

# Utjecaj ispiranja vodoopskrbne mreže na mikrobiološku i fizikalno-kemijsku kvalitetu vode za ljudsku potrošnju

---

Žinić, Helena

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:109:379464>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)/[Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**

REPOZITORIJ

PTFS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**Helena Žinić**

**UTJECAJ ISPIRANJA VODOOPSKRBNNE MREŽE NA MIKROBIOLOŠKU I  
FIZIKALNO-KEMIJSKU KVALITETU VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU**

**DIPLOMSKI RAD**

**Osijek, rujan 2023.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek  
Zavod za primijenjenu kemiju i ekologiju  
Katedra za ekologiju i toksikologiju  
Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

### Diplomski sveučilišni studij ...Prehrambeno inženjerstvo

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti

**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija

**Nastavni predmet:** Tehnologija vode i obrada otpadnih voda

**Tema rada** je prihvaćena na X. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2022./2023. održanoj dana 17. srpnja 2023. godine.

**Mentor:** prof. dr. sc. *Mirna Habuda-Stanić*

**Pomoć pri izradi:** *dr. sc. Željka Romić*

### Utjecaj ispiranja vodoopskrbne mreže na mikrobiološku i fizikalno-kemijsku kvalitetu vode za ljudsku potrošnju *Helena Žinić, 0113147409*

#### Sažetak:

Ispiranje vodoopskrbne mreže jedna je od mjera prevencije narušavanja kvalitete vode za ljudsku potrošnju koja se putem vodoopskrbne mreže distribuira potrošačima. Cilj diplomskog rada je praćenjem fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara utvrditi učinkovitost ispiranja vodoopskrbne mreže grada Osijeka. Učinkovitost ispiranja mreže biti će određena analizom sljedećih parametara: mutnoća, boja, koncentracija željeza, koncentracija slobodnog klora, ukupni broj kolonija na 22 °C i 36 °C te *Escherichia coli*, Enterokoki i *Pseudomonas aeruginosa* ili *Clostridium perfringens*.. Osim ovisnosti udaljenosti pogona na kvalitetu vode, praćen je i utjecaj promijenjenog dezinfekcijskog sredstva na kvalitetu vode.

**Ključne riječi:** voda za ljudsku potrošnju, ispiranje vodoopskrbne mreže, kvaliteta vode, Vodovod-Osijek d.o.o.

**Rad sadrži:** 58 stranica  
18 slika  
9 tablica  
0 priloga  
17 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

#### Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. prof. dr. sc. <i>Dajana Gašo-Sokač</i>   | predsjednik   |
| 2. prof. dr. sc. <i>Mirna Habuda-Stanić</i> | član-mentor   |
| 3. doc. dr. sc. <i>Valentina Bušić</i>      | član          |
| 4. doc. dr. sc. <i>Tihomir Kovač</i>        | zamjena člana |

**Datum obrane:** 27. rujan 2023.

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

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek  
Faculty of Food Technology Osijek  
Department of Applied Chemistry and Ecology  
Subdepartment of Ecology and Toxicology  
Franje Kuhača 18, HR-31000 Osijek, Croatia

### Graduate program ...

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Food Technology

**Course title:** Food Engineering

**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. X.held on July 17, 2023

**Mentor:** *Mirna Habuda-Stanić*, PhD, prof.

**Technical assistance:** *Željka Romić*, PhD

**The effect of water supply system flushing on the microbiological and physical-chemical quality of water for human consumption**

*Helena Žinić* 0113147409

### Summary: (up to 200 words)

Flushing the water supply network is one of the measures to prevent deterioration of the quality of water for human consumption that is distributed to consumers through the water supply network. The aim of the thesis is to determine the effectiveness of flushing the water supply network of the city of Osijek by monitoring the physical, chemical and microbiological parameters. The effectiveness of net washing will be determined by analysing the following parameters: turbidity, color, iron concentration, free chlorine concentration, total number of colonies at 22 °C and 36 °C and *Escherichia coli*, *Enterococci*, *Pseudomonas aeruginosa* or *Clostridium perfringens*. In addition to the dependence of the plant distance on water quality, the influence of the changed disinfectant on water quality was also monitored.

**Key words:** water for human consumption, supply system flushing, water quality, Vodovod-Osijek d.o.o.

**Thesis contains:** 58 pages  
18 figures  
9 tables  
0 supplements  
17 references

**Original in:** Croatian

### Defense committee:

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. <i>Dajana Gašo-Sokač</i> , PhD, prof.         | chair person |
| 2. <i>Mirna Habuda-Stanić</i> , PhD, prof.       | supervisor   |
| 3. <i>Valentina Bušić</i> , PhD, assistant prof. | member       |
| 4. <i>Tihomir Kovač</i> , PhD, assistant prof.   | stand-in     |

**Defense date:** 27 September 2023.

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

## **Zahvala...**

*Ovim putem želim se zahvaliti svojoj cijenjenoj mentorici prof. dr. sc. Mirni Habuda-Stanić te dr. sc. Željki Romić na svakoj pomoći, pristupačnosti i strpljenju prilikom izrade ovog diplomskog rada.*

*Neizmjereno hvala mojim roditeljima koji su me bodrili i motivirali tokom svih 5 godina studiranja. Mami Mireli na podršci i razumijevanju te tati Veljku što me gurao kako bih bila tu gdje jesam.*

*Veliko hvala i svim mojim prijateljima koji su bili uz mene tokom studiranja, a posebice curama koje sam upoznala na faksu koje su mi uljepšale period studiranja i bez kojih bi sve bilo puno teže. Hvala i dečku Bruni na strpljenju i slušanju svih muka tokom studiranja.*

## SAŽETAK

Ispiranje vodoopskrbne mreže pomaže pri održavanju kvalitete vode za ljudsku potrošnju koja se putem vodoopskrbne mreže distribuira potrošačima jer sprječava akumulaciju bakterija i drugih potencijalnih zagađivača u vodoopskrbnoj mreži. Učinkovitost ispiranja mreže bit će određena parametrima poput boje, mutnoće, koncentracije željeza, koncentracije slobodnog klora, ukupnog broja kolonija na 22 °C i 36 °C te Enterokoka, *Escherichie Coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ili *Clostridium perfringens*. Cilj diplomskog rada je obradom analitičkih izvješća o kakvoći vode unazad pet godina (2018.-2022. godine), ustupljenih od tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o. Osijek te prikupljenih svakodnevnim uzorkovanjem utvrditi ovisnost kakvoće vode, distribuirane putem vodoopskrbne mreže, s obzirom na udaljenost od pogona za proizvodnju vode. Osim ovisnosti udaljenosti pogona na kvalitetu vode, praćen je i utjecaj promijenjenog dezinfekcijskog sredstva hipoklorita na kakvoću vode. Također, navedenim fizikalno-kemijskim i mikrobiološkim parametrima utvrditi će se učinkovitost ispiranja vodoopskrbne mreže grada Osijeka i kvaliteta vode dostupne potrošačima.

Ključne riječi: voda za ljudsku potrošnju, ispiranje vodoopskrbne mreže, kvaliteta vode, Vodovod-Osijek d.o.o.

## **ABSTRACT**

Rinsing the water supply network helps maintain the quality of water available for human consumption and prevents the accumulation of bacteria and other potential contaminants in the water supply network. The effectiveness of net washing will be determined by parameters such as color, turbidity, iron concentration, free chlorine concentration, total number of colonies at 22 °C and 36 °C and *Enterococcus*, *Escherichia Coli*, *Pseudomonas aeruginosa* or *Clostridium perfringens*. The aim of the thesis is to process analytical reports on water quality for the past five years (2018-2022), provided by the company Vodovod-Osijek d.o.o. Osijek and collected by daily sampling to determine the dependence of the quality of water, distributed through the water supply network, with regard to the distance from the water production facility. Also, the specified physico-chemical and microbiological parameters will determine the effectiveness of rinsing the water supply network of the city of Osijek and, therefore, the quality of water available to consumers

Key words: water for human consumption, supply system flushing, water quality, Vodovod-Osijek d.o.o.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	9
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	3
2.1. VODA .....	4
2.2. VODA ZA LJUDSKU POTROŠNJU .....	4
2.4. VODOOPSKRBNI SUSTAV GRADA OSIJEKA .....	8
2.4.1. Pogon za preradu vode tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o. ....	9
2.4.2. Vodoopskrbna mreža grada Osijeka.....	12
2.4.3. Ispiranje vodoopskrbne mreže grada Osijeka .....	13
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	14
3.1. ZADATAK.....	15
3.2. MATERIJALI I METODE.....	15
3.3. MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI KVALITETE VODE .....	16
3.4. FIZIKALNO-KEMIJSKI POKAZATELJI KVALITETE VODE .....	17
3.4.1. Boja vode .....	17
3.4.2. Mutnoća vode .....	19
3.4.3. Tvrdoća vode .....	20
3.4.4. Koncentracija vodikovih iona (pH vrijednost) .....	20
3.4.5. Kloridi.....	21
3.4.6. Nitrati i nitriti .....	21
3.4.7. Željezo i mangan.....	21
3.4.8. Arsen.....	22
3.4.9. Utrošak kalijevog permanganata.....	22
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	23
4.1. Kvaliteta vode u vodoopskrbnoj mreži tijekom 2018. godine.....	24
4.2. Kvaliteta vode u vodoopskrbnoj mreži tijekom 2019. godine.....	28
4.3. Kvaliteta vode u vodoopskrbnoj mreži tijekom 2020. godine.....	33
4.4. Kvaliteta vode u vodoopskrbnoj mreži tijekom 2021. godine.....	37
4.5. Kvaliteta vode u vodoopskrbnoj mreži tijekom 2022. godine.....	42
<b>5. ZAKLJUČCI</b> .....	53
<b>6. LITERATURA</b> .....	57



## **Popis oznaka, kratica i simbola**

PTF	Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
MDK	Maksimalna dopuštena količina
WHO	World Health Organization, Svjetska zdravstvena organizacija

## **1.UVOD**

Voda je jednostavna molekula koja se sastoji od dva pozitivno nabijena atoma vodika i jednog negativno nabijenog atoma kisika. Budući da molekula vode ima i negativan i pozitivan dio, svaku stranu privlače molekule suprotnog naboja te na taj način dolazi do povezivanja vezama s drugim molekulama u njezinu okruženju. Voda sudjeluje u brojnim biološkim i kemijskim procesima poput fotosinteze ili u izgradnji određenih komponenata stanice, stoga se važnost dostupne kvalitetne vode ne može podcijeniti. Sigurna i lako dostupna čista voda je neophodna, bilo da se koristi u kućanstvu za piće ili druge potrebe te u proizvodnji hrane i napitaka. Stoga, neovisno o njoj namjeni, važno je da je voda zdravstveno ispravna jer, u suprotnom, predstavlja veliki rizik za širenje zaraznih bolesti. Kako bi se spriječilo širenje bolesti, bitno je poznavati fizikalna, kemijska i mikrobiološka svojstva vode te redovito provoditi organizirani i periodični monitoring koji predstavlja zakonsku obavezu svih tvrtki koje pružaju uslugu javne vodoopskrbe. Monitoring provode ovlaštene ustanove koje u slučaju određenih odstupanja u kvaliteti vode ili kontaminacije, mogu odgovarajućim propisanim tehnikama za preradu vode poduzeti određene mjere. Jedna od mjera osiguranja kvalitete vode je redovito održavanje vodoopskrbne mreže koje podrazumijeva nadzor integralnosti mreže te nadzor nad kvalitetom vode za ljudsku potrošnju, naročito u pogledu njene mikrobiološke ispranosti. U mjere osiguranja kvalitete vode u vodoopskrbnom sustavu ubraja se ispiranje vodovodne mreže. Ispiranje mreže je postupak kojim se mreža ispire otvaranjem hidranata pri čemu dolazi do naglog istjecanja vode iz mreže pod djelovanjem tlaka u mreži. Učinkovitost ispiranja prati se određivanjem vrijednosti parametara kvalitete vode poput pH, zamućenja, boje, tvrdoće i prisutnosti bakterija ili pojedinih metala. Na kvalitetu vode u mreži utječe tehnološki postupak prerade vode te pogonska dezinfekcija vode. Vodoopskrbni sustav grada Osijeka obuhvaća 768 km vodovodne mreže te ima za mogućnost zahvaćanja vode s dva crpilišta, odnosno crpilišta Vinogradi, moderniziranog crpilišta podzemnih voda koje se primarno koristi te crpilišta Pampas na rijeci Dravi koje služi kao rezervno crpilište vode. Cilj ovog rada je praćenjem fizikalno-kemijske te mikrobiološke kvalitete vode u vodoopskrbnoj mreži tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o. odrediti utjecaj i učinkovitost ispiranja mreže na kvalitetu vode koja se putem vodoopskrbnog sustava distribuira potrošačima. Učinkovitost će se pratiti s obzirom na udaljenost od samog proizvodnog pogona i vrstu primijenjenog dezinfekcijskog sredstva. U radu su obrađeni rezultati tijekom petogodišnjeg razdoblja (2018. - 2022.) tijekom kojeg je došlo do promjene tehnologije obrade vode u pogonu tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o.

## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1. VODA

Voda je najvažniji kemijski spoj svih živih organizama bez koje život na Zemlji u postojećem obliku ne bi bio moguć. Svi biološki procesi odvijaju se u vodenoj sredini. Voda se sastoji od dva atoma vodika i jednog atoma kisika. Kemijska građa molekule vode koja čini dva slobodna elektronska para na kisikovu atomu te kovalentne veze među atomima koje zatvaraju kut od 104,5°, daju vodi specifična fizikalna i kemijska svojstva. Uz pomoć vodikovih veza, molekule vode i u tekućem i u čvrstom agregatnom stanju, tvore nakupine novih molekula. Upravo zbog svoje polarnosti, voda u prirodi nikada nije kemijski čista jer otapa mineralne tvari iz tla i sadrži hidrogenkarbonate, kloridne i sulfatne anione te kalcijeve, natrijeve i magnezijeve katione. Takvu se voda naziva tvrdom vodom zbog nastanka netopljivih produkata poput kalcijeva karbonata (CaCO<sub>3</sub>). Kalcijev karbonat je posebice štetan u kućanskim aparatima kada se nataloži te visokotlačnim parnim kotlovima u industriji. Voda kao dobro otapalo, u ljudskom organizmu je glavni sastojak tjelesnih tekućina važan za opskrbu organa svim hranjivim sastojcima te sudjeluje u uklanjanju štetnih tvari iz organizma znojenjem, mokraćom te disanjem (WHO, 2023.).

**Tablica 1.** Rasprostranjenost udjela vode na Zemlji (Hrvatska enciklopedija, 2021.)

<b>Morska voda</b>	<b>96,652%</b>
<b>Polarni led i ledenjaci</b>	<b>1,702%</b>
<b>Podzemna voda</b>	<b>1,631%</b>
<b>Površinske vode (rijeke i jezera)</b>	<b>0,013%</b>
<b>Voda u tlu</b>	<b>0,001%</b>

## 2.2. VODA ZA LJUDSKU POTROŠNJU

Voda za ljudsku potrošnju uključuje svu vodu, bilo da je u njenom izvornom ili obrađenom stanju, koja se upotrebljava za pripremu hrane, za piće, u kućanstvu ili za neke druge potrebe domaćinstva neovisno o tome upotrebljava li se iz vodoopskrbne mreže, cisterne ili iz staklene

odnosno plastične ambalaže. Takva voda mora biti zdravstveno ispravna. Glavni pokazatelji zdravstvene ispravnosti vode za piće su stopa onečišćenja vode fekalijama i štetnim kemijskim spojevima te prisutnost neugodnog mirisa, boje i okusa.

Pitka voda treba biti, bilo da je podzemna, bunarska ili površinska, bez mirisa i boje te, radi dobrog okusa, treba sadržavati otopljeni kisik, ugljikov dioksid i topljive soli poput NaCl i NaHCO<sub>3</sub>. Ukoliko je pitka voda onečišćena nitratima, nitritima, patogenih bakterijama, organskim tvarima, manganovim ili željeznim solima te nekim drugim štetnim tvarima, mora se prije puštanja u vodoopskrbni sustav dezinficirati klorom ili ozonom. Zdravstvena ispravnost vode određuje se na temelju zakona i propisa koji definiraju zahtjeve u pogledu fizikalne, kemijske i mikrobiološke kvalitete vode. U Republici Hrvatskoj kvaliteta vode za ljudsku potrošnju definirana je na temelju:

- Smjernica Europske komisije (80/778EEC, Council Directive 98-83-EC Drinking Water Standards)
- Preporuka Svjetske zdravstvene organizacije
- Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23)
- Pravilnika o parametrima zdravstvene ispravnosti materijala i predmeta koji dolaze u dodir s vodom namijenjenom za ljudsku potrošnju (NN 64/23)

Navedenim pravilnicima propisuju se:

- Mikrobiološki i kemijski parametri zdravstvene ispravnosti
- Maksimalno dopuštena koncentracija (MDK)
- Uzorkovanje te učestalost uzimanja uzoraka vode za ljudsku potrošnju
- Granične vrijednosti koje pokazuju zdravstvenu ispravnost
- Analitičke metode i analize laboratorijskog ispitivanja kakvoće vode (NN 64/23, 2023; Privredni.hr, 2019.)

Prema Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23), zdravstveno ispravna voda za ljudsku potrošnju ne smije sadržavati mikroorganizme, parazite i njihove razvojne oblike u broju koji predstavlja opasnost za zdravlje ljudi. Ne smije sadržavati tvari u koncentracijama koje same ili u kombinaciji s

drugim tvarima predstavljaju opasnost za ljudsko zdravlje te ne prelaze vrijednosti iskazane u tablicama 1., 2., 3. i 4 navedenog Pravilnika (NN 64/23, 2023.;NZJZ SDŽ, 2023.).

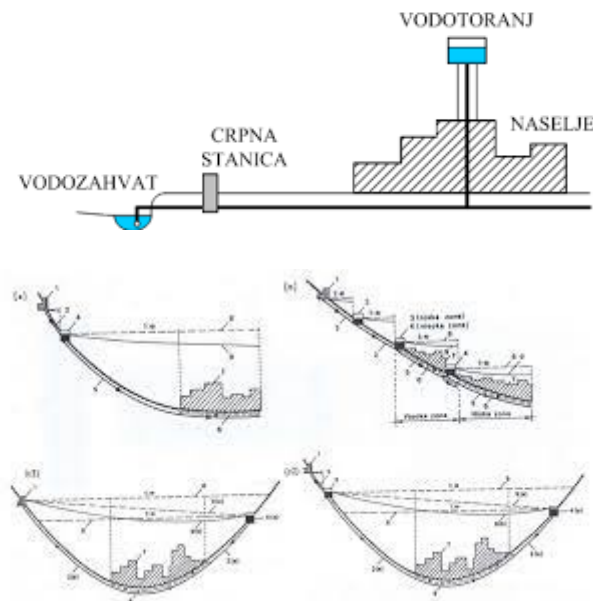
Hrvatska se nalazi na samome europskom vrhu po dostupnosti pitke vode prema podacima Eurostata te ima najviše zaliha vode po glavi stanovnika u EU. Najveći postotak (90 %) navedenih vodoopskrbnih sustava vodom se snabdjeva iz podzemnih voda (Privredni.hr, 2019).

**Tablica 2.** Mikrobiološki pokazatelji ispravnosti kakvoće vode za ljudsku potrošnju prema Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23)

Pokazatelj	Jedinice voda za piće	MDK	Jedinice voda u ambalaži
<i>Escherichia coli</i>	broj/100 ml	0	broj/250 ml
Enterokoki	broj/100 ml	0	broj/250 ml
Ukupni koliformi	broj/100 ml	0	broj/250 ml
<i>Clostridium perfringens</i> (uključujući spore)	broj/100 ml	0	broj/100 ml
Broj kolonija 22°C	broj/1 ml	100	broj/1 ml
Broj kolonija 37°C	broj/1 ml	100	broj/1 ml
<i>Salmonella spp.</i>	broj/1000 ml	0	broj/1000 ml
<i>Shigella spp.</i>	broj/1000 ml	0	broj/1000 ml
<i>Vibrio cholerae</i>	broj/1000 ml	0	broj/1000 ml
Paraziti	broj/1000 ml	0	broj/1000 ml
Enterovirusi	broj/5000 ml	0	broj/5000 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	broj/100 ml	0	broj/250 ml

### 2.3. VODOOPSKRBNI SISTAVI

Vodoopskrbni sustav predstavlja skup građevina i naprava namijenjen za distribuciju zdravstveno ispravne vode gradovima, naseljima i industriji. Sastoji od izvorišta, odnosno vodozahvata, crpnih stanica koje potiskuju vodu na mjesto kondicioniranja gdje se nalaze i uređaji za kondicioniranje, vodospreme te glavne i razdjelne mreže koje služe za transport i distribuciju vode. Vodoopskrbni sustavi razlikuju se po načinu toka vode koji može biti gravitacijski, tlačni i kombinirani. Kod gravitacijskog vodoopskrbnog sustava na tok vode utječe sila teža i samim time su smanjeni energetske troškovi jer se voda doprema sa viših dijelova ka nižim. Tlačni vodoopskrbni sustav najčešće je u kombinaciji sa vodotoranjem, a temelji se na tlaku uspostavljenom izravno iz crpki. Nedostatci takvog sustava su kvarovi na crpkama te se najčešće koristi za manja naselja. Kombinirani vodoopskrbni sustav je kombinacija gravitacijskog i tlačnog koji objedinjuje karakteristike istih te na taj način osigurava najekonomičniji zahvat i distribuciju vode. Prednost ovog sustava je što sadrži vodospremu koja osigurava dovoljnu količinu vode u slučaju kvara (Šperac, 2019.).



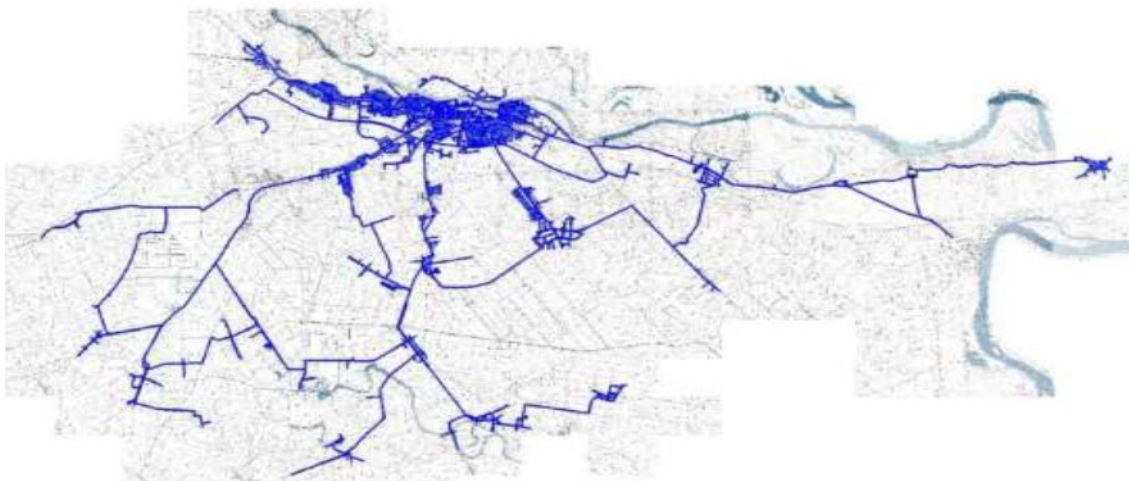
**Slika 1** Tlačni vodoopskrbni sustav (gore) i gravitacijski sustav (dolje) (Šperac, 2019.).



Kretanje vode u vodoopskrbnom sustavu može biti prstenasto ili razgranato. Kod razgranatog sustava voda se otprema od glavne magistralne cijevi do grana koje dovode vodu do potrošača. Takvi sustavi za nedostatak imaju nemogućnost dovoda vode do ostalih potrošača ukoliko se nalaze iza mjesta gdje se dogodio kvar. Razgranati sustavi se mogu naći u manjim naseljima. Prstenasti sustavi imaju primjenu u većim naseljima i industriji zbog mogućnosti cirkulacije vode. Voda u takvim sustavima može dolaziti iz dva smjera što za posljedicu ima skupe troškove pročišćavanja, ali je uklonjen problem dopreme vode ukoliko se pojavi kvar (Šperac, 2019.).

#### **2.4. VODOOPSKRBNI SUSTAV GRADA OSIJEKA**

Vodoopskrbni sustav grada Osijeka za cilj ima distribuciju zdravstveno ispravne vode potrošačima te obuhvaća područje grada Osijeka i prigradskih naselja te općina, a to su: Općina Antunovac (Antunovac, Ivanovac), Općina Ernestinovo (Ernestinovo, Divoš i Laslovo), Općina Čepin (Livana), Općina Vladislavci (Vladislavci, Hrastin, Dopsin), Općina Vuka ( Vuka, Hrastovac, Lipovac Hrastinski, Općina Šodolovci( naselja Šodolovci, Ada, Palača, Silaš, Petrova Slatina, Koprivna i Paulin Dvor). Prigradska naselja: Brijest, Briješće, Bijelo Brdo, Višnjevac, Josipovac, Tenja, Nemetin, Sarvaš, Tvrđavica, Podravlje, Klisa. Navedenom vodoopskrbnom mrežom opskrbljuje se oko 120.000 stanovnika. (Vodovod-Osijek d.o.o., 2023.)



**Slika 2** Prikaz vodoopskrbne mreže Vodovod-Osijek d.o.o. (Vodovod-Osijek d.o.o.,2023.)

### 2.4.1. Pogon za preradu vode tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o.

Podzemna voda koja se crpi iz vodozahvata Vinogradi, dopijeva putem cjevovoda do pogona tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o. kako bi se određenim procesima prerade poboljšala kakvoća vode i distribuirala potrošačima. Sirova podzemna voda kao takva nije spremna za konzumaciju jer sadrži povišene koncentracije željeza, mangana, arsena, amonijaka i organskih tvari koje je potrebno smanjiti na dozvoljene koncentracije kako bi voda bila sigurna za potrošnju i konzumaciju. Podzemna voda kada dopiye do pogona za preradu podilazi procesima kao što su: aeracija, predoksikacija, koagulacija i flokulacija, taloženje, filtriranje i denitrifikacija te dezinfekcija vode. Dopremljena podzemna voda, cjevovodom najprije dopijeva do zgrade dvostupanjske filtracije s ozonizacijom (Vodovod-Osijek d.o.o.,2023.)



**Slika 3** Spremnici čistog kisika i ugljikovog dioksida (lijevo) i zgrada dvostupanjske filtracije s ozonizacijom (desno)

**Aeracija** vode je prvi korak u pročišćavanju i pripremi vode za ljudsku potrošnju. Proces se provodi obogaćivanjem kisika iz zraka u vodu koji se može vršiti na razne načine kao što su difuzori ili ispuštanjem vode preko stepenica. a neki od razloga aeracije su: smanjenje koncentracije otopljenih organskih tvari, izdvajanje mangana i željeza te djelomično izdvajanje ugljikovog dioksida (Romić, 2009.).

**Predoksidacija** je postupak gdje se aeriranoj vodi dozira 1%-tna otopina kalijevog permanganata ( $\text{KMnO}_4$ ) s 0,3 mg/L vode. Cilj predoksidacije je oksidacija organskih tvari, mangana i željeza radi njihovog lakšeg izdvajanja (Romić, 2009.).

**Koagulacija** je kemijski proces koji predstavlja upotrebu koagulanata kako bi se izdvojile suspendirane čestice koje predstavljaju nečistoće u vodi. Provodi se doziranjem 40 %-tne otopine željezovog tri klorida ( $\text{FeCl}_3$ ) u koncentraciji od 3 do 5 mg/L vode. Nakon koagulacije, slijedi **flokulacija** pri kojoj se nečistoće dodatno izdvajaju fizikalnim postupcima poput taloženja ili flotacije. Flokulacija se provodi doziranjem 0,05 %-tne otopine polielektrolita kako bi se pospješilo nastajanje flokula te ubrzalo njihovo taloženje (Romić, 2009.).

**Taloženje** je proces u kojemu se homogene i heterogene tvari razdvajaju na temelju razlike u njihovoj gustoći. Proces se provodi u taložnicima koji se nalaze u dvije linije. Linija 1 predstavlja taložnike i precipitatore, a linija 2 akceleratora. U akceleratorima se sirova voda miješa s aktivnim muljem u cilju poboljšanja taloženja (Romić, 2009.).



**Slika 4** Unutrašnjost taložnika



**Slika 5** Prikaz taložnika u pogonu

**Filtracija** je postupak izdvajanja suspendiranih čestica kroz porozni materijal poput kvarcnog pijeska, hidroantracita ili aktivnog ugljena gdje suspendirane čestice zaostaju na samoj površini poroznog medija, a kapljevine prolaze. Nakon postupka taloženja, voda odlazi u filtarnice koje se sastoje od više filtarnih polja s „dual-media“ ispunama od hidroantracita i kvarcnog pijeska. U filtarnicama se voda se obrađuje procesom prosijavanja i adsorpcije. Također, dolazi do uklanjanja zaostalog mangana, željeza i organskih tvari katalitičkim i biološkim procesima (Romić, 2009.).

Tijekom filtracije dolazi i do razgradnje amonijaka na nitrate i nitrite djelovanjem mikroorganizama koji se nalaze na filtarskom materijalu. Nakon filtracije, otpadne vode odlaze u objekt za obradu tehnoloških otpadnih voda (Romić, 2009.).



**Slika 6** Prikaz filterskog polja

Dezinfekcija vode je posljednji korak u procesu prerade vode u pogonu. Izgradnjom novog pogona, uvedena je nova tehnologija za dezinfekciju vode. Prethodnom tehnologijom voda je dezinficirana doziranjem plinovitog klora u vodu, dok današnja tehnologija podrazumijeva doziranje 1 % - tne otopine natrijeva hipoklorita ( $\text{NaOCl}$ ) koja se priprema iz kuhinjske soli. Osim antimikrobnog djelovanja, dezinfekcijsko sredstvo mora osigurati zdravstvenu ispravnost vode i nakon dezinfekcije. Nakon tehnološke obrade vode, voda se skladišti u podzemne vodospreme gdje je kao takva spremna za distribuciju potrošačima (Dogančić, 2023.)



**Slika 7** Stanica za dokloriranje

#### **2.4.2. Vodoopskrbna mreža grada Osijeka**

Vodoopskrbni sustav grada Osijeka čini vodoopskrbna mreža ukupne dužine 669 km te još oko 200 km priključnih vodova. Vodoopskrbni sustav grada Osijeka ima mogućnost korištenja dva crpilišta, od kojih je crpilište Pampas na rijeci Dravi rezervno te se koristi po potrebi, odnosno, ukoliko dođe do kvarova na primarnom crpilištu. Vodozahvat podzemne vode koji se upotrebljava danas naziva se crpilište Vinogradi te se sastoji od 18 zdenaca. Uz crpilišta Vinogradi i Pampas, zahvat podzemne vode odvija se i na crpilištu Dalj. Crpilište Dalj se sastoji od 4 zdenca te se u blizini crpilišta 2018. godine rekonstruirao i pogon za proizvodnju vode (Vodovod-Osijek d.o.o., 2023.).

### **2.4.3. Ispiranje vodoopskrbne mreže grada Osijeka**

Uslijed povišenih koncentracija organskih tvari, željeza i mangana te stvaranja biofilma bakterija unutar cijevi, potrebno je redovito održavati vodoopskrbnu mrežu. Naslage se mogu prirodno akumulirati tokom dužeg razdoblja, no ukoliko se ne uklone na vrijeme, nastali talozi mogu pogoršati senzorska svojstva vode i tako utjecati na boju, okus i miris. Kako bi spriječio navedeni proces, potrebno je provoditi ispiranje mreže ispuštanjem vode na svim uličnim hidrantima unutar mreže pri čemu, uslijed brzog strujanja vode, dolazi do ispiranja taloga iz cijevi. Također, potrebno je provoditi ispiranje kada je potrošnja vode najmanja i samim time tlak najveći. Uspješnost ispiranja mreže provjerava se sljedećim uzorkovanjem vode te se provjeravaju rezultati kako bi bili u skladu sa zakonskom regulativom. Ispiranje vodoopskrbne mreže provodi se dva puta godišnje, najčešće tokom proljeća i jeseni i to tijekom noćnih sati (Vodovod-Osijek d.o.o., 2023.).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**



### 3.1. ZADATAK

Voda koja se u Osijeku potrošačima distribuira putem vodoopskrbnog sustava, mora biti u skladu s zakonskom regulativom kako bi bila sigurna za potrošače, odnosno imala vrijednosti fizikalnih, fizikalno-kemijskih, kemijskih i mikrobioloških parametara manje od MDK vrijednosti propisanih Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23).

Zadatak ovoga rada je praćenjem fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara utvrditi učinkovitost ispiranja vodoopskrbne mreže grada Osijeka kao mjere kojom se osigurava kvaliteta vode koja se distribuira potrošačima. Učinkovitost ispiranja vodoopskrbne mreže određena je analizom parametara: mutnoća, boja, koncentracija željeza, koncentracija slobodnog klora, ukupni broj kolonija na 22 °C i 36 °C te *Escherichia coli*, Enterokoki te *Pseudomonas aeruginosa* ili *Clostridium perfringens*. Dobiveni rezultati uspoređeni su s rezultatima analiza kvalitete vode određene tijekom razdoblja 2018. – 2022. kako bi se dobio i uvid o utjecaju primijenjenog dezinfekcijskog sredstva na kvalitetu vode u vodoopskrbnom sustavu jer je tijekom navedenog razdoblja promijenjena tehnologija prerade i dezinfekcije vode u pogonu tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o.

### 3.2. MATERIJALI I METODE

Uzorci vode analizirani su u svrhu određivanja vrijednosti prethodno navedenih parametara, fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja. Tijekom petogodišnjeg razdoblja, voda je uzorkovana na mjestu potrošnje javne vodoopskrbe, odnosno lokacijama određenih od tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o. među kojima su: Svilajska ulica, Kozjačka ulica, Vukovarska ulica, Sarvaš, Klisa i Bijelo Brdo. Lokacije su odabrane kako bi se odredio utjecaj njihove udaljenosti od pogona na kvalitetu vode.

**Tablica 3.** Lokacije uzorkovanja vode za ljudsku potrošnju iz javne vodoopskrbe na području

	Udaljenost od pogona tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o.					
	Svilajska	Kozjačka	Vukovarska	Sarvaš	Klisa	Bijelo Brdo
km	2,7	2,7	5	15	17	18



### 3.3. MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI KVALITETE VODE

Uzorkovanje i redovne analize vode, kao i monitoring izvorišta, najznačajnije su mjere za održavanje kvalitete i zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju. Prema Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23), zdravstveno ispravna voda predstavlja onu vodu koja ne sadrži mikroorganizme, parazite i njihove razvojne oblike u broju koji bi predstavljao opasnost za zdravlje ljudi. Ukupne koliforme i fekalne bakterije, voda za ljudsku potrošnju ne smije sadržavati jer postoji rizik od pojave bolesti koje se prenose vodom. Ispitivanje mikrobiološke kvalitete vode ključno je za osiguravanje sigurne vode za ljudsku potrošnju. Mjere kao što su dezinfekcija, filtracija i rutinsko testiranje vode mogu pomoći u održavanju odgovarajuće mikrobiološke kvalitete vode i spriječiti širenje bolesti koje se prenose vodom (Kristanti i sur. 2022)

Prije određivanja mikrobiološke kvalitete vode, potrebno je na odgovarajući način uzeti uzorak. Naime, uzorci se uzimaju u sterilne boce odgovarajuće veličine gdje se, prije ulijevanja vode u bocu, cijev mora sterilizirati plamenom i vatom natopljenom u etanolu. Nakon uzorkovanja, uzorak vode se mora dostaviti unutar 6 sati u laboratorij. Zatim, potrebno je pripremiti odgovarajuće hranjive podloge na koje će se nacijepiti prikupljeni uzorci. Na **Slikama 8 i 9** prikazan je postupak određivanja aerobnih mezofilnih bakterija u vodi pri 37° C i 22° C te određivanje ukupnih koliforma membranskom filtracijom. Nakon što je provedena inkubacija, potrebno je izbrojati kolonije i usporediti s propisanim vrijednostima prethodno navedenog Pravilnika (NN 64/23).



**Slika 8.** Nacijepijvanje uzoraka vode na mikrobiološke hranjive podloge



**Slika 9.** Aparatura i postupak membranske filtracije uzoraka vode za određivanje ukupnih koliforma

### 3.4. FIZIKALNO-KEMIJSKI POKAZATELJI KVALITETE VODE

Fizikalno-kemijski parametri kakvoće vode opisuju sastav i svojstva ispitivane vode. U navedenu skupinu pokazatelja odbrajaju se: pH vrijednost, temperatura, koncentracija kisika, električna vodljivost te koncentracija nitrata, fosfata i amonijaka, kao i koncentracije teških metala poput žive, olova, kadmija i arsena. Navedeni parametri koriste se za procjenu kvalitete vode, odnosno njezine prikladnosti za upotrebu u prehrambenoj industriji, za pripremu hrane i pića, u poljoprivredi i za druge namjene. Uz navedene, važna su organoleptička svojstva vode, odnosno boja, miris, mutnoća i okus vode.

#### 3.4.1. Boja vode

Boja vode je prvi indikator koji može ukazati na zagađenje jer je promjenu boje najlakše uočiti. Promjena boje vode može ukazivati na prisutnost tvari poput iona željeza, humusnih tvari ili planktona. Ukoliko voda ima crveno-smeđu boju, to može ukazivati na problem u vodoopskrbnom sustavu, odnosno koroziju u cijevima i pojavu čestica željezova oksida. Pojava žutog obojenja vode može ukazivati na podizanje taloga u cijevima ukoliko se izvode radovi u vodoopskrbnom sustavu. Također, učestala je i pojavnost bijele boje vode koja je posljedica doziranja kisika u vodu, a koji se nije u potpunosti otopio u vodi. Pojava bijele boje vode nije opasna po zdravlje, a voda se nakon kratkog vremena kontakta sa zrakom izbistri. Boja vode se može odrediti spektrofotometrijski ili vizualno. Na **Slici 10** prikazan je uređaj za određivanje

boje vode. Dobivene vrijednosti iskazane su stupnjevima Pt-Co skale (Romić, 2009.; Kralj, 2017.).



**Slika 10** Spektrofotometar Hach UV/VIS 2000

**Tablica 4** Fizikalno-kemijski parametri kakvoće vode prema Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23)

Pokazatelj	Jedinice	MDK*
Akrlamid	µg/l	0,10
Aluminij	Al mg/l	0,2
Amonijak	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	0,50
Arsen	As µg/l	10,0
Bakar	Cu µg/l	2000
Boja	mg/PtCo skale	20
Cink	Zn µg/l	3000
Fosfati	P µg/l	300
Kloridi	Cl mg/l	250,0
Koncentracija vodikovih iona	pH jedinica	6,5-9,5
Magnezij	Mg mg/l	4

Mangan	Mn µg/l	50,0
Miris		Bez
Mutnoća	°NTU	4
Nitrati	NO <sub>3</sub> mg/l	6
Nitriti	NO <sub>2</sub> mg/l	6
Olovo	Pb µg/l	10,0
Sulfati	SO <sub>4</sub> mg/l	250,0
Temperatura	°C	25
Ukupna tvrdoća	CaCO <sub>3</sub> mg/l	
Utrošak KMnO <sub>4</sub>	O <sub>2</sub> mg/l	5,0
Željezo	Fe µg/l	200,0

\*MDK – maksimalno dozvoljena koncentracija

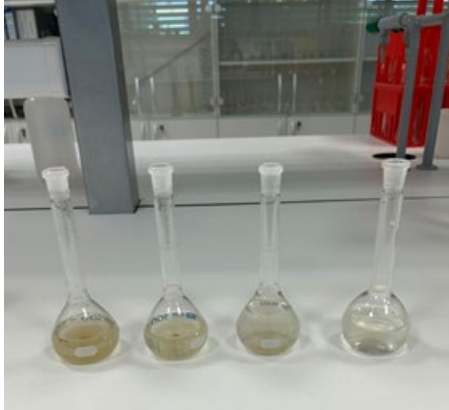
### 3.4.2. Mutnoća vode

Mutnoća vode posljedica je pojave suspendiranih čestica u vodi i to:

- Čestica mulja
- Gline
- Čestica organskih i anorganskih tvari
- Planktona i mikroorganizama.

Zamućenje vode može biti prirodno uzrokovano djelovanjem erozije, strujanjem vode, obilnim kišama ili slično te ljudskim djelovanjem kao što je rudarstvo ili ispuštanje otpadnih voda. U vodoopskrbnom sustavu pojava zamućenja vode može biti uzrokovana stvaranjem biofilma na stjenkama vodovodnih cijevi. Mutnoća vode također ima negativne učinke na kvalitetu vodu, jer osim što čini vodu estetski neprihvatljivom, čestice koje uzrokuju mutnoću mogu sadržavati i mikroorganizme te na taj način imati negativan učinak na ljudsko zdravlje. Mutnoća vode

određuje se prolaskom snopa svjetlosti kroz otopinu turbidimetrijom ili nefelometrijom gdje se određuje koncentracija čestica u suspenziji (NZJZ SDŽ, 2021.).



**Slika 11** Prikaz uzorka mutnoće vode



**Slika 12** Turbidimetar Hach 2100P

### 3.4.3. Tvrdoća vode

Tvrdoću vode čine otopljeni minerali, a primarno otopljene soli kalcija i magnezija, prisutnih u vodi. Što veći udio minerala u vodi, to je veća njezina tvrdoća. Postoje različiti stupnjevi izražavanja tvrdoće, a to su njemački, francuski i engleski stupanj. U Hrvatskoj se najčešće upotrebljava njemački stupanj ili se tvrdoća izražava u mg/l kalcijevog karbonata. Tvrda voda stvara probleme u kućanstvu kao i u industriji jer može izazvati materijalne štete, usporiti industrijske procese ili ih u potpunosti onemogućiti. Stupanj tvrdoće za meku vodu prema pravilniku iznosi  $<4$  °d, a za tvrd vodu iznosi 18-25 °d te  $> 25$  °d za vrlo tvrd vodu (Aqua d.o.o., 2016., Kralj, 2017.).

### 3.4.4. Koncentracija vodikovih iona (pH vrijednost)

Koncentracija vodikovih iona, odnosno pH vrijednost, definirana je kao negativni logaritam koncentracije vodikovih iona te ukazuje na lužnatost ili kiselost otopina, jedan je od najvažnijih parametara kvalitete vode. Niska pH vrijednost u čistim vodama posljedica je biljne razgradnje kao što je humus. Prema Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analiza i

monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23) raspon pH vrijednosti vode za ljudsku potrošnju mora biti od 6,5 do 8,5. Ako je pH ispod 6,5, može doći do pojačane korozije cijevi u sustavu, a ukoliko je pH viši od 8,5, pojačano je taloženje bikarbonata. Visoki pH vode smanjuje učinkovitost dezinfekcije klorom i ostalih postupaka čišćenja voda (Romić, 2009.; Kralj, 2017.).

#### **3.4.5. Kloridi**

Koncentracija klorida u vodi odnosi se na količinu kloridnih iona prisutnih u jedinici volumena vode. Kloridi mogu u vodu dospjeti iz prirodnih izvora otapanjem mineralnih soli, ili uslijed ljudskih aktivnosti i industrijskih procesa. Povećane koncentracije klorida vodi daju slani okus, ubrzavaju koroziju cijevi, a mogu štetno djelovati i na ljudsko zdravlje i okoliš. Kloridi u vodu najčešće dopijevaju iz soli NaCl, MgCl<sub>2</sub> i CaCl<sub>2</sub>, a određuju se titrimetrijski s otopinom srebrnog nitrata uz prisutnost kalijeva kromata kao indikatora ili ionskom kromatografijom (Romić, 2009.; Kralj, 2017.).

#### **3.4.6. Nitrati i nitriti**

Nitrati (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) se prirodno nalaze u okolišu kao rezultat aktivnosti mikroorganizama u tlu. Također mogu dospjeti u vodu kao posljedica poljoprivrednih aktivnosti, odnosno prekomjerne uporabe dušičnih gnojiva, odlaganjem otpadnih voda i oksidacijom dušičnih otpadnih tvari. Nitriti (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) nastaju redukcijom nitrata te nisu često prisutni u velikim koncentracijama jer su stabilnijeg oksidacijskog stanja. Nitrati i nitriti mogu uzrokovati methemoglobinemiju, stanje u kojem krv ne može prenijeti dovoljno kisika do tjelesnih tkiva, što dovodi do otežanog disanja, umora, glavobolja i drugih zdravstvenih problema. Navedeno stanje je posebno rizično za dojenčad kod kojih methemoglobinemija može uzrokovati i smrt (Nujić i Habuda-Stanić, 2017.).

#### **3.4.7. Željezo i mangan**

Koncentracije željeza i mangana najčešće su nižih vrijednosti u površinskim vodama, a viših u podzemnim vodama. Njihova prisutnost je rezultat prirodnih procesa otapanja minerala iz slojeva tla, a mogu potjecati i iz otpadnih voda. Koncentracija željeza i mangana u vodama se kreću od nekoliko  $\mu\text{g/l}$  do nekoliko desetina  $\text{mg/l}$ . Visoke koncentracije željeza vodu čine neprikladnom za konzumaciju. Koncentracije željeza u vodi ovise o procesima oksidacije i redukcije, otapanju hidroksida, karbonata i sulfida te količini organskih tvari koje mogu vezati željezo. Željezo i mangan vodi za ljudsku potrošnju daju primjetan gorak okus čak i pri vrlo niskoj koncentraciji. Željezo se najčešće javlja u obliku  $\text{Fe}^{2+}$ , a mangan u obliku  $\text{Mn}^{2+}$ . Navedeni ioni također mogu uzrokovati crne ili smeđe mrlje na rublju i vodovodnim instalacijama (Romić, 2009.).

#### **3.4.8. Arsen**

Arsen je teški metal koji se nalazi u mnogim oblicima, ali je u vodi prisutan najviše kao arsenat te u anaerobnim uvjetima kao arsenit. Potvrđena je i veza između visokih koncentracija arsena u vodi za piće i pojave karcinoma pluća, kože i drugih organa. Prisutnost arsena u vodi za piće ne izaziva promjene okusa, mirisa, boje ili vizualnog izgleda vode. Povećane koncentracije arsena u podzemnim vodama u pojedinim dijelovima svijeta, pa tako i u Hrvatskoj, posljedica su prirodnih geoloških procesa, no postoje i slučajevi kada je pojava arsena vezana za ljudsko djelovanje. Najčešće korištene metode za određivanje arsena u vodi su spektroskopske sa srebrovim dietilditiokarbamatom i borhidridom, sa srebrovim dietilditiokarbamatom i elementarnim cinkom te atomska apsorpcijska spektrometrijska metoda s grafitnom tehnikom (Romić, 2009.).

#### **3.4.9. Utrošak kalijevog permanganata**

Utrošak kalijevog permanganata ( $\text{KMnO}_4$ ) je parametar koji ukazuje na količine organske tvari u vodi. Ukoliko voda sadrži organske tvari životinjskog, ljudskog, biljnog ili industrijskog porijekla, utrošit će određenu količinu  $\text{KMnO}_4$  za njihovu oksidaciju. Prilikom razgradnje kalijevog permanganata u vodi, oslobađa se kisik koji oksidira organske tvari. Ukoliko je utrošak kalijevog permanganata prilikom analize visok, kvaliteta vode je smanjena (Kralj, 2017.).

## **4. REZULTATI I RASPRAVA**



U ovom radu praćena je učinkovitost ispiranja vodoopskrbne mreže određivanjem fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara u uzorcima prije i nakon postupka ispiranja mreže. Uzorci vode uzorkovani su na šest lokacija: Svilajska ulica (2,5 km od pogona), Kozjaćka ulica (2,5 km od pogona), Vukovarska ulica (5 km od pogona), Sarvaš (15 km od pogona), Klisa (17 km od pogona) i Bijelo Brdo (18 km od pogona). Navedena mjesta uzeta su s razlogom kako bi se utvrdila kvaliteta vode s obzirom na udaljenost lokacije od samog pogona. U svim uzorcima određeni su sljedeći parametri: mutnoća, boja, koncentracija željeza, koncentracija slobodnog klora, ukupni broj kolonija na 22 °C i 36 °C te *Escherichia coli*, Enterokoki, *Pseudomonas aeruginosa* ili *Clostridium perfringens*. Dobiveni rezultati statistički su obrađeni i uspoređeni s rezultatima analiza vode tijekom ispiranja vodoopskrbne mreže tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o. kroz petogodišnje razdoblje, od 2018. do 2022. godine. U **Tablicama 5-9** prikazane su vrijednosti analiziranih parametara kroz godine i mjesec u razdoblju od 2018. do 2022. godine, dok su na **Slikama 13-15** grafički prikazane vrijednosti parametara broj kolonija na 37 °C i 22 °C te slobodnog klora u mg/l izmjerene u uzorcima vode uzorkovanim na navedenim lokacijama. Vrijednosti analiziranih fizikalno-kemijskih parametara kvalitete vode za ljudsku potrošnju (mutnoća, boja i koncentracija željeza) prikazane su na **Slikama 16-18** tijekom petogodišnjeg razdoblja (2018.-2022.).

Iz prikazanih rezultata na grafovima jasno se uočava pad vrijednosti svakog parametra tijekom godina, naročito od 2020. godine kada se postupno počinje primjenjivati nova tehnologija prerade vode uz miješanje vode rijeke Drave s podzemnom vodom s crpilišta Vinogradi te 2021. godine kada se uvodi primjena novog dezinfekcijskog sredstva.

#### **4.1. Kvaliteta vode u vodoopskrbnoj mreži tijekom 2018. godine**

U **Tablici 5** prikazani su rezultati analize vode uzorkovane na šest lokacija: Svilajska ulica (2,5 km od pogona), Kozjaćka ulica (2,5 km od pogona), Vukovarska ulica (5 km od pogona), Sarvaš (15 km od pogona), Klisa (17 km od pogona) i Bijelo Brdo (18 km od pogona) tijekom 2018. godine. U uzorcima vode određeni su: mutnoća, boja, koncentracija željeza, koncentracija slobodnog klora, ukupni broj kolonija na 22 °C i 36 °C te *Escherichia coli*, Enterokoki te *Pseudomonas aeruginosa* ili *Clostridium perfringens*.

**Tablica 5** Parametri i vrijednosti vode uzorkovani na pojedinim lokacijama 2018. godine

Mjesec	Parametri	Svilajska (2,5 km)	Kozjačka (2,5 km)	Vukovarska (5 km)	Sarvaš (15 km)	Klisa (17 km)	Bijelo Brdo (18 km)	
<b>Siječanj</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0	
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	0	1	2	15	13	19	
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	22	10	11	90	5	85	
	<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0	
	Slobodni klor mg/l	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	
	<b>Veljača</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
Enterokoki broj/100ml		0	0	0	0	0	0	
Broj kolonija 37°C broj/1ml		21	8	2	0	4	7	
Broj kolonija 22°C broj/1ml		7	18	7	62	12	48	
<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>		0	0	0	0	0	0	
Slobodni klor mg/l		0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	
<b>Ožujak</b>		<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	25	7	10	15	2	14	
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	10	9	3	10	0	3	
	<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0	
	Slobodni klor mg/l	0,01	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	
	<b>Travanj</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
Enterokoki broj/100ml		0	0	0	0	0	0	
Broj kolonija 37°C broj/1ml		4	18	8	12	8	26	
Broj kolonija 22°C broj/1ml		25	40	31	27	14	38	

	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03
<b>Svibanj</b>	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	10	27	12	6	4	7
	Broj kolonija 22°C						
broj/1ml	18	26	8	20	16	90	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>Lipanj</b>	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	10	85	34	62	21	18
	Broj kolonija 22°C						
broj/1ml	2	93	61	85	38	10	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03
<b>Srpanj</b>	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	12	43	5	85	8	80
	Broj kolonija 22°C						
broj/1ml	29	59	8	74	15	56	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,02
<b>Kolovoz</b>	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	9	17	5	85	6	30
	Broj kolonija 22°C						
broj/1ml	52	31	16	78	22	42	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0

	Slobodni klor mg/l	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	
<b>Rujan</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0	
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	12	9	9	20	11	4	
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	6	4	86	92	98	37	
	<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0	
	Slobodni klor mg/l	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	
	<b>Listopad</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
Enterokoki broj/100ml		0	0	0	0	0	0	
Broj kolonija 37°C broj/1ml		7	27	0	39	2	1	
Broj kolonija 22°C broj/1ml		58	21	0	32	6	30	
<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>		0	0	0	0	0	0	
Slobodni klor mg/l		0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	
<b>Studeni</b>		<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	42	7	12	45	4	72	
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	13	9	88	92	9	90	
	<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0	
	Slobodni klor mg/l	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	
	<b>Prosinac</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
Enterokoki broj/100ml		0	0	0	0	0	0	
Broj kolonija 37°C broj/1ml		8	10	12	5	0	1	
Broj kolonija 22°C broj/1ml		9	26	32	92	90	7	
<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>		0	0	0	0	0	0	
Slobodni klor mg/l		0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	

\*Uk. – ukupni \* B.k. – broj kolonija

Tijekom 2018. godine, u svim analiziranim uzorcima nije utvrđena prisutnost *Escherichia coli*, enterokoka, niti *Pseudomonas aeruginosa* ili *Clostridium perfringens*. Analizom ukupnog broja bakterija pokazala je na 37° C najnižu vrijednost od 4 kolonije u mjesecu travnju (Svilajska ulica), dok je najviša vrijednost iznosila 42, također u Svilajskoj ulici koja predstavlja najbližu lokaciju pogonu tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o. Na udaljenijim lokacijama od pogona, poput lokacije Bijelo Brdo, najniža vrijednost broja kolonije na 37° C iznosila je 1 kolonija nakon ispiranja vodoopskrbne mreže koje se provodi u rujnu. Prema tome, najniža vrijednost prije ispiranja vodoopskrbne mreže za lokaciju Bijelo Brdo iznosila je 7 kolonija/1 ml.

Najniža vrijednost broja kolonija bakterija na 22 °C u 2018. godini za Svilajsku ulicu iznosila je 2 kolonije/ml u mjesecu lipnju, dok je najviša vrijednost iznosila 58 kolonija/ml. Također, treba spomenuti lokaciju Sarvaš na kojoj su, iako nije najudaljenija lokacija, utvrđene više vrijednosti u odnosu i na uzorke s lokacije Bijelog Brda. Najveća vrijednost u Sarvašu iznosi 92 kolonije/ml i to čak nakon ispiranja vodoopskrbne mreže (rujan, studeni, prosinac) što može biti uzrok stvaranja biofilma bakterija na cijevima. Na lokaciji Bijelo Brdo, najniža vrijednost broja kolonija bakterija na 22°C, 2018. godine iznosila je 3 kolonije/ml u ožujku, dok je najviša vrijednost iznosila 90 kolonija/ml u svibnju i studenom 2018. godine.

Koncentracije slobodnog klora tijekom 2018. godine u cijeloj mreži kretale su se od 0,01 do 0,05 mg/l.

Prema Pravilniku o parametrima zdravstvene ispravnosti materijala i predmeta koji dolaze u dodir s vodom namijenjenom za ljudsku potrošnju (NN 64/23), vrijednosti parametara ukupnog broja kolonija bakterija na 22° C i 37° C te ukupnog klora, tijekom 2018. godine nisu prelazile njihove MDK vrijednosti.

#### **4.2. Kvaliteta vode u vodoopskrbnoj mreži tijekom 2019. godine**

U **Tablici 6** prikazani su rezultati analize vode uzorkovane na šest lokacija: Svilajska ulica (2,5 km od pogona), Kozjačka ulica (2,5 km od pogona), Vukovarska ulica (5 km od pogona), Sarvaš (15 km od pogona), Klisa (17 km od pogona) i Bijelo Brdo (18 km od pogona) tijekom 2019. godine. U uzorcima vode određeni su: mutnoća, boja, koncentracija željeza, koncentracija

slobodnog klora, ukupni broj kolonija na 22 °C i 37 °C te *Escherichia coli*, Enterokoki te *Pseudomonas aeruginosa* ili *Clostridium perfringens*.

**Tablica 6** Parametri i vrijednosti vode uzorkovani na pojedinim lokacijama 2019. godine

Mjesec	Parametri	Svilajska (2,5 km)	Kozjačka (2,5 km)	Vukovarska (5 km)	Sarvaš (15 km)	Klisa (17 km)	Bijelo Brdo (18 km)	
Siječanj	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0	
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	45	85	4	6	3	2	
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	80	90	7	36	25	3	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> Slobodni klor mg/l	0,03	0,05	0,02	0,02	0,01	0,02	
	Veljača	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
		Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
Broj kolonija 37°C broj/1ml		1	18	0	7	0	0	
Broj kolonija 22°C broj/1ml		0	96	0	65	0	3	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> Slobodni klor mg/l		0,05	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	
Ožujak		<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
		Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	0	0	0	3	0	0	
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	1	0	0	0	0	0	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> Slobodni klor mg/l	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	
	Travanj	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0

	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	30	36	0	70	5	1	
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	85	70	7	85	5	9	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0	
	Slobodni klor mg/l	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	
<b>Svibanj</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0	
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	10	4	2	45	0	1	
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	16	4	5	60	2	6	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0	
	Slobodni klor mg/l	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	
	<b>Lipanj</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
Enterokoki broj/100ml		0	0	0	0	0	0	
Broj kolonija 37°C broj/1ml		10	2	96	28	42	32	
Broj kolonija 22°C broj/1ml		8	24	4	68	92	45	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		0	0	0	0	0	0	
Slobodni klor mg/l		0,04	0,03	0,04	0,02	0,04	0,03	
<b>Srpanj</b>		<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	1	88	10	95	60	90	
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	9	97	22	97	78	78	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0	
	Slobodni klor mg/l	0,06	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	

<b>Kolovoz</b>	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	10	17	1	16	0	2
	Broj kolonija 22°C						
broj/1ml	23	5	10	7	0	13	
<i>Pseudomonas</i>							
<i>aeruginosa</i>							
broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
Slobodni klor mg/l	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04	
<b>Rujan</b>	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	75	60	7	56	23	2
	Broj kolonija 22°C						
broj/1ml	80	42	5	73	28	12	
<i>Pseudomonas</i>							
<i>aeruginosa</i>							
broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
Slobodni klor mg/l	0,04	0,08	0,02	0,02	0,01	0,01	
<b>Listopad</b>	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	0	1	0	1	2	3
	Broj kolonija 22°C						
broj/1ml	4	0	1	1	27	7	
<i>Clostridium</i>							
<i>perfringens</i>							
broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
Slobodni klor mg/l	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
<b>Studeni</b>	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	33	20	58	48	24	31
Broj kolonija 22°C							
broj/1ml	35	4	80	59	26	53	



	<i>Clostridium perfringens</i> broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,03	0,06	0,02	0,02	0,04	0,04
<b>Prosinac</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	95	16	68	3	76	39
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	97	7	70	9	9	45
	<i>Clostridium perfringens</i> broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,06	0,07	0,03	0,02	0,02	0,02

\*Uk. – ukupni \* B.k. – broj kolonija

Tijekom 2019. godine, u analiziranim uzorcima uzetim na svim ispitanim lokacijama nije utvrđena prisutnost *Escherichia coli*, enterokoka, niti bakterija *Pseudomonas aeruginosa* ili *Clostridium perfringens*.

Rezultati određivanja parametra ukupnog broja bakterija na 37 °C kretali su se od 0 do 96 kolonija/ml (lipanj 2019., Vukovarska ulica), što nije uobičajeno za lokaciju koja nije najudaljenija. S obzirom da se vrijednost broja kolonija smanjuje udaljavanjem od Vukovarske ulice ( Sarvaš, Klisa i Bijelo Brdo), uzrok tome može biti nastanak biofilma unutar cijevi u blizini Vukovarske ulice. Vrijednosti za navedene dalje lokacije u lipnju iznosile su 28, 42 i 32 kolonije/ml. Vrijednosti parametra ukupnog broja bakterija na 22° C kretale su se od 0 do 97kolonija/ml (prosinac 2019., Svilajska ulica) i to nakon ispiranja vodoopskrbne mreže u rujnu 2019.Vrijednosti parametra ukupnog broja bakterija na 22 °C za Bijelo Brdo, kao najudaljenija lokacija, kretale su se od 0 do 9 kolonija/ml sve do mjeseca lipnja kada se uočava porast broja kolonija na 45 kolonije/ml te 78 kolonije/ml u srpnju što može predstavljati pojavu biofilma unutar cijevi. Nakon ispiranja u rujnu, broj kolonija bakterija na 22 °C se smanjio na 7 kolonija/ml u listopadu.

Koncentracije slobodnog klora tijekom 2019. godine u cijeloj mreži kretale su se od 0,01 do 0,07 mg/l pri čemu su najviše vrijednosti zabilježene na lokacijama u blizini pogona, a najmanje na rubnim dijelovima vodoopskrbnog sustava.

Prema Pravilniku o parametrima zdravstvene ispravnosti materijala i predmeta koji dolaze u dodir s vodom namijenjenom za ljudsku potrošnju (NN 64/23), vrijednosti parametara ukupnog broja kolonija bakterija na 22° C i 37° C te ukupnog klora, tijekom 2019. godine nisu prelazile njihove MDK vrijednosti.

#### 4.3. Kvaliteta vode u vodoopskrbnoj mreži tijekom 2020. godine

U **Tablici 7** prikazani su rezultati analize vode uzorkovane na šest lokacija: Svilajska ulica (2,5 km od pogona), Kozjačka ulica (2,5 km od pogona), Vukovarska ulica (5 km od pogona), Sarvaš (15 km od pogona), Klisa (17 km od pogona) i Bijelo Brdo (18 km od pogona) tijekom 2020. godine. U uzorcima vode određeni su: mutnoća, boja, koncentracija željeza, koncentracija slobodnog klora, ukupni broj kolonija na 22 °C i 36 °C te *Escherichia coli*, Enterokoki te *Pseudomonas aeruginosa* ili *Clostridium perfringens*.

**Tablica 7** Parametri i vrijednosti vode uzorkovani na pojedinim lokacijama 2020. godine

Mjesec	Parametri	Svilajska (2,5 km)	Kozjačka (2,5 km)	Vukovarska (5 km)	Sarvaš (15 km)	Klisa (17 km)	Bijelo Brdo (18 km)	
<b>Siječanj</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0	
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	10	5	2	6	15	13	
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	28	12	8	9	21	32	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> Slobodni klor mg/l	0 0,03	0 0,03	0 0,02	0 0,02	0 0,01	0 0,01	
	<b>Veljača</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
Enterokoki broj/100ml		0	0	0	0	0	0	
Broj kolonija 37°C broj/1ml		4	4	8	12	16	14	
Broj kolonija 22°C broj/1ml		23	18	12	16	14	21	

	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Ožujak</b>	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	18	3	5	6	4	1
Broj kolonija 22°C							
broj/1ml	20	2	12	6	3	4	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01
<b>Travanj</b>	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	3	7	10	14	5	1
Broj kolonija 22°C							
broj/1ml	12	10	24	20	14	3	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
<b>Svibanj</b>	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	20	6	2	9	3	3
Broj kolonija 22°C							
broj/1ml	41	19	21	24	3	11	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02
<b>Lipanj</b>	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki						
broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
Broj kolonija 37°C							
broj/1ml	3	2	3	11	1	2	

	Broj kolonija 22°C broj/1ml	23	30	19	24	8	7
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02
<b>Srpanj</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	5	6	2	15	4	1
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	2	19	4	51	19	6
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02
	<b>Kolovoz</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0
Ukupni koliformi broj/100ml		0	0	0	0	0	0
Enterokoki broj/100ml		0	0	0	0	0	0
Broj kolonija 37°C broj/1ml		11	13	15	38	11	4
Broj kolonija 22°C broj/1ml		13	24	39	41	7	3
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		0	0	0	0	0	0
Slobodni klor mg/l		0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
<b>Rujan</b>		<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	10	6	2	15	4	1
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	23	24	8	30	23	13
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
	<b>Listopad</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0
Ukupni koliformi broj/100ml		0	0	0	0	0	0
Enterokoki broj/100ml		0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0

	Broj kolonija 37°C broj/1ml	11	12	4	30	11	7
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	13	17	15	22	16	16
	<i>Clostridium perfringens</i> broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Studeni</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	13	19	8	22	12	12
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	27	13	31	34	46	30
	<i>Clostridium perfringens</i> broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01
	<b>Prosinac</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0
Ukupni koliformi broj/100ml		0	0	0	0	0	0
Enterokoki broj/100ml		0	0	0	0	0	0
Broj kolonija 37°C broj/1ml		2	3	11	17	7	4
Broj kolonija 22°C broj/1ml		3	3	33	14	14	11
<i>Clostridium perfringens</i> broj/100ml		0	0	0	0	0	0
Slobodni klor mg/l		0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01

\*Uk. – ukupni \*B.k. – broj kolonija

Tijekom 2020. godine, u analiziranim uzorcima uzetim na svim ispitanim lokacijama nije utvrđena prisutnost enterokoka, niti bakterija *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ili *Clostridium perfringens*.

Analizom ukupnog broja bakterija pokazala je na 37 °C najnižu vrijednost od 3 kolonije u mjesecu travnju (Svilajska ulica), lipnju te 2 kolonije/ml u mjesecu prosincu što ukazuje na pad broja kolonija nakon ispiranja mreže. Najviša vrijednost iznosila 20 kolonija/ml zabilježene su u svibnju, također u Svilajskoj ulici koja predstavlja najbližu lokaciju pogonu tvrtke Vodovod-

Osijek d.o.o. Na udaljenijim lokacijama od pogona, poput lokacije Bijelo Brdo, vrijednosti broja kolonije na 37 ° C kretale su se od 0-14 kolonija/ml u veljači 2020., što predstavlja ujedno i najveću vrijednost navedenog parametra tijekom 2020. godine.

Najniža vrijednost broja kolonija bakterija na 22 °C u 2020. godini za Svilajsku ulicu iznosila je 2 kolonije/ml u mjesecu srpnju, dok je najviša vrijednost iznosila 41 koloniju/ml i to čak nakon ispiranja vodoopskrbne mreže u proljeću Također, treba spomenuti lokaciju Sarvaš, udaljenoj 15 km od pogona, na kojoj su utvrđene poviše vrijednosti, čak i u odnosu na uzorke s lokacije Bijelog Brda. Najveća vrijednost u Sarvašu iznosi 51 koloniju/ml i to nakon ispiranja vodoopskrbne mreže (srpanj 2020.) što može biti uzrok stvaranja biofilma bakterija na cijevima ili oštećenja cijevi. Na lokaciji Bijelo Brdo, vrijednosti broja kolonija bakterija na 22°C, 2020. godine kretale su se od 0 do 32 kolonije /ml (siječanj) uslijed čega je nastupio pad vrijednosti nakon ispiranja mreže u proljeće do mjeseca rujna gdje se pojavljuje porast kolonija čak i do 30 kolonija/ml u studenom 2020. godine također nakon ispiranja vodoopskrbne mreže.

Koncentracije slobodnog klora tijekom 2020. godine u cijeloj mreži kretale su se od 0,01 do 0,04 mg/l pri čemu su najviše vrijednosti zabilježene na lokacijama u blizini pogona, a najmanje na rubnim dijelovima vodoopskrbnog sustava.

Prema Pravilniku o parametrima zdravstvene ispravnosti materijala i predmeta koji dolaze u dodir s vodom namijenjenom za ljudsku potrošnju (NN 64/23), vrijednosti parametara ukupnog broja kolonija bakterija na 22 ° C i 37 ° C te ukupnog klora, tijekom 2020. godine nisu prelazile njihove MDK vrijednosti.

#### **4.4. Kvaliteta vode u vodoopskrbnoj mreži tijekom 2021. godine**

U **Tablici 8** prikazani su rezultati analize vode uzorkovane na šest lokacija: Svilajska ulica (2,5 km od pogona), Kozjačka ulica (2,5 km od pogona), Vukovarska ulica (5 km od pogona), Sarvaš (15 km od pogona), Klisa (17 km od pogona) i Bijelo Brdo (18 km od pogona) tijekom 2021. godine. U uzorcima vode određeni su: mutnoća, boja, koncentracija željeza, koncentracija slobodnog klora, ukupni broj kolonija na 22 °C i 36 °C te *Escherichia coli*, Enterokoki, *Pseudomonas aeruginosa* ili *Clostridium perfringens*.

**Tablica 8** Parametri i vrijednosti vode uzorkovani na pojedinim lokacijama 2021. godine

Mjesec	Parametri	Svilajska (2,5 km)	Kozjačka (2,5 km)	Vukovarska (5 km)	Sarvaš (15 km)	Klisa (17 km)	Bijelo Brdo (18 km)	
Siječanj	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0	
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	9	3	12	19	8	1	
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	13	15	10	26	23	18	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> Slobodni klor mg/l	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	
	Veljača	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
		Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
		Broj kolonija 37°C broj/1ml	12	6	7	11	9	9
Broj kolonija 22°C broj/1ml		15	8	13	9	14	17	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> Slobodni klor mg/l		0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	
Ožujak		<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
		Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
		Broj kolonija 37°C broj/1ml	14	9	4	21	5	14
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	34	13	11	21	17	34	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> Slobodni klor mg/l	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
	Travanj	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0

	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	12	3	11	18	18	5
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	16	8	16	43	25	20
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
<b>Svibanj</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	3	6	10	12	1	2
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	7	9	19	33	17	5
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
<b>Lipanj</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	26	7	3	31	7	5
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	34	36	7	39	31	15
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
<b>Srpanj</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	15	2	9	10	16	10
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	34	7	37	12	28	27
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02
<b>Kolovoz</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0



	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	19	4	10	16	3	2
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	33	87	14	21	37	4
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,04	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01
<b>Rujan</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	12	12	13	33	3	5
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	19	35	15	42	17	13
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01
<b>Listopad</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	2	5	18	28	6	6
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	5	14	25	46	22	12
	<i>Clostridium perfringens</i> broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,01	0,02	0,07	0,02	0,01	0,02
<b>Studeni</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	23	28	2	11	3	4
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	23	46	15	53	13	24
	<i>Clostridium perfringens</i> broj/100ml	0	0	0	0	0	0

	Slobodni klor mg/l	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
<b>Prosinac</b>	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	16	4	23	8	2	34
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	22	24	21	32	8	25
	<i>Clostridium</i> <i>perfringens</i> broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02

\* U.k. ukupni \*B.k. – broj kolonija

Tijekom 2021. godine, u analiziranim uzorcima uzetim na svim ispitanim lokacijama nije utvrđena prisutnost enterokoka, niti bakterija *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* niti *Clostridium perfringens*.

Analizom ukupnog broja kolonija bakterija na 37 °C najniža vrijednost od 3 kolonije/ml zabilježena je u mjesecu svibnju 2021. godine, nakon ispiranja mreže te 2 kolonije/ml u listopadu također nakon ispiranja mreže (Svilajska ulica).

Za najudaljeniju lokaciju (Bijelo Brdo), najniža vrijednost iznosila je 1 kolonija/ml u mjesecu siječnju te 2 kolonije/ml u svibnju i kolovozu 2021. Najviša vrijednost iznosila je 34 kolonije/ml u prosincu 2021. godine.

Najniža vrijednost broja kolonija bakterija na 22 °C u 2021. godini iznosila je 5 kolonija/ml nakon ispiranja vodoopskrbne mreže (listopad 2021., Svilajska ulica), dok je prije ispiranja mreže najniža vrijednost navedenog parametra iznosila je 13 kolonija/ml. Za najudaljeniju lokaciju Bijelo Brdo najviša vrijednost iznosila je 34 kolonije/ml, dok je najniža iznosila 4 kolonije/ml.

Koncentracije slobodnog klora tijekom 2021. godine u cijeloj mreži kretale su se od 0,01 do 0,04 mg/l pri čemu su najviše vrijednosti zabilježene na lokacijama u blizini pogona, a najmanje na rubnim dijelovima vodoopskrbnog sustava.

Prema Pravilniku o parametrima zdravstvene ispravnosti materijala i predmeta koji dolaze u dodir s vodom namijenjenom za ljudsku potrošnju (NN 64/23), vrijednosti parametara ukupnog broja kolonija bakterija na 22 ° C i 37 ° C te ukupnog klora, tijekom 2021. godine nisu prelazile njihove MDK vrijednosti.

#### 4.5. Kvaliteta vode u vodoopskrbnoj mreži tijekom 2022. godine

U **Tablici 9** prikazani su rezultati analize vode uzorkovane na šest lokacija: Svilajska ulica (2,5 km od pogona), Kozjačka ulica (2,5 km od pogona), Vukovarska ulica (5 km od pogona), Sarvaš (15 km od pogona), Klisa (17 km od pogona) i Bijelo Brdo (18 km od pogona) tijekom 2022. godine. U uzorcima vode određeni su: mutnoća, boja, koncentracija željeza, koncentracija slobodnog klora, ukupni broj kolonija na 22 ° C i 36 ° C te *Escherichia coli*, Enterokoki te *Pseudomonas aeruginosa* ili *Clostridium perfringens*.

**Tablica 9** Parametri i vrijednosti vode uzorkovani na pojedinim lokacijama 2022. godine

Mjesec	Parametri	Svilajska (2,5 km)	Kozjačka (2,5 km)	Vukovarska (5 km)	Sarvaš (15 km)	Klisa (17 km)	Bijelo Brdo (18 km)
Siječanj	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	3	5	0	6	12	14
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	12	27	21	1	16	17
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
	Veljača	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0
Enterokoki broj/100ml		0	0	0	0	0	0
Broj kolonija 37°C broj/1ml		2	8	12	7	11	23
Broj kolonija 22°C broj/1ml		11	20	18	6	12	43

	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01
	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
<b>Ožujak</b>	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	1	10	6	8	9	15
	Broj kolonija 22°C						
	broj/1ml	0	7	10	5	3	20
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01
	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
<b>Travanj</b>	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	1	0	6	2	7	12
	Broj kolonija 22°C						
	broj/1ml	8	5	9	1	16	8
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,03	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01
	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
<b>Svibanj</b>	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	0	5	2	12	9	23
	Broj kolonija 22°C						
	broj/1ml	2	8	3	11	6	31
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01
	<i>Escherichia coli</i>						
	broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
<b>Lipanj</b>	Ukupni koliformi						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki						
	broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C						
	broj/1ml	20	26	17	19	36	24

	Broj kolonija 22°C broj/1ml	56	32	37	49	25	73	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0	
	Slobodni klor mg/l	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	
	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0	
<b>Srpanj</b>	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0	
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	3	8	3	9	12	10	
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	0	0	6	11	8	21	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0	
	Slobodni klor mg/l	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	
	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0	
	<b>Kolovoz</b>	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
		Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
Broj kolonija 37°C broj/1ml		5	12	8	4	12	10	
Broj kolonija 22°C broj/1ml		0	8	4	9	11	23	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		0	0	0	0	0	0	
Slobodni klor mg/l		0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	
<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml		0	0	0	0	0	0	
<b>Rujan</b>		Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
		Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	21	7	9	2	10	7	
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	8	13	31	5	8	11	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	0	
	Slobodni klor mg/l	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	
	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0	
	<b>Listopad</b>	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
		Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0

	Broj kolonija 37°C broj/1ml	0	5	8	3	12	9
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	2	4	10	5	8	14
	<i>Clostridium perfringens</i> broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
<b>Studeni</b>	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	0	0	3	6	3	9
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	1	0	2	6	5	9
	<i>Clostridium perfringens</i> broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01
	<i>Escherichia coli</i> broj/100 ml	0	0	0	0	0	0
<b>Prosinac</b>	Ukupni koliformi broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Enterokoki broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Broj kolonija 37°C broj/1ml	0	1	0	1	6	11
	Broj kolonija 22°C broj/1ml	2	4	9	10	5	18
	<i>Clostridium perfringens</i> broj/100ml	0	0	0	0	0	0
	Slobodni klor mg/l	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01

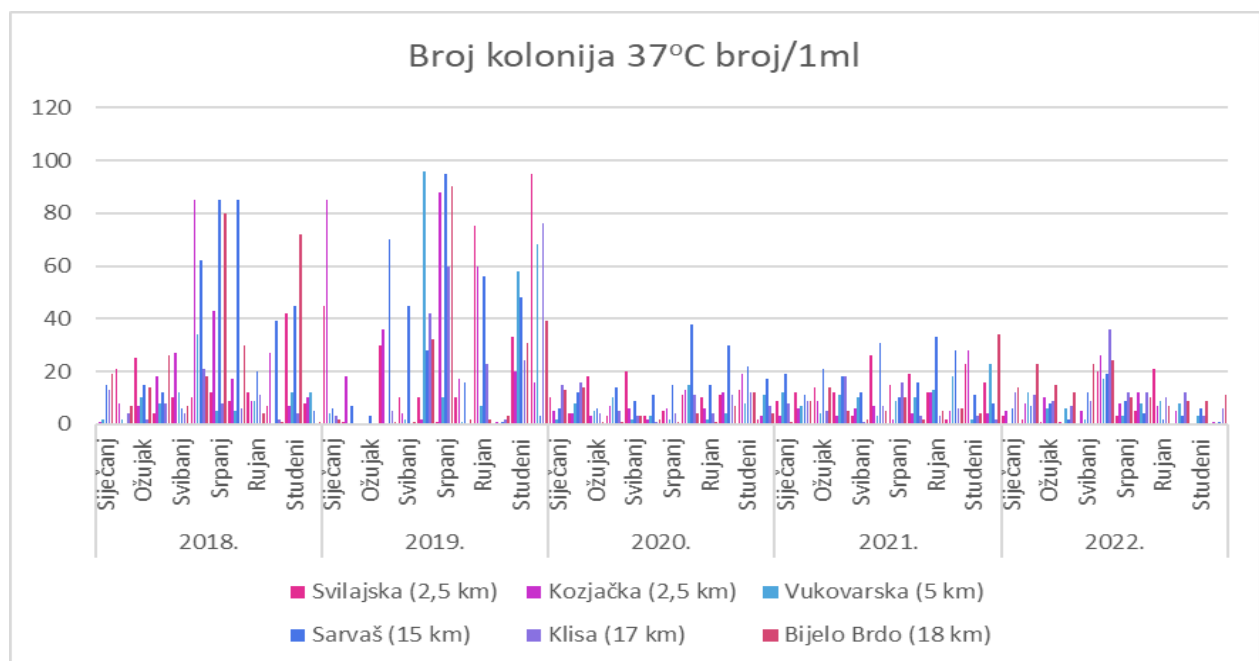
\*Uk. – ukupni \* B.k. – broj kolonija

Tijekom 2022. godine, u analiziranim uzorcima uzetim na svim ispitanim lokacijama nije utvrđena prisutnost enterokoka, niti bakterija *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ili *Clostridium perfringens*. Analizom ukupnog broja bakterija pokazala je na 37° C kretanje vrijednosti od 0-3 kolonije/ml (siječanj, veljača, ožujak, travanj, svibanj) za najbližu lokaciju (Svilajska ulica) pogonu tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o. Od lipnja do rujna uočava se porast broja kolonija bakterija do 20 kolonija/ml, nakon čega je uslijedio pad broja kolonija zbog ispiranja vodoopskrbne mreže. Za lokacije koje nisu najudaljenije od pogona poput Vukovarske ulice i

Sarvaša, broj kolonija također nije prelazio vrijednost od 21 kolonije/ml, za razliku od prethodnih godina kada se upotrebljavala stara tehnologija. Vrijednosti kolonija za Bijelo Brdo su se kretale od 7 do 23 kolonije/ml.

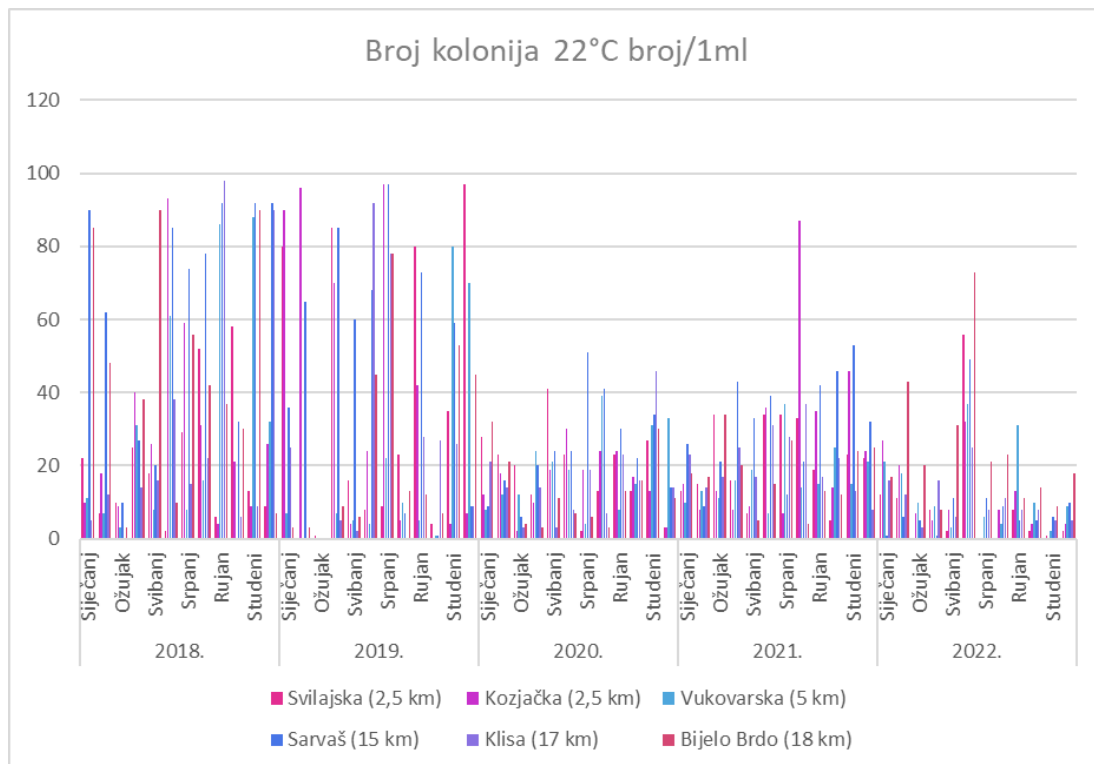
Najniža vrijednost broja kolonija bakterija na 22 ° C u 2022. godini za Svilajsku ulicu iznosila je 1 koloniju/ml u mjesecu studenom, dok je najviša vrijednost iznosila 56 kolonija/ml u lipnju što može biti pokazatelj nastanka biofilma unutar cijevi. Također, u mjesecu lipnju na svim lokacijama je vidljiv porast broja kolonija bakterija te se vrijednosti kreću od 25 do 73 kolonije/ml gdje se ujedno i najveća vrijednost pojavljuje na najudaljenijoj lokaciji (Bijelo Brdo). Koncentracije slobodnog klora tijekom 2022. godine u cijeloj mreži kretale su se od 0,01 do 0,04 mg/l pri čemu su najviše vrijednosti zabilježene na lokacijama u blizini pogona, a najmanje na rubnim dijelovima vodoopskrbnog sustava.

Prema Pravilniku o parametrima zdravstvene ispravnosti materijala i predmeta koji dolaze u dodir s vodom namijenjenom za ljudsku potrošnju (NN 64/23), vrijednosti parametara ukupnog broja kolonija bakterija na 22° C i 37° C te ukupnog klora, tijekom 2022. godine nisu prelazile njihove MDK vrijednosti.



**Slika 13** Prikaz broja kolonija bakterija na 37°C kroz petogodišnje razdoblje (2018.-2022.) na pojedinim lokacijama u vodoopskrbnoj mreži tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o.

Analizom podataka uočen je vidljiv pad broja kolonija bakterija na 37°C kroz petogodišnje razdoblje. Promatrajući 2019. godinu raspon vrijednosti broja kolonija kretao se od 0-95 kolonija/ml (Svilajska ulica) tokom cijele godine te čak za nešto udaljenije lokacije poput Vukovarske ulice i Klise, vrijednosti su dostizale do 96 kolonija/ml. Primjenom nove tehnologije i novog dezinfekcijskog sredstva, broj kolonija bakterija tokom 2020. godine kretao se od 0-20 kolonija/ml te čak za lokaciju Sarvaš vrijednosti nisu prelazile 38 kolonija/ml.



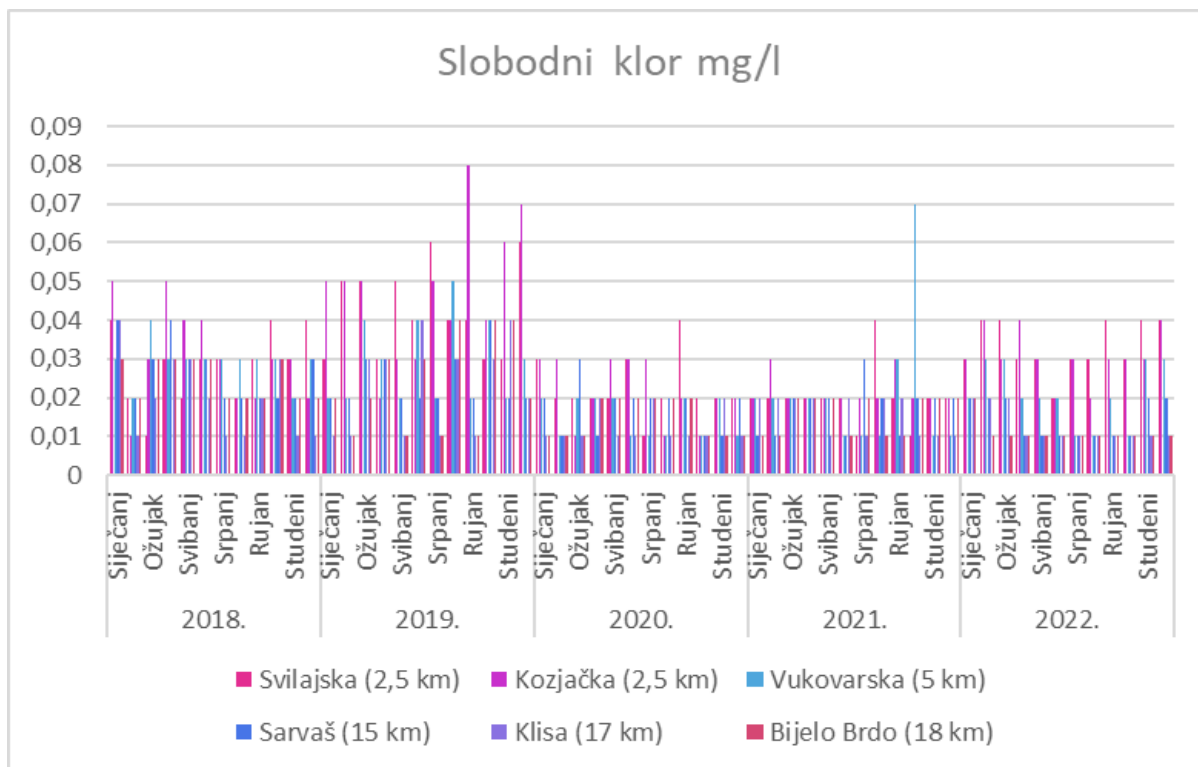
**Slika 14** Vrijednosti broja kolonija bakterija na 22°C kroz petogodišnje razdoblje (2018.-2022.) na pojedinim lokacijama u vodoopskrbnoj mreži tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o.

Analizom podataka uočen je vidljiv pad broja kolonija bakterija na 22 °C kroz petogodišnje razdoblje. Tokom 2018. godine broj kolonija kretao se od 0-93 kolonije/ml i to za lokacije bliže pogonu tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o. (Kozjačka ulica). Promjenom tehnologije i dezinfekcijskog sredstva, vrijednosti broja kolonija bakterija nisu prelazile 46 kolonija/ml i to čak za udaljeniju lokaciju (Klisa).

Na **Slici 15** prikazane su vrijednosti koncentracija slobodnog klora tijekom petogodišnjeg razdoblja. Vrijednosti slobodnog klora tokom 2019. godine iznosile su od 0,01 do 0,08 mg/l gdje su najveće koncentracije bile na lokacijama bliže pogonu. Promjenom tehnologije 2020.

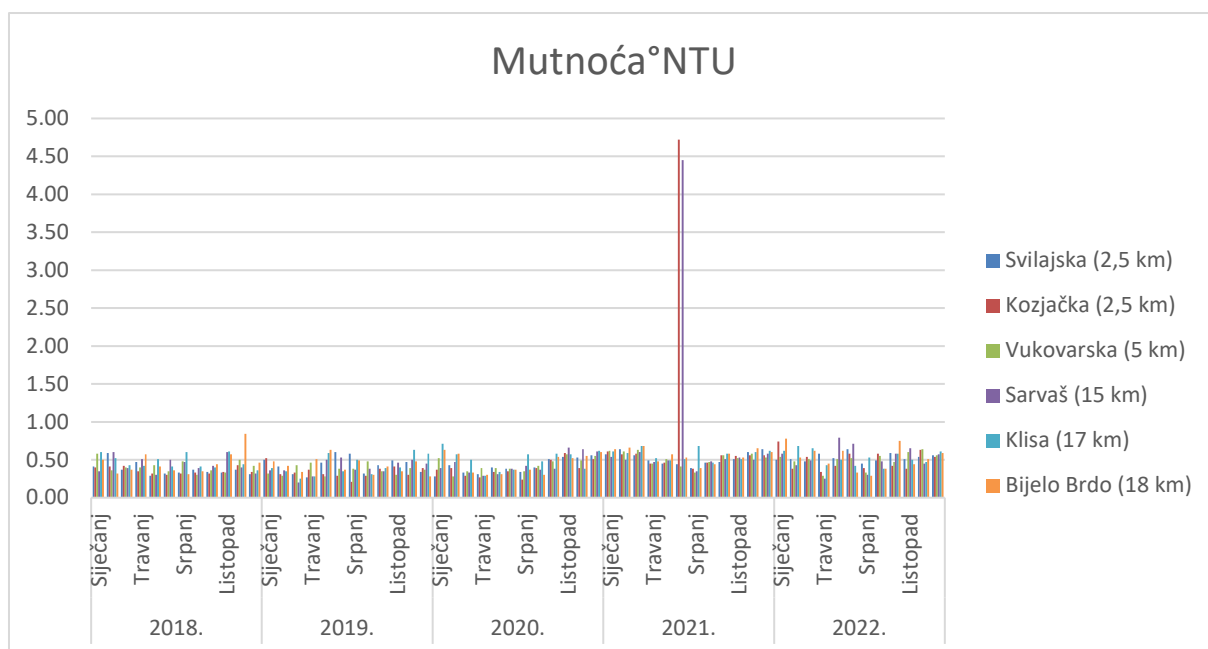


godine vrijednosti analiziranog parametra nisu prelazile 0,04 mg/l. Razlog tome je što je prilikom miješanja vode rijeke Drave uslijed povećane koncentracije organskih tvari, nužno i doziranje viših koncentracija dezinfekcijskog sredstva.



**Slika 15** Vrijednosti koncentracija slobodnog klora kroz petogodišnje razdoblje (2018.-2022.) na pojedinim lokacijama u vodoopskrbnoj mreži tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o.

Vrijednosti analiziranih fizikalno-kemijskih parametara kvalitete vode za ljudsku potrošnju, mutnoće, boje i koncentracije željeza, uzoraka vode tijekom petogodišnjeg razdoblja (2018.-2022.) uzorkovanih na šest lokacija u vodoopskrbnoj mreži tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o. (Klisa, Sarvaš, Bijelo Brdo, Vukovarska ulica, Kozjačka ulica i Svilajska ulica) prikazane su na **Slikama 16-18**.

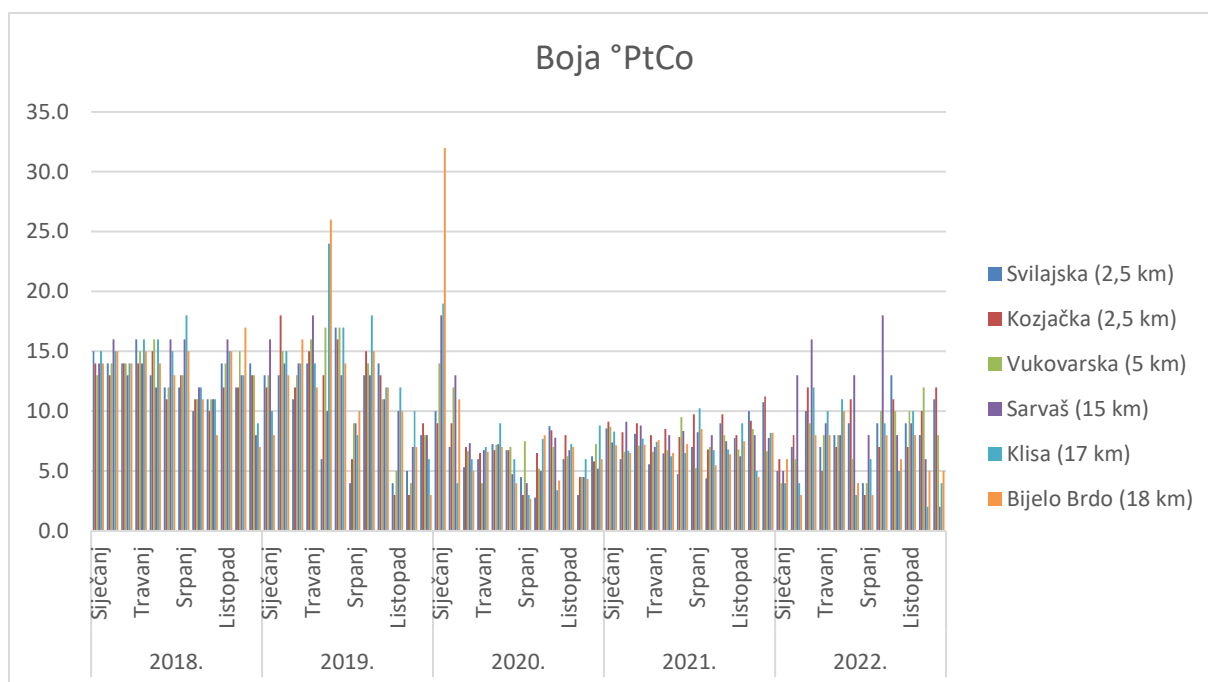


**Slika 16** Vrijednosti mutnoće vode kroz petogodišnje razdoblje (2018.-2022.) na pojedinim lokacijama u vodoopskrbnoj mreži tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o.

Tijekom 2018. godine, mutnoća je bila u rasponu od 0,29 (svibanj, Svilajska ulica) do 0,60 °NTU (siječanj, Klisa; listopad, Sarvaš). Tijekom 2019. godine vrijednosti mutnoće su se kretale od 0,31-0,58 °NTU (Svilajska ulica), a najviše vrijednosti mutnoće od 0,63 °NTU zabilježene su u uzorcima vode s lokacije Klisa i Bijelo Brdo koje su ujedno i najudaljenije lokacije od pogona. Vrijednosti mutnoće tijekom 2020. godine nisu prelazile 0,59 °NTU kod lokacija bližih pogonu, dok su na udaljenijim lokacijama (Sarvaš) dostizale vrijednost do 0,66 °NTU.

Za razliku od 2022. gdje se vrijednosti nalaze u rasponu do 0,64°NTU na bližim lokacijama (Svilajska Ulica) te 0,79 °NTU na daljim (Sarvaš), 2021. godine vrijednosti u lipnju (Kozjačka ulica, Sarvaš) čak prelaze MDK i iznose 4,72 °NTU za bližu lokaciju te 4,45 °NTU za dalju odnosno Sarvaš. Pojava ovako visokih vrijednosti povezuje se s radovima koji su se odvijali na vodoopskrbnoj mreži.

MDK vrijednost za mutnoću vode prema Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23) iznosi 4 °NTU.

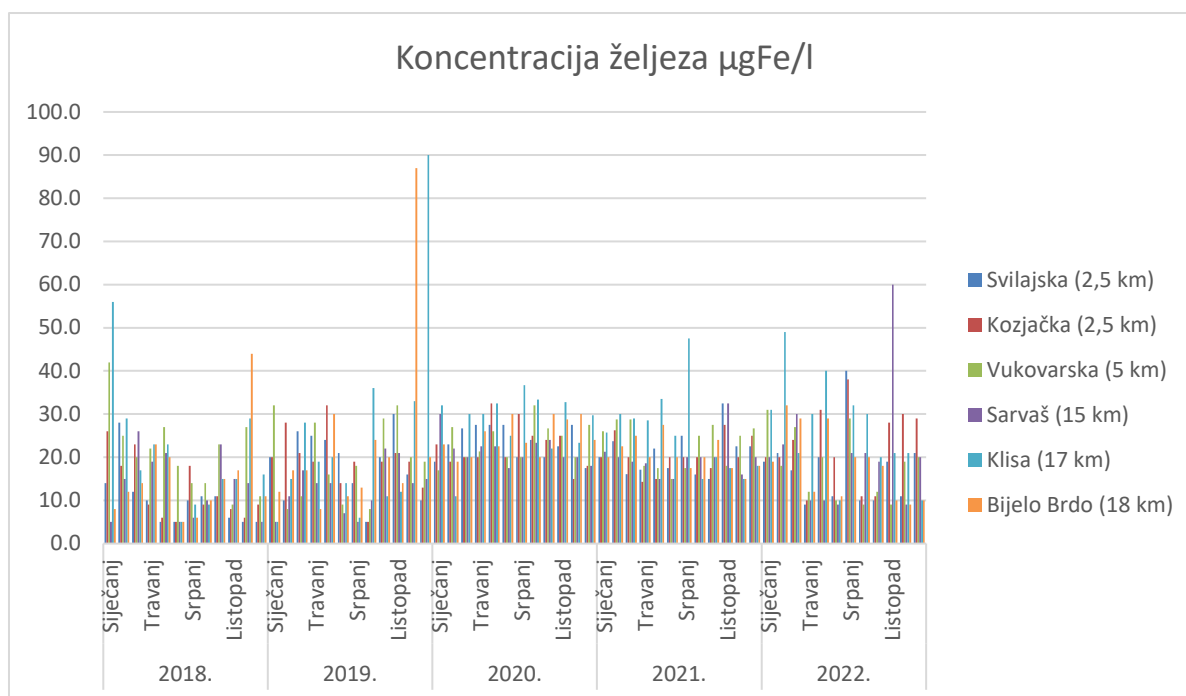


**Slika 17** Vrijednosti boje vode kroz petogodišnje razdoblje (2018.-2022.) na pojedinim lokacijama u vodoopskrbnoj mreži tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o.

Vrijednosti boje izmjerene u uzorcima vode iz vodoopskrbnog sustava tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o. tijekom 2018. godine bile su u rasponu od 7 do 17 °PtCo, a najviša navedena vrijednost boje izmjerena je u uzorku vode s lokacije Bijelo Brdo.

Tijekom 2019. i 2020. godine bilježe se odstupanja parametra boje od MDK-a u uzorcima s lokacije Bijelo Brdo kada izmjerene vrijednosti iznose 26 °PtCo (svibnju 2019. godine) te 32 °PtCo (siječanj 2020. godine). U 2022. godini najviša vrijednost boje iznosila je 18 °PtCo, a izmjerena je u kolovozu na lokaciji Sarvaš.

Prema Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23) MDK vrijednost za boju vode iznosi 20 °PtCo.



**Slika 18** Vrijednosti koncentracije ukupnog željeza u uzorcima vode kroz petogodišnje razdoblje (2018.-2022.) na pojedinim lokacijama u vodoopskrbnoj mreži tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o.

Na svim lokacijama uzorkovanja od 2018. do 2020. godine, koncentracije ukupnog željeza bile su u skladu sa propisanom MDK vrijednosti. Najviše koncentracije zabilježene su u uzorcima vode s udaljenijih lokacija.

Najviša vrijednost koncentracije ukupnog željeza iznosila je 56 µg Fe/l, a izmjerena je u uzorku vode s lokacije Klisa u siječnju 2018. godine. Na istoj lokaciji (Klisa) 2019. godine (prosinac) izmjereno je 90 µg Fe/l, dok su značajno manje vrijednosti izmjerene u uzorcima vode s bližih lokacija pogonu. Tako je najviša koncentracija ukupnog željeza u listopadu 2019. godini iznosila 30 µg Fe/l u uzorcima s lokacije Svilajska ulica.

Tijekom 2020. godine vrijednosti koncentracije ukupnog željeza nisu prelazile 36,67 µg Fe/l na udaljenijim lokacijama (Klisa, srpanj), dok su na bližim lokacijama iznosile do 32,50 µg Fe/l (Kozjačka ulica, svibanj 2021.). Također i u 2021. vrijednosti su na bližim lokacijama (Svilajska ulica) dostizale 32,50 µg Fe/l dok je na Klisi izmjereno 47,50 µg Fe/l što je ujedno i najviša izmjerena koncentracija 2021. godine.

Analizom uzoraka vode tijekom 2022. godine uočava se ukupni pad koncentracije željeza u odnosu na prethodnu godinu, osim kod pojedinih uzoraka. Najviša koncentracija za Svilajsku ulicu iznosi 40 µg Fe/l u srpnju te 38 µg Fe/l za Kozjačku ulicu. Dok najviša koncentracija iznosi

60 µg Fe/l izmjerena u uzorku vode iz Sarvaša u mjesecu listopadu te 49 µg Fe/l u uzorku vode iz Klise u veljači 2022. godine.

Sve izmjerene vrijednosti ukupne koncentracije željeza u uzorcima vode iz vodoopskrbne mreže tijekom petogodišnjeg razdoblja, neovisno o udaljenosti lokacije uzorkovanja, nisu prelazile MDK vrijednost određenu Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23) od 200 µg Fe/l.

## **5. ZAKLJUČCI**

U ovome radu praćena je učinkovitost ispiranja vodoopskrbne mreže na kakvoću vode dostupne potrošačima te fizikalno-kemijska i mikrobiološka svojstva iste. Podzemne vode koje tvrtka Vodovod-Osijek d.o.o. prerađuje te dostavlja potrošačima putem vodoopskrbne mreže općenito sadrže povećane koncentracije arsena, mangana, željeza, amonijaka i drugih organskih tvari koje, iako u skladu s Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 63/23), mogu i dalje sadržavati određene zaostale koncentracije istih koje mogu doprijeti pogoršanju kvalitete vode u vodoopskrbnom sustavu, odnosno mogu doprijeti nastanku taloga u cijevima ili sudjelovati u kemijskim reakcijama s drugim tvarima unutar vodoopskrbne mreže.

Zadatak rada bio je praćenjem fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara utvrditi učinkovitost ispiranja vodoopskrbne mreže grada Osijeka kao mjere održavanja kvalitete vode koja se distribuira potrošačima. Učinkovitost ispiranja vodoopskrbne mreže određena je analizom parametara: mutnoća, boja, koncentracija željeza, koncentracija slobodnog klora, ukupni broj kolonija na 22 °C i 36 °C te *Escherichia coli*, Enterokoki te *Pseudomonas aeruginosa* ili *Clostridium perfringens*. Dobiveni rezultati uspoređeni su s rezultatima analiza kvalitete vode određene tijekom razdoblja 2018. – 2022. kako bi se dobio i uvid o utjecaju promjene tehnologije prerade vode i primjene novog dezinfekcijskog sredstva u pogonu tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o.

Kako bi se utvrdio utjecaj udaljenosti pojedine točke potrošnje vode od pogona, voda je uzorkovana na šest lokacija različitih udaljenosti od pogona i to: Svilajska ulica (2,5 km od pogona), Kozjačka ulica (2,5 km od pogona), Vukovarska ulica (5 km od pogona), Sarvaš (15 km od pogona), Klisa (17 km od pogona) i Bijelo Brdo (18 km od pogona).

Na temelju provedenih analiza kvalitete uzoraka vode može se zaključiti slijedeće:

- Prema rezultatima mikrobioloških analiza uzoraka vode, udaljenost lokacije uzorkovanja negativno je utjecala na mikrobiološku kvalitetu vode.
- Analizom uzoraka vode utvrđeno je da postoji značajna razlika u mikrobiološkoj kvaliteti vode između najbliže lokacije (Svilajska ulica 2,5 km) i najdalje (Bijelo Brdo, 18 km).

- Udaljenosti od pogona uslijed slabije potrošnje i protoka svježje vode pogoduje nastanku biofilma koji se odražava povećanjem broja mikroorganizama u uzorcima vode.
- Najlošija mikrobiološka kvaliteta vode tijekom petogodišnjeg razdoblja bilježi se u najudaljenijim lokacijama uzorkovanja -Sarvaš (15 km), Klisa (17 km) i Bijelo Brdo (18 km).
- Ispiranje vodoopskrbne mreže značajno doprinosi poboljšanju kvalitete vode u vodoopskrbnom sustavu jer se pad vrijednosti analiziranih mikrobioloških parametara redovito bilježi nakon provođenja ispiranja mreže.
- Na poboljšanje mikrobiološke kvalitete vode u vodoopskrbnoj mreži i smanjenje broja kolonija bakterija pri 22 °C i 37 °C značajno je utjecala i promjena tehnologije prerade vode i promjena dezinfekcijskog sredstva od 2020. godine.
- U svim ispitanim uzorcima vode tijekom petogodišnjeg razdoblja (2018. – 2022.) nije zabilježena prisutnost patogenih bakterija *Escherichia coli*, Enterokoka, *Pseudomonas aeruginosa* i *Clostridium perfringens* što je u skladu s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23).
- Vrijednosti slobodnog rezidualnog klora u vodoopskrbnoj mreži, neovisno o udaljenosti, tijekom petogodišnje razdoblja praćenja (2018. – 2022. godina) u većini mjerenja nisu prelazile vrijednost određenu Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23) od 0,5 mg/l. Ipak, tijekom 2019. godine zabilježena je viša vrijednost od propisane MDK i to na lokaciji u blizini pogona tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o.
- Vrijednosti mutnoće vode u vodoopskrbnoj mreži, neovisno o udaljenosti, tijekom petogodišnje razdoblja praćenja (2018. – 2022. godina) u većini mjerenja nisu prelazile vrijednost određenu Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23) od 4 °NTU. Odstupanja su zabilježena 2021. godine zabilježena su za lokaciju Kozjačka ulica i Sarvaš kada su izmjerene vrijednosti bile više od MDK vrijednosti. Navedene povećane vrijednosti izmjerene su uoči provođenja postupka ispiranja vodoopskrbne mreže.



- Vrijednosti boje izmjerene u uzorcima vode iz vodoopskrbnog sustava tvrtke Vodovod-Osijek d.o.o. tijekom petogodišnjeg razdoblja u više navrata su prelazile MDK vrijednost propisanu Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23) od 20 °PtCo. Odstupanja su zabilježena 2019. i 2022. godine na lokacijama Bijelo Brdo i Sarvaš. Nakon postupka ispiranja mreže, izmjerene vrijednosti su ponovno bile ispod navedene MDK.
- Sve izmjerene vrijednosti ukupne koncentracije željeza u vodoopskrbnoj mreži tijekom petogodišnje razdoblja praćenja (2018. – 2022. godina), nisu prelazile MDK vrijednost određenu Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode za ljudsku potrošnju (NN 64/23) od 200 µg Fe/l.

## **6. LITERATURA**

Aqua d.o.o., Tvrdoća vode, preuzeto 23.7.2023., <https://aqua.hr/2016/10/20/tvrdoca-vode/>

Dogančić F., Kondicioniranje vode za ljudsku potrošnju metodom koagulacije i flokulacije, diplomski rad, Osijek 2023.

Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., preuzeto 17.7.2023., <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=65109>

HZJZ, Hrvatski zavod za javno zdravstvo:, Zdravstvena ispravnost vode u Hrvatskoj, pristupljeno 17.7.2023., <https://www.hzjz.hr/aktualnosti/zdravstvena-ispravnost-vode-u-hrvatskoj/>

Kralj E., Pokazatelji i indeksi kakvoće podzemnih i površinskih voda istočne Hrvatske, Doktorska disertacija, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2017.

Kristanti, Risky Ayu, Tony Hadibarata, Muhammad Syafrudin, Murat Yılmaz, Shakila A. (2022): "Microbiological Contaminants in Drinking Water: Current Status and Challenges." *Water, Air, & Soil Pollution* 233 (8): 299. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05698-3>.

Nujić M., Habuda-Stanić M. (2017): Nitrates and nitrites, metabolism and toxicity. *Hrana u zdravlju i bolesti*, 6; 63 – 72.

NZJZ SDŽ, Nastavni zavod za javno zdravstvo Splitsko-dalmatinske županije, mutnoća vode i zdravstveni rizik, preuzeto 19.7.2023., <https://nzjz-split.hr/mutnoca-vode-i-zdravstveni-rizik/>

Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju, NN 64/2023.

Privredni.hr, preuzeto 17.7.2023., <https://privredni.hr/pitka-voda-je-nase-bogatstvo>

Romić Ž., Arsen u podzemnoj vodi osječkog vodocrpilišta i oksidacija arsenita pri kondicioniranju vode, Doktorska disertacija, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2009.

Šperac M., Građevinski i arhitektonski fakultet u Osijeku, Nastavni materijali, kolegij Opskrba vodom i odvodnja 1, 2019.

Vodovod Osijek d.o.o., vodoopskrba, preuzeto 17.7.2023., <https://vodovod.com/vodne-usluge/vodoopskrba/>

WHO, World Health Organisation, Drinking-water, pristupljeno 6.6.2023., <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Zakon o vodi za ljudsku potrošnju, NN 30/2023.