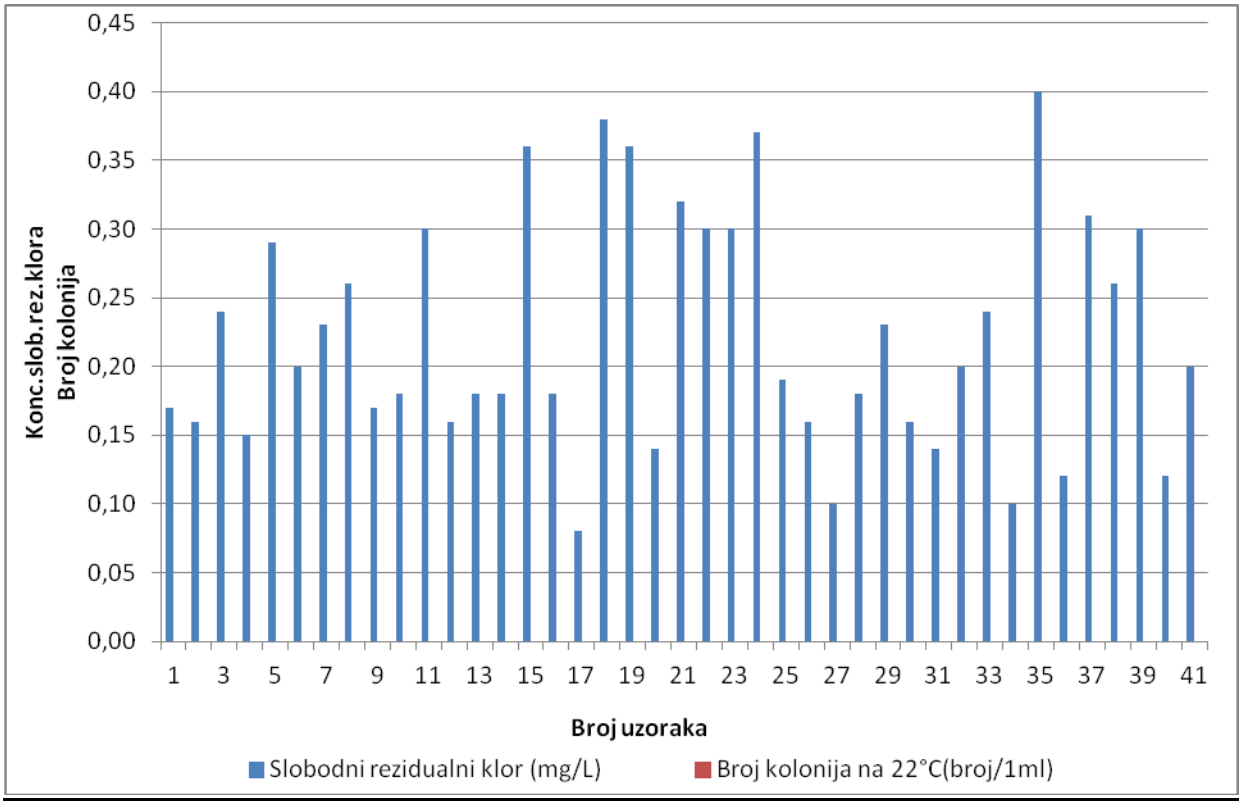


Slika 14. Grafički prikaz odnosa vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22 °C tijekom 2014. godine

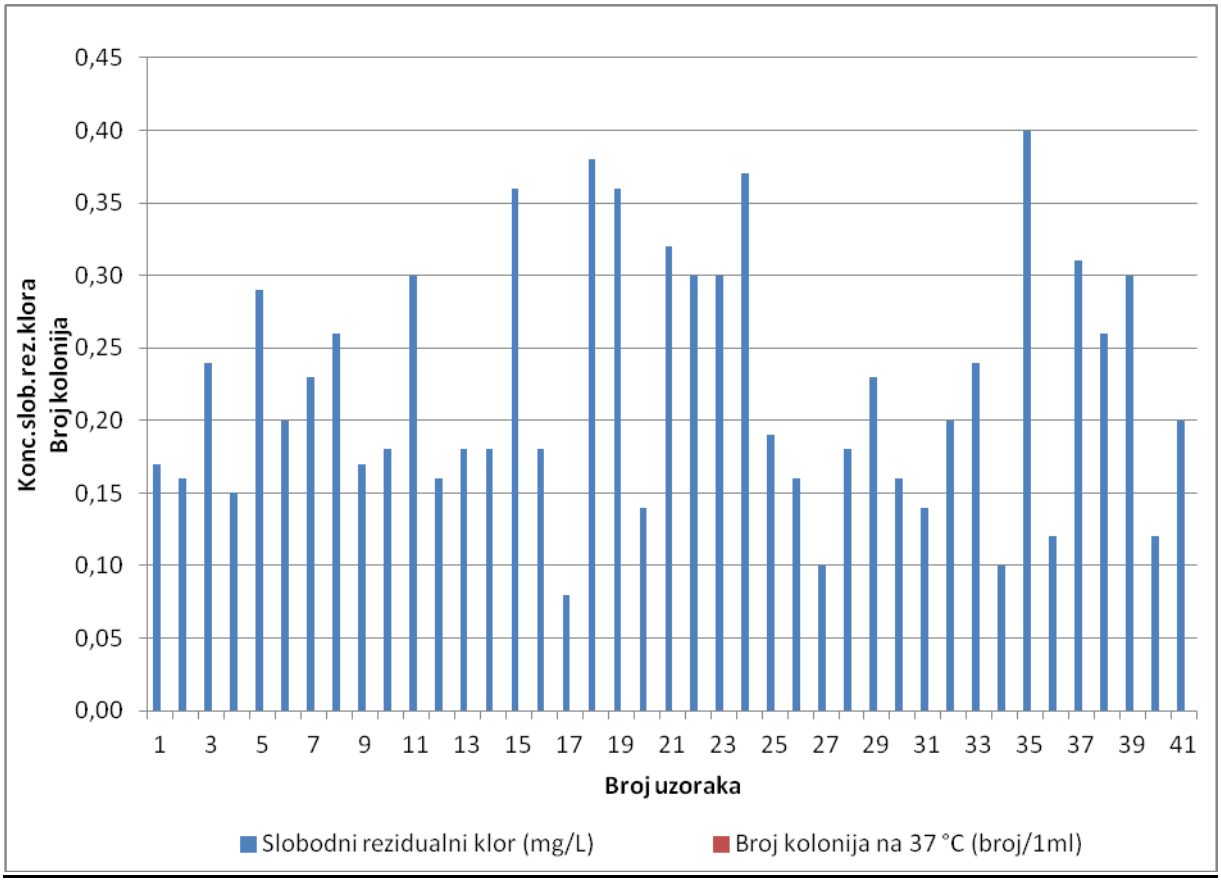


Slika 15. Grafički prikaz odnosa vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 37 °C tijekom 2014. godine

Slike 16 i 17 prikazuju odnose vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22° i 37 °C tijekom 2015. godine. Vidljivo je da nije došlo do odstupanja u vrijednostima koncentracije slobodnog klora tijekom 2015. godine. Prosječna vrijednost koncentracije slobodnog klora u 2015. godini iznosila je 0,22 mg/L. Također je vidljivo da su vrijednosti broja kolonija na 22 ° i 37 °C jednake nuli što ukazuje na učinkovitu dezinfekciju vode, te da voda u samom vodoopskrbnom sustavu naknadno nije bila kontaminirana.



Slika 16. Grafički prikaz odnosa vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22 °C tijekom 2015. godine.



Slika 17. Grafički prikaz odnosa vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 37 °C u 2015.godine.

Vrijednosti broja kolonija na 22 °C i 37 °C u vodi za ljudsku potrošnju uzorkovanu iz vodoopskrbnog sustava grada Šibenika u razdoblju od 2011. do 2015.godine

Broj kolonija na 22 ° i 37 °C u vodi za ljudsku potrošnju uzorkovanu i analiziranu od strane Službe za ekologiju ZZJZ Šibensko-kninske županije kod 154 od ukupno 156 analiziranih uzoraka imaju vrijednost nula.

Na **Slikama 8 i 9** je vidljivo da nije došlo do pojavnosti broja kolonija na 22 ° i 37 °C tijekom 2011. godine te se može zaključiti da je voda učinkovito dezinficirana i da nije došlo do naknadne kontaminacije unutar vodoopskrbnog sustava.

Na **Slikama 10 i 11** je vidljivo da nije došlo do pojavnosti broja kolonija na 22 ° i 37 °C tijekom 2012. godine te se može zaključiti da je voda učinkovito dezinficirana i da nije došlo do naknadne kontaminacije unutar vodoopskrbnog sustava.

Na **Slici 12** je vidljivo da je došlo do pojavnosti broja kolonija na 22 °C kod dva ispitana uzorka. Međutim, utvrđeni broj kolonija ne prelazi MDK od 100 prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/13, 141/13, 128/15) te se može zaključiti da je postupak dezinfekcije vode učinkovito proveden, a da do naknadne kontaminacije u vodoopskrbnom sustavu nije došlo.

Na **Slici 13** je vidljivo da je došlo do pojavnosti broja kolonija na 37 °C u dva uzorka. Vrijednost broja kolonija na 37 °C prelazi MDK od 20 prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/13, 141/13, 128/15). Možemo zaključiti da učinak dezinfekcije nije potpun ili da je došlo do naknadne kontaminacije vode u vodoopskrbnom sustavu grada Šibenika tijekom 2013. godine.

Na **Slikama 14 i 15** je vidljivo da je tijekom 2014. godine zabilježen slučaj s povećanom vrijednošću broja kolonija na 22°C i na 37 °C. Međutim, vrijednosti broja kolonija na 22 i 37 °C ne prelaze MDK prema Pravilniku (NN 125/13, 141/15, 128/15) te se zaključuje da je i tijekom 2014. godine učinkovitost dezinfekcije vode bila dobra te da nije zabilježena naknadna kontaminacija u vodoopskrbnom sustavu.

Na **Slikama 16 i 17** je vidljivo da nije došlo do pojavnosti broja kolonija na 22° i 37 °C te se može zaključiti da je voda učinkovito dezinficirana i da nije došlo do naknadne kontaminacije unutar vodoopskrbnog sustava.

4.1. UTJECAJ DIJELA GODINE NA UČINKOVITOST DEZINFEKCIJE VODE

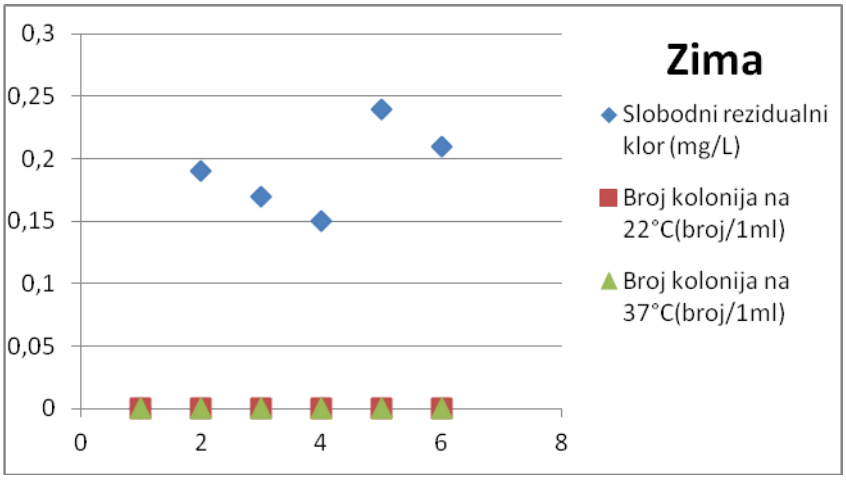
Utjecaj godišnjeg doba na učinkovitost dezinfekcije vode za ljudsku potrošnju grada Šibenika određen je grupiranjem i korelacijom podataka o koncentraciji slobodnog klora i broja kolonija na 22° i 37 °C u pojedinom dijelu godine, odnosno godišnjem dobu.

U **Tablici 11** i na **Slici 18** prikazana je pojavnost broja kolonija na 22 ° i 37 °C u zimskom periodu u razdoblju od 2011. – 2015. godine.

Iz navedene tablice i slike vidljivo je da nije došlo do pojavnosti broja kolonija na 22 ° i 37 °C u zimskom periodu u razdoblju od 2011. - 2015. godine, a Pearsonov koeficijent korelacije u tom slučaju iznosi nula.

Tablica 11. Prikaz vrijednosti praćenih parametara tijekom zimskih mjeseci u razdoblju od 2011. do 2015. godine.

Zima	Slobodni rezidualni klor (mg/L)	Broj kolonija na 22°C(broj/1ml)	Broj kolonija na 37°C(broj/1ml)
2011.	0,19	0	0
2012.	0,17	0	0
2013.	0,15	0	0
2014.	0,24	0	0
2015.	0,21	0	0
Pearsonov koeficijent korelacije		0	0



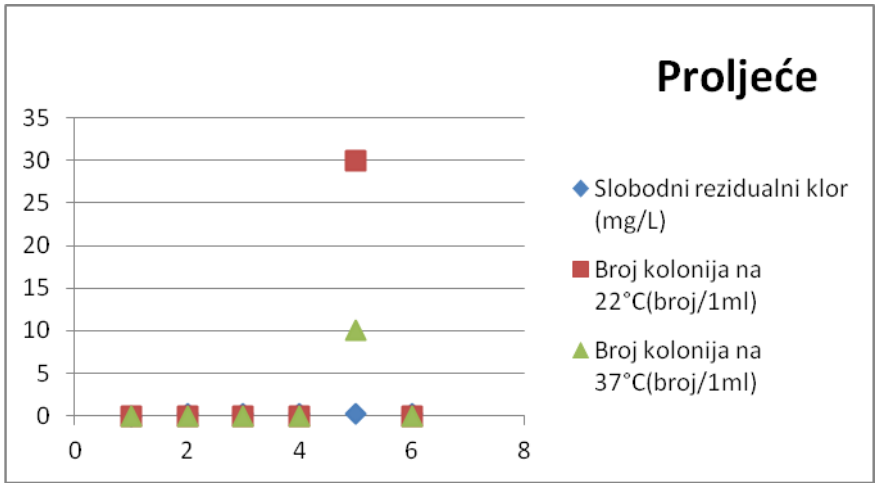
Slika 18. Grafički prikaz vrijednosti koncentracije slobodnog klora te broja kolonija na 22 ° i 37 °C tijekom zimskih mjeseci u razdoblju od 2011. do 2015. godine

U **Tablici 12** i na **Slici 19** prikazana je pojavnost broja kolonija na 22° i 37 °C tijekom proljetnih mjeseci u razdoblju od 2011. do 2015. godine. Može se uočiti da je tijekom proljetnih mjeseci zabilježena pojavnost broja kolonija na 22 ° i 37 °C. Međutim, vrijednosti broja kolonija ne prelaze MDK određenu Pravilnikom (NN 125/13, 141/13, 128/15).

Broj kolonija na 22 °C pokazuje negativnu korelaciju s promjenom koncentracije slobodnog klora, odnosno povećanjem koncentracije slobodnog klora opada broj kolonija na 22 °C i obrnuto. Pearson-ov koeficijent korelacije između koncentracije slobodnog klora iznosi -0,342997, dok za broj kolonija na 37 °C iznosi -0,343. Iz ovoga se se zaključuje da smanjenjem koncentracije slobodnog klora u vodi za ljudsku potrošnju dolazi do povećanja broja kolonija na 22° i 37 °C. Međutim, kako je vrijednost koeficijenta korelacije bliža nuli nego -1 i iz tablice je vidljivo da su vrijednosti koncentracije slobodnog klora unutar vrijednosti zadanih Pravilnikom (NN 125/13, 141/13, 128/15), može se zaključiti da ne postoji statistički značajnija korelacija između navedenih parametara i broja kolonija u ovom slučaju.

Tablica 12. Prikaz vrijednosti praćenih parametara tijekom proljetnih mjeseci u razdoblju od 2011. do 2015.godine

Proljeće	Slobodni rezidualni klor (mg/L)	Broj kolonija na 22°C(broj/1ml)	Broj kolonija na 37°C(broj/1ml)
2011.	0,25	0	0
2012.	0,24	0	0
2013.	0,22	0	0
2014.	0,23	30	10
2015.	0,25	0	0
Pearsonov koeficijent korelacije		-0,342997	-0,343



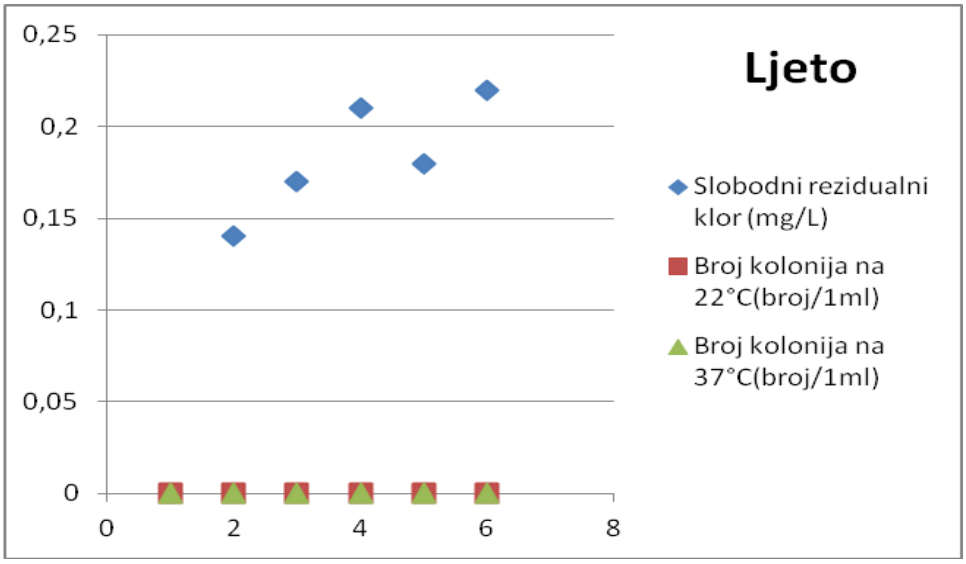
Slika 19. Grafički prikaz vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22 ° i 37 °C tijekom proljetnih mjeseci u razdoblju od 2011. do 2015. godine

U **Tablici 13** i na **Slici 20** prikazana je pojavnost broja kolonija na 22 ° i 37 °C u ljetnom periodu u razdoblju od 2011. do 2015. godine.

Iz navedene tablice i slike vidljivo je da nije došlo do pojavnosti broja kolonija na 22 ° i 37 °C u ljetnom periodu u razdoblju od 2011. - 2015. godine, a Pearsonov keoficijent korelacije u tom slučaju iznosi nula.

Tablica 13. Prikaz vrijednosti praćenih parametara tijekom ljetnih mjeseci u razdoblju od 2011. do 2015. godine

Ljeto	Slobodni rezidualni klor (mg/L)	Broj kolonija na 22 °C (broj/1ml)	Broj kolonija na 37 °C (broj/1ml)
2011.	0,14	0	0
2012.	0,17	0	0
2013.	0,21	0	0
2014.	0,18	0	0
2015.	0,22	0	0
Pearsonov koeficijent korelacije		0	0



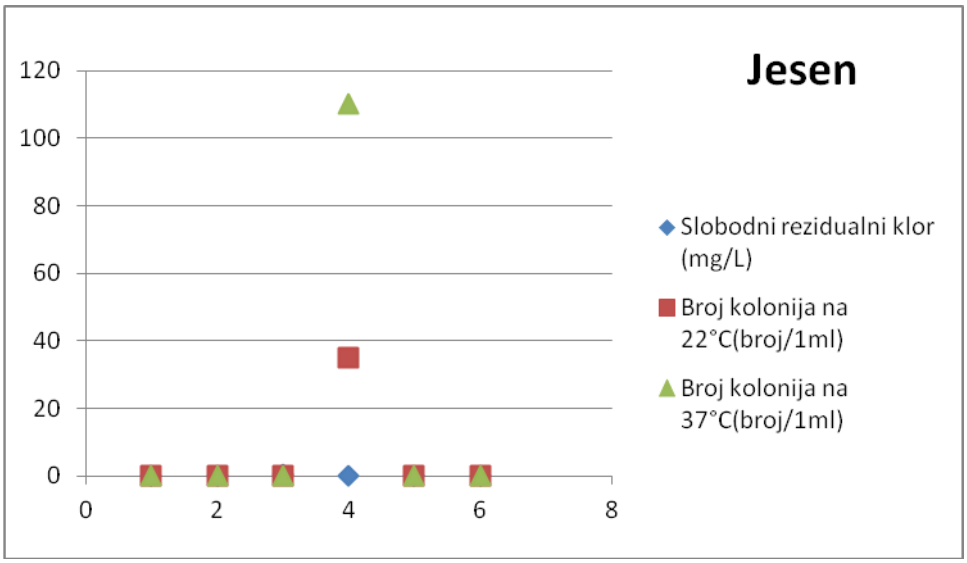
Slika 20. Grafički prikaz vrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22 ° i 37 °C tijekom ljetnih mjeseci u razdoblju od 2011. do 2015. godine

U **Tablici 14** i na **Slici 21** prikazana je pojavnost broja kolonija na 22 ° i 37 °C tijekom jesenskih mjeseci u razdoblju od 2011. do 2015. godine. Može se uočiti da je tijekom jesenskih mjeseci zabilježena pojavnost broja kolonija na 22 ° i 37 °C.

Broj kolonija na 22°C pokazuje negativnu korelaciju s promjenom koncentracije slobodnog klora, odnosno povećanjem koncentracije slobodnog klora opada broj kolonija na 22°C i obrnuto. Pearson-ov koeficijent korelacije između koncentracije slobodnog klora iznosi -0,583333, dok za broj kolonija na 37 °C iznosi -0,58333. Iz ovoga se se zaključuje da smanjenjem koncentracije slobodnog klora u vodi za ljudsku potrošnju dolazi do povećanja broja kolonija na 22 ° i 37 °C. Pošto je iz tablice također vidljivo da koncentracija slobodnog klora u tom periodu ima najmanju vrijednost, i da koeficijent korelacije ima vrijednost bliže -1, može se zaključiti da postoji statistički značajna korelacija između navedenih parametara. Iz ovoga se može zaključiti da učinkovitost dezinfekcije u jesenskom periodu 2013. godine nije bila dobra ili je došlo do naknadne kontaminacije vode u vodoopskrbnom sustavu.

Tablica 14. Prikaz vrijednosti praćenih parametara tijekom jesenskih mjeseci u razdoblju od 2011. do 2015. godine.

Jesen	Slobodni rezidualni klor (mg/L)	Broj kolonija na 22°C(broj/1ml)	Broj kolonija na 37°C(broj/1ml)
2011.	0,21	0	0
2012.	0,25	0	0
2013.	0,18	35	110
2014.	0,19	0	0
2015.	0,21	0	0
Pearsonov koeficijent korelacije		-0,583333	-0,58333



Slika 21. Grafički prikazvrijednosti koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22 ° i 37 °C tijekom jesenskih mjeseci u razdoblju od 2011. do 2015. godine

Tablica 15. Prikaz vrijednosti koncentracije slobodnog klora u razdoblju od 2011. do 2015.g. kroz sva godišnja doba

Slobodni rezidualni klor (mg/L)	Zima	Proljeće	Ljeto	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
Prosječna vrijednost slob. rez.klora	**0,192**	**0,238**	**0,184**	**0,208**

Iz **Tablice 14** mogu se vidjeti prosječne vrijednosti koncentracije slobodnog klora kroz sva godišnja doba u period od 2011.do 2015. godine. Najmanja prosječna vrijednost zabilježena je u ljeto 2013. godine, a iznosila je 0,184 mg/L.

Poznato je da vanjska temperature utječe na potrošnju klora, te na taj način možemo pretpostaviti da je ljeti povećana koncentracija mikroorganizama koji troše klorni preparat za oksidaciju. Svakako treba uzeti u obzir i činjenicu da nije došlo do pojavnosti broja kolonija u niti jednoj godini u ljetnim mjesecima (**Tablica 13**), te se zaključuje da je učinkovitost dezinfekcije vode u vodopskrbnom sustavu bila dobra.

5. ZAKLJUČCI

U ovom radu obrađeni su podaci analitičkih izvješća o kakvoći vode za ljudsku potrošnju uzorkovanoj u vodoopskrbnom sustavu grada Šibenika u razdoblju od 2011. do 2015. godine. Statistički su analizirani podaci o koncentraciji slobodnog klora i broja kolonija na 22 ° i 37 °C dobiveni od strane Službe za ekologiju Zavoda za javno zdravstvo Šibensko-kninske županije.

Na osnovi obrade rezultata provedene u ovom radu mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Vrijednosti koncentracije slobodnog klora u ukupno 156 analiziranih uzoraka bile su u skladu s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/13, 141/13, 128/15) te nisu prelazile Pravilnikom zadanu MDK vrijednost od 0,5 mg/L.
- Najveće vrijednosti broja kolonija na 22° i 37 °C zabilježene su tijekom jeseni 2013. godine pri čemu su vrijednosti parametra broj kolonija na 22 °C bile ispod MDK vrijednosti definirane navedenim Pravilnikom (NN 125/13, 141/13, 128/15), dok je kod parametra broj kolonija na 37 °C kod dva slučaja zabilježeno odstupanje i veća vrijednost od MDK vrijednosti. Iz ovoga se može zaključiti da je unatoč odgovarajućim vrijednostima koncentracije slobodnog klora toga dana došlo do iznenadne ili naknadne kontaminacije u samom vodoopskrbnom sustavu.
- Koncentracija slobodnog klora u različitim godišnjim dobima u razdoblju od 2011. do 2015. godine bile su ujednačene. Najmanja prosječna vrijednost koncentracije slobodnog klora zabilježena je tijekom ljetnih mjeseci svih navedenih godina što potkrijepljuje činjenicu da povišena temperatura ubrzava gubitak, odnosno isparavanje klora iz vode te ubrzava porast mikroorganizama općenito.
- Kod najvećeg dijela praćenih parametara nije utvrđena korelacija između koncentracije slobodnog klora i broja kolonija na 22 ° i 37 °C, odnosno koeficijent korelacije između analiziranih parametara bio je jednak nuli.
- Negativna korelacija zabilježila kod dva uzorka kod kojih je, uslijed smanjene koncentracije slobodnog klora došlo do porasta broja kolonijana 37 °C.

Na temelju gore navedenog može se zaključiti da je voda za ljudsku potrošnju na području grada Šibenika iznimne kakvoće, a što je, prije svega, uvjetovano kvalitetom izvorišta, odnosno iznimno visokom kakvoćom rijeke Krke koja napaja vodocrpilišta grada Šibenika.

Također se može zaključiti da je dezinfekcija vode i održavanje vodopskrbnog sustava koju provodi tvrtka Vodovod i odvodnja d.o.o. iz Šibenika bila učinkovita tijekom ispitivanog petogodišnjeg razdoblja (2011. - 2015. godine).

6. LITERATURA

Enviroment Agency: *The microbiology of Drinking water–Part 1*. Water quality and public health.Methods for the Examination of Waters and Asociated Materials, Rotherham 2002.https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/316838/mdwpart1.pdf [26.5.2016.]

Capak K, Dadić Ž: *Dezinfekcija vode,* Pliva, Zagreb, 2014. www.plivazdravlje.hr [15.5.2016.]

Gjetvaj G : Podzemne vode u kršu, Hidraulika, 2006. https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/PREDAVANJA_1/PREDAVANJA/h06-osnove_hidraulike_krsa.pdf [1.6.2016.]

Habuda- Stanić M, Santo V, Sikora M, Benkotoć S: 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, 2013.

http://www.vodovodsib.hr/materijali/0.2._SVJETSKI_DAN_VODA.pdf [31.5.2016.]

http://www.vodovodsib.hr/o-nama/ [29.5.2016.]

http://www.vodovodsib.hr/o-nama/,http://www.vodovodsib.hr/index.php/ [1.6.2016.]

http://www.vodovodsib.hr/povijest/(http://www.vodovodsib.hr/index.php) [1.6.2016.]

https://www.google.hr/search?q=jaruga&client=firefox-b&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjcm4DArZvNAhXlIpoKHW4sBCcQ_AUICCgB&biw=1280&bih=691#tbm=isch&q=rije%C4%8Dni+tok+krka&imgrc=hugK770BlMykyM%3A [4.6.2016.]

Marguš D, Ferić S:Razvojna strategija Šibensko-kninske županije*, Priroda 12/02,* 2002.

Mayer D: *Voda od nastanka do upotrebe*, Prosvjeta, Zagreb, 2004.

Mijatović I, Matošić M: *Tehnologija vode (interna skripta).* Prehrambeno biotehnološki fakultet, Zagreb, 2008.

Ministarstvo regionalnog razvoja, šumarstva i vodnog gospodarstva RH: *Pravilnik o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta*, NN 66/11, 47/13.

Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi RH: *Zakon o vodi za ljudsku potrošnju*, NN 56/13, 64/15.

Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi RH: *Pravilniko parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju*. Narodne novine 125/13, 141/13, 128/15, 2013.

Nadilo B: Vodoopskrba Šibensko-kninske županije i gradnja vodospremnika u Lozovcu. *Građevinar* 52 (4) 2000.

Tworth A, Ratnayaka D, Brandt M: *Water supply,* 5th Edition, IWA Publishing, London, 248-249, 2000.

Valić F: *Zdravstvena ekologija*, Medicinska naklada, Zagreb, 2001.

Vuković Ž: *Opskrba vodom i odvodnja I*., Zagreb, 2016. https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/Predavanja_prilagodjenja_ispisu.pdf [20.5.2016.]

World Health Organization: *Guidelines for Drinking-water Quality*, Third edition, Volume 1, Recommendations, Geneva, 2004. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.pdf [26.6.2016.]

World Health Organization: *Heterotrophic Plate Counts and Drinking-water safety.*The significant of HPCs for Water Quality and Human Health, London 2003.http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/HPCFull.pdf [26.6.2016.]

World Health Organization: *Measuring chlorine levels in water supplies*, Geneva, 2011. http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/tn11_chlorine_levels_en.pdf [27.6.2016.]

Zavod za javno zdravstvo Šibensko kninske županije: *Monitoring vode za piće u Šibensko-kninskoj županiji, 2011.*http://www.zzjz-sibenik.hr/docs/hr/novosti/2014/19-09-2014/Izvjestaj-Monitoring-vode-za-pice-u-SKZ-u2011.pdf [20.5.2016.]