

KVALITETA VODE U BUNARIMA U BLIZINI RIJEKE ORLJAVE

Vuković, Tea

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic in Pozega / Veleučilište u Požegi**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:112:570820>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-28**



VELEUČILIŠTE U POŽEGI
STUDIA SUPERIORA POSEGANA

Repository / Repozitorij:

[Repository of Polytechnic in Pozega - Polytechnic in Pozega Graduate Thesis Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

VELEUČILIŠTE U POŽEGI



TEA VUKOVIĆ, 1579/16

KVALITETA VODE U BUNARIMA KRAJ RIJEKE ORLJAVE

ZAVRŠNI RAD

Požega, 2019. godine

VELEUČILIŠTE U POŽEGI
POLJOPRIVREDNI ODJEL
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

**KVALITETA VODE U BUNARIMA KRAJ RIJEKE
ORLJAVE**

ZAVRŠNI RAD

IZ KOLEGIJA HIGIJENA I SANITACIJA

MENTOR: Helena Marčetić, dipl.ing.

STUDENT: Tea Vuković

Matični broj studenta: 1579/16

Požega, 2019. godine

SAŽETAK

U ovom radu provedeno je istraživanje mikrobiološke i kemijske kvalitete bunarske vode na području sela Dervišaga, kraj Požege sa desne strane do rijeke Orljave. Voda je prikupljena iz četiri bunara. Analize su obavljene u zavodu za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije.

Cilj rada je utvrditi kvalitetu vode u bunarima uz rijeku Orjavu, koji je utjecaj rijeke na kvalitetu vode, te je li prikladna za konzumaciju. U eksperimentalnom dijelu rada je opisana analiza voda svih bunara iz kojih su uzeti uzorci i ispisani rezultati analiza u obliku tablica.

Rezultati analize pokazali da svi uzorci su unutar granica i udovoljavaju MDK. Mikrobiološke analize pokazuju kako u uzorcima su prisutne kloiformne bakterije, *Escherichia coli*, fekalni enterokoki i *Pseudomonas aruginosa*.

Ključne riječi: bunarska voda, onečišćenje, mikroorganizmi, fizikalno - kemijska istraživanja

SUMMARY

In this paper, microbiological and chemical quality of well water was investigated in the area of the village of Dervišaga, near Požega on the right side to the river Orjava. Water was collected from four wells. The analyzes were performed at the Public Health Institute of Požega-Slavonia County.

The aim of this paper is to determine the water quality in wells along the Orjav River, which is the impact of the river on water quality, and whether it is suitable for consumption. The experimental part of the paper describes the analysis of the waters of all wells from which samples were taken and the results of the analyzes in the form of tables were written.

The results of the analysis showed that all samples were within the boundaries and met the MDK. Microbiological analyzes show that cloiform bacteria, *Escherichia coli*, fecal enterococci and *Pseudomonas aruginosa* are present in the samples.

Key words: well water, kontamination, microorganisms, physico - chemical research

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	2
2.1. Općenite značajke prirodnih voda	2
2.2. Voda za ljudsku potrošnju	3
2.3. Općenito o bunarima i vrste bunara	5
2.4. Bunarska voda	7
2.4.1. Mikrobiološke opasnosti	7
2.4.2. Kemijske opasnosti	8
2.5. Fizikalno - kemijska svojstva vode	8
2.6. Mikrobiološka svojstva vode	12
3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA	14
3.1. Zadatak	14
3.2. Materijali i metode	14
3.2.1. Uzorkovanje vode	14
3.3. Fizikalno - kemijske analize vode	15
3.3.1. Određivanje boje, okusa i mirisa	17
3.3.2. Određivanje mutnoće	17
3.3.3. Određivanje električne vodljivosti	18
3.3.4. Određivanje pH	19
3.3.5. Određivanje ukupne tvrdoće	20
3.3.6. Utrošak permanganata $KMnO_4$	21
3.3.7. Određivanje nitrata i nitrita	22
3.3.8. Određivanje amonijaka	22
3.3.9. Određivanje aluminija	23
3.3.10. Određivanje željeza i mangana	24

3.3.11. Određivanje klora u vodi	24
3.4. Mikrobiološke analize	25
3.4.1. Proces membranske filtracije vakuum pumpom	26
3.4.2. Određivanje <i>Escherichie Coli</i> i ukupnih koliformnih bakterija.....	27
3.4.3. Određivanje fekalnih enterokoka.....	28
3.4.4. Određivanje ukupnog broja kolonija na 36 °C/48 h i 22 °C/72 h	28
3.4.5. Određivanje <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	29
4. REZULTATI	30
6. ZAKLJUČAK.....	33
7. LITERATURA	34

1. UVOD

Molekula vode je čvrsti kemijski spoj između atoma kisika i vodika. Količina energije koju atomi posjeduju ovisi o temperaturi i tlaku. Ovisno o količini energije koju sadrže, voda se pojavljuje u tri agregatna stanja: krutom, tekućem i plinovitom. Kakvoća vode temelji se kao pokazivanje njenih fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava (Gulić, 2003).

Cjelokupan život na Zemlji ovisi o raspoloživim količinama vode. Kod starih naroda, voda je bila jedan od četiri temeljna elementa života. Stoljećima je kakvoća vode, naročito podzemne bila povoljna za višestruke namjene. Nakon razvoja kemijske industrije, znatno su se povećale količine otpadne tvari i energije koje se izravno ili neizravno ispuštaju u prirodne vodne sustave (Tedeschi, 1997).

U prirodi vodu nalazimo kao: oborinsku, površinsku i podzemnu. U stalnom je kružnom kretanju. Površinska i oborinska voda koje su prodrle u dublje slojeve i zadržale na nepropusnim slojevima zemlje čine podzemnu vodu. Takva voda će se prije ili kasnije vratiti na površinu, prirodnim načinom (izvorska voda) ili crpljenjem (bunarska voda).

Budući da isparavanje na zemlji nikad ne prestaje i gubitak vode se stalno nadoknađuje, kružni tok vode u prirodi je stalno zatvoren (Šivak, 2002).

Ukupan volumen svih vrsta voda na Zemlji je oko 1,4 milijardi km^3 . Od ove velike količine samo oko 2,5 % otpada na slatke vode (oko 35 milijona km^3). Ostatak dostupne slatke vode na Zemlji pohranio se uglavnom kao podzemna voda do 2000 metara dubine (30,8 % od ukupnih količina). Ova količina predstavlja oko 97 % količina slatkih voda koje se mogu upotrijebiti kao pitke vode. Temeljna zadaća svih stanovnika Zemlje je očuvanje i poboljšanje kakvoće slatke vode, ukoliko je moguće. Opće je poznato da su količine vode na Zemlji stalne zahvaljujući kruženju vode u prirodi (Dadić, 2003).

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Općenite značajke prirodnih voda

Po porijeklu vode dijelimo na:

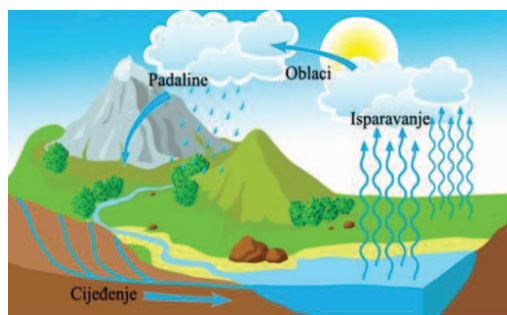
- Oborinske,
- Površinske,
- Podzemne.

Oborinske vode su: kiša, snijeg, tuča, rosa, inje. Kišnica je jedina voda koju možemo akumulirati i koristiti u krajevima gdje nema drugih voda, dok ostale oborinske vode nemaju praktičnu primjenu. I najčišća kišnica sadrži nečistoće koje skuplja u zrak: čađu, prašinu, plinove, pare različitih kiselina i slično.

Površinske vode mogu se koristiti za uporabu u termoenergetici, ali uz obaveznu često i vrlo skupu obradu koja se sastoji od svih tehnoloških postupaka počevši od taloženja i filtriranja do umekšavanja, demineralizacije i otplinjavanja. U težim slučajevima onečišćenja površinske vode mogu biti potpuno neprikladne za upotrebu.

Podzemne vode nalaze se u dubljim slojevima zemlje. To su bunarske vode koje crpimo i izvorske koje same izviru na površinu zemlje. Podzemne vode su bistre jer prolaze kroz različite slojeve zemlje te se profiltriraju. Pripadaju redu najtvrdih voda, koje sadrže obiluju količinu soli natrija, kalija, željeza, mangana, silicija i drugih (Šivak, 2002).

Voda ima izuzetnu ulogu u okolišu. Voda u prirodi kruži neprestanim ciklusom koji uključuje isparavanje, tvorbu oblaka, otjecanje po površini i protjecanje kroz tlo. Isparavanje vode osigurava znatnu količinu vodene pare koja tvori oblake. Vlaga u atmosferi rezultat je procesa koji se odvija u biljkama, a naziva se transpiracija.



Slika 1. Hidološki ciklus (Anonymus_1, url)

U prirodi po sastavu ne mogu postojati dvije iste vode. Bez obzira na isti početni sastav kapi, na svom putu do korisnika voda mijenja svoj sastav obogaćujući se korisnim tvarima ili onečišćujući se štetnima (Dadić, 2001).

2.2. Voda za ljudsku potrošnju

Voda za piće jedina je namirnica kojom se koristi cjelokupno stanovništvo, bez obzira na zemljopisni položaj, socioekonomski status, rasu, te vjeru, jer je potreba za vodom opće poznata za normalno funkcioniranje ljudskog organizma. Dnevna potreba za tekućinom je dvije litre (zbog gubitka kroz mokraću, stolicu, kožu, pluća i toplinu kao posljedica izmjene tvari i oksidacije), od kojih je čovjeku potrebna jedna litra čiste vode. Drugu litru čovjek dobiva putem namirnica (Dadić, 2001).

Slatke vode (podzemne, bunarske i površinske) koriste se kao vode za piće koje moraju biti određene kakvoć, te imati određena fizikalna, kemijska i mikrobiološka svojstva. Voda mora biti bistra, ugodna okusa, bezbojna, bez mirisa i određene temperature. Poželjno je da sadrži otopljene soli (natrijeva klorida, natrijeva hidrogen karbonata) i plinove (ugljičkov dioksid i kisik) koji vodi daju okus. Voda mora imati pH između 6.5 i 8.5, te ne smije sadržavati soli mangana (koji joj daju gorak okus) ni soli željeza (koje pogoduju razmnožavanju određenih vrsta algi). Voda za piće ne smije sadržavati nitratne ione (NO_3^-), nitritne ione (NO_2^-) ni amonijak (NH_3) iznad dozvoljenih koncentracija (koji u vodu dospijevaju razgradnjom organskih tvari ili kao posljedica uporabe gnojiva), patogene mikroorganizme, kao ni mikroorganizme fekalnog zagađenja (Voda i zdravlje, url).

Zdravstveno ispravnom vodom za ljudsku potrošnju smatra se voda koja (Zakon o vodi za ljudsku potrošnju, NN 56/13):

- 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,
- ne prelazi vrijednosti parametara zdravstvene ispravnosti vode.

Ispravnost vode za piće u Republici Hrvatskoj definirana je Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analize monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN

125/2017). Između ostalih parametara, propisano je da voda za piće iz javnih vodoopskrba mora biti bez okusa i mirisa, obojenja najviše do 20 mg/PtCo skale, mutnoće do 4 NTU, temperature do 25 °C, dok pH vrijednost vode mora biti od 6,5 do 9,5. Od ostalih važnijih parametara maksimalno dozvoljene koncentracije su:

- Amonijak 0,5 mg/L; nitrati 50 mg/L; nitriti 0,5 g/L,
- Kloridi 250 mg/L; natrij 200 mg/L; sulfati 250 mg/L,
- Željezo 0,2 mg/L; mangan 0,05 mg/L,
- Slobodni klor 0,5 mg/L,
- Arsen 50 µg/L,
- Organske tvari (14 mg/L kao TOC ili 5 mgO₂/L kao utrošak KMnO₄).

Za ukupnu tvrdoću nema maksimalno propisane koncentracije, ali maksimalna električna vodljivost je propisana na 2500 µS/cm. Što se tiče mikrobiologije, u vodi ne smije biti patogenih mikroorganizama čiji su glavni predstavnici *Salmonelle*, *shigelle*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas aeruginosa* čija se koncentracija ograničava na manje od jedne žive stanice po litri. Isto tako, vodovodna voda mora biti potpuno sterilna, te je Pravilnikom predviđeno da ne smije sadržavati 20 živih bakterija po mL vode izraslih na kompletnoj podlozi pri 37 °C i 100 bakterija po mL izraslih na 22 °C, odnosno da 1 L vode za piće smije sadržavati i do 100 000 živih stanica (Mijatović i Matošić, 2009).

Voda koja se koristi za piće površinska je ili podzemna. Zbog bolje zaštićenosti od vanjskog zagađenja podzemna voda je u prednosti. U Hrvatskoj je od ukupne količine vode u podzemlju samo oko 12 %, ali i ta količina vode je znatno iznad svjetskog prosjeka. Podzemna voda u Hrvatskoj znatno je bolje kakvoće od podzemnih voda u visokorazvijenim zemljama, ali potrebno je također istaknuti da kakvoća neprestano opada, a to se može zaustaviti povećanom brigom (Dadić, 2001).

Iako je količina vode stalna mjesto na koje se vraća nije uvijek isto. To možemo najlakše objasniti mjerenjem starosti vode koja je različita i ovisna prije svega o tipu vode. Procjenjena starost voda kreće se od 1 tjedna pa sve do 10 000 godina. U zadnje vrijeme u svjetskoj javnosti postoji velika zabrinutost o manjku vode na Zemlji zbog velikih sušnih razdoblja (Dadić, 2003).

Tablica 1. Starost pojedinih tipova vode (Dadić, 2003)

Biosferska voda	1 tjedan
Atmosferska voda	1,5 tjedan
Riječna voda	2 tjedna
Močvara	1 – 10 godina
Jezera	10 godina
Vlažnost tla	2 tjedna do 1 godine
Voda ledenjaka	1000 godina
Oceani i mora	4000 godina
Podzemne vode	2 tjedna do 10000 godina

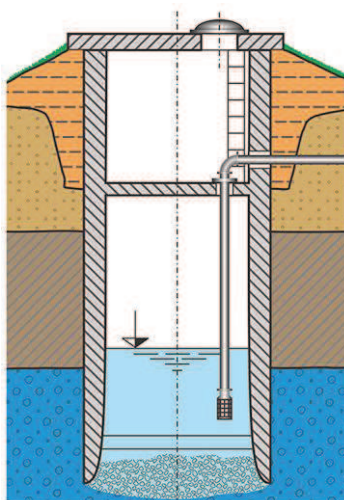
2.3. Općenito o bunarima i vrste bunara

Bunari su iskopine ili bušotine kreirane u zemlji kopanjem, pobijanjem ili bušenjem da bi se pristupilo podzemnim vodama. Voda iz bunara se može crpiti različitim konstrukcijama pumpi na ručni ili električni pogon.

Bunari se međusobno razlikuju po dubini, karakteru nivoa vode (arteski sa nivoom vode pod pritiskom i obični sa nivoom vode ispod površine terena) i kvalitetu vode (IPIN institut-BUNARI, url).

Kopani bunari

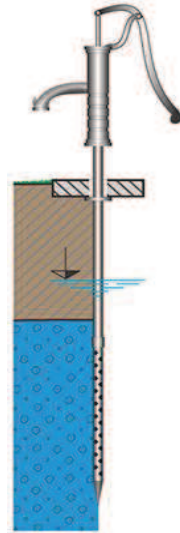
Ovu vrstu bunara nazivamo bušeni bunari. Bušeni bunari se koriste za navodnjavanje poljoprivrednih površina, vodoopskrbu industrije i naselja, odvodnjavanje rudnika, za hvatanje termalnih, termomineralnih i mineralnih voda i slično (IPIN institut-BUNARI, url).



Slika 2. Kopani bunar (FAQ/Bunari, url)

Pobijeni bunari

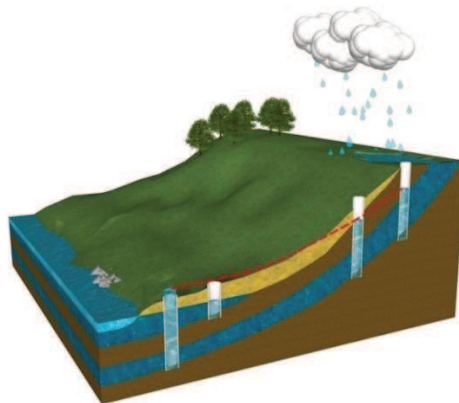
Pobijeni bunari se izrađuju vrlo lako i jeftino. Dovoljno je samo da se odredi točka pobijanja. Onda se pristupa zabijanju cijevi na zadano mjesto. Prethodno je cijev (najčešće pocinčana 5/4" do 2"), na određenom mjestu, i to uglavnom pri donjem kraju izbušena u vidu filtera, kako bi voda mogla ulaziti u cijev (IPIN institut-BUNARI, url).



Slika 3. Pobijeni bunar (FAQ/Bunari, url)

Bušeni bunari

Bunari se mogu bušiti raznim ručnim ili strojnim metodama. Na ovaj način se mogu dostići puno veće dubine, čak i nekoliko stotina metara. Bušeni bunari se zacjevljuju sa cijevima (najčešće čeličnim, pocinčanim, inox, plastičnim i sl.) (IPIN institut-BUNARI, url).



Slika 4. Bušeni bunar (FAQ/Bunari, url)

2.4. Bunarska voda

Danas su zdenci za javnu vodoopskrbu u različitim sanitarno tehničkim stanjima. Ima zdenaca koji još danas izgledaju kao u vrijeme kad su i nastali, a tek na manjem broju zdenaca su obavljani radovi sanitarno tehničke sanitacije. Zdenci u kojima nisu obavljani niti minimalni sanitarno tehnički zahvati zagađuju se iz zraka (oborine, vjetar, prašina, pelud, ptice), tla (oborine koje prodiru u zdenac kroz vodopropusne spojeve elemenata konstrukcije zdenca) i podzemnim putem (septičke jame, gnojnice, susjedov zdenac, vodopropusni materijal (pijesak, šljunak) do zdenca na pravcu podzemnog toka vode. Također, postoji i mogućnost zagađenja zdenca namjernim ubacivanjem predmeta ili kemikalija. Treba nadodati i loše održavanje zdenaca za javnu vodoopskrbu, ne obavljanje ispumpavanja i čišćenja zdenaca, čak niti onih koji su bili pod okupacijom u Domovinskom ratu. Organske tvari u vodama potječu od zagađivanja i razgrađuju se djelovanjem mikroorganizama. Ovisno o vrsti i koncentraciji, u vodama nastaju odgovarajući fizikalno kemijski uvjeti u kojima se razvijaju mikroorganizmi prilagođeni tim uvjetima. Koriste organske tvari kao izvor energije i hrane za njihov rast i razmnožavanje. Proces koji se odvija u tom trenutku poznat je kao samopročišćavanje voda (Zavod za javno zdravstvo, url).

2.4.1. Mikrobiološke opasnosti

Mikrobiološki procesi razgradnje organskih tvari odvijaju se i u zdencima koji su izloženi zagađivanju. Kloriranjem zdenaca ugiba jedan dio mikrobiologije, ali preživljavaju mikroorganizmi zaštićeni u suspendiranim česticama, sluzavim slojevima na zidovima zdenaca, i u talogu na dnu zdenca. Takvi, zaštićeni mikroorganizmi nastavljaju svoj životni ciklus. Time se ne postiže nikakav cilj dezinfekcije, te i dalje prijeti opasnost oboljevanja putem vode, što potvrđuju brojne analize voda iz kloriranih zdenaca s uzastopno izoliranim fekalnim koliformima i fekalnim streptokokima. Iz toga se može zaključiti da je postojeća praksa kloriranja vode u zdencima krajnje nepouzdana i epidemiološki rizična. Svjetska zdravstvena organizacija upućuje na to da se voda iz zagađenih izvora tretira procesima koagulacije, flokulacije, sedimentacije, filtracije i dezinfekcije. Time se osigurava višestruka barijera širenju raznih patogenih mikroorganizama. U tom slučaju, neispravan rad jednog procesa neće rezultirati bolestima putem vode. Uklanjanjem organskih tvari prije dezinfekcije smanjuje se nastajanje potencijalno opasnih nusprodukata (Zavod za javno zdravstvo, url).

2.4.2. Kemijske opasnosti

Klor reagira s organskim tvarima u klorirane organske spojeve što rezultira relativno brzim nestajanjem slobodnog klora u vodi kloriranih zdenaca i značajno većem utrošku klora. Organske tvari s dušikom karakteristične su za fekalno zagađenje voda. Ove tvari reagiraju s kloridom u organske kloramine slabog ili nikakvog baktericidnog djelovanja. Takav je npr. kreatinin iz urina koji reagira s klorom u jako stabilni klor-kreatinin.

Kod organskih spojeva prirodnog porijekla događa se reakcija s klorom u trihalometane (THM), kojih je najučestaliji kloroform (triklorometan). Uz njega su značajni još i bromoform (tribrommetan), dibromoklorometan i bromdiklorometan.

Neka istraživanja pokazala su da je kloroform genotoksičan, te da pogoduje razvoju tumora, pa se svrstava u grupu 2B mogućih uzročnika raka u ljudi.

Ove informacije upućuju na to da je potrebno napustiti sadašnju praksu dezinfekcije vode kloriranjem u zdencima. Potrebno je još spomenuti i amonijak koji je prisutan u podzemnoj vodi zbog fekalnog zagađenja ili geološkog porijekla, kao što je i čest slučaj sa željezovitim vodama. Amonijak reagira s klorom uz nastajanje anorganskih kloramina. Kod pH vode iznad 7 nastaje monokloramin, kod vrijednosti 4.4 do 5.0 nastaje dikloramin i kod pH vrijednosti ispod 4.0 trikloramin. S obzirom na pH vrijednosti podzemnih voda kod nas, postupkom kloriranja najvećim dijelom nastaje monokloramin koji ima produženo dezinfekcijsko svojstvo zato jer otpušta vezani klor. Iz tog razloga se monokloramin koristio za dezinfekciju vode za piće doziranjem amonijaka prije kloriranja. Temeljem opsežnih istraživanja Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) smatra da 3 mg/L monokloramina nema dokazanog štetnog djelovanja na ljude (Zavod za javno zdravstvo, url).

Kao moguće mjere poboljšanja važno je navesti potrebu za redovnom dezinfekcijom i kontrolom bunarske vode. Također se mora voditi računa o izboru mjesta na kojemu će se bunar nalaziti. Ne smije biti u blizini septičkih jama, smetlišta, groblja, ali isto tako i neodržavanih bunara koji također mogu biti izvor kontaminacije (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).

2.5. Fizikalno - kemijska svojstva vode

Boja, okus i miris

Boja vode potječe odrazličitih otopljenih ili koloidnih anorganskih i organskih tvari. Najčešće se radi o otopljenim željeznim ili manganskim solima koje mogu obojati vodu u

nijansama crvenkaste do smeđe boje, bjelančevinama, ugljikohidratima, taninskim i huminskim kiselinama koje uzrokuju žuto-smeđu boju i slično.

Okus i miris vode također su fizičke manifestacije njezinih bioloških i kemijskih karakteristika. Okus potječe od otopljenih mineralnih soli, ali može biti i posljedica raspadnute organske tvari, proizvoda živih organizama poput algi, otpadnih tvari industrijskog podrijetla, kao i otopljenih plinova (Mayer, 2004).

Mutnoća

Mutnoća ili замуćenost vode je izraz za kakvoću vode koja se odnosi na fine suspendirane čestice gline, mulja, organske i anorganske tvari, planktona i drugih mikroorganizama. Nastaje od raspršenih tvari koloidnih veličina (100 - 1000 nanometara) čestica, mikroorganizama i mjehurića plinova.

Mutnoća vode potječe od:

- suspendiranih čestica gline,
- čestica mulja,
- finih, sitnih organskih anorganskih tvari,
- rastvorenih, obojenih organskih tvari (npr. željeza ili mangana),
- mikroorganizama i planktona.

Pojava mutnoće ne da se spriječiti, ali se mutnoća da ukloniti različitim tehnološkim postupcima (taloženje, višestruka filtracija, centrifugiranje i slično) (Mutnoća vode i zdravstveni rizik, url).

Elektrovodljivost

Elektrovodljivost je sposobnost neke tvari da provodi električnu struju. Električna struja prolazi kroz vodu ako je ona ionizirana ili sadrži otopljene mineralne tvari. Jedinica kojom se izražava elektrovodljivost je $\mu\text{S}/\text{cm}/20\text{ }^\circ\text{C}$.

pH vrijednost

pH vrijednost jedan je od najvažnijih parametara koji utječe na kvalitetu vode. Ona nam govori kakva je voda: kisela, neutralna ili lužnata. Idealna pH vrijednost je od 7.0 - 7.6. Ako je ova vrijednost niža od 7.0 kažemo da je voda kisela (ima kiselu reakciju), što uzrokuje koroziju metalnih dijelova koji se nalaze u bazenu ili su u doticaju s bazenskom vodom. Ako je pak pH

vrijednost iznad 7.6 kažemo da je voda lužnata (ima lužnatu reakciju) (Korisna-informacija/odrzavanje-bazenske-vode-pH-6, url).

Tvrdoća vode

Tvrdoću vode čine razni otopljeni ioni metala, uglavnom kalcija i magnezija, koji su ujedno i esencijalni minerali važni za ljudsko zdravlje i neophodni su u prehrani. Kemijskim metodama se određuje ukupna, prolazna, stalna, karbonatna tvrdoća, ali i kalcijeva i magnezijeva tvrdoća. Najčešće tražen podatak je za ukupnu tvrdoću koja se obično izražava u mg/L CaCO₃, ali i preko njemačkih, francuskih i engleskih stupnjeva tvrdoće.

Stupnjevi tvrdoće definiraju se na slijedeći način (varkom.hr, url):

- 1 njemački stupanj tvrdoće = 1 od = 10 mg/L CaO,
- 1 francuski stupanj tvrdoće = 1 of = 10 mg/L CaCO₃,
- 1 engleski stupanj tvrdoće = 1 oe = 10 mg/0,7 L CaCO₃.

Kalijev permanganat

Utrošak kalijeva permanganata pri standardnim uvjetima analize predstavlja mjerilo sadržaja organskih tvari u vodi. Voda koja sadrži organske tvari ljudskog, životinjskog, biljnog ili industrijskog porijekla, utrošit će određenu količinu kalijeva permanganata za njihovu oksidaciju koja ovisi o količini organske tvari u vodi, ali i njihove kemijske strukture (Habuda-Stanić i Kuleš, 2009).

Nitrati i nitriti

Nitrati i nitriti se prirodno nalaze u okolišu kao dio ciklusa kruženja dušika i dušikovih spojeva u prirodi. Mogu se pronaći u zraku, tlu, vodi i hrani (osobito u povrću) i prirodno se sintetiziraju u ljudskom tijelu. Često se koriste kao gnojiva, rodenticidi, ali i kao aditivi u hrani. Nitrati nastaju u reakcijama oksidacije organskog otpada djelovanjem bakterija koje vežu dušik. Veće količine nitrata najčešće se nalaze u listovima biljaka, dok se u manjim količinama nalazi u sjemenkama ili gomoljima. Konzumacija vode za piće s povećanom koncentracijom nitrata može na ljudski organizam djelovati dvojako akutno i kronično (Nujić i Habuda-Stanić, 2017).

Amonijak

Amonijak je spoj dušika i vodika formule NH_3 . Pri normalnoj temperaturi i tlaku amonijak je plin. Toksičan je i korozivan prema pojedinim materijalima. Ima karakterističan miris. Lako se otapa u vodi. Prirodna količina u podzemnim i površinskim vodama je ispod 0,2 mg/L. Anaerobne podzemne vode mogu sadržavati 3 mg/L (hydrolux.info, url).

Aluminij

Simbol Al laki metal, nakon kisika i silicija najrašireniji element u Zemljinoj kori, gdje dolazi kao sastavni dio gline i mnogih stijena. Gustoća mu je 2,70 g/cm³, dobro vodi toplinu i električnu struju. Zbog kompaktna površinskoga oksidnog sloja postojan je na zraku i u vodi. Reagira s kiselinama i lužinama uz razvijanje vodika (jabuka.tv, url).

Željezo i mangan

U privatnim izvorima vode, poput bunara ili bušotina vrlo često se javlja velika koncentracija željeza/mangana u vodi. U bunarskoj vodi, željezo/mangan obično se pojavljuje u nevidljivom otopljenom stanju pa na prvi pogled izgleda čisto. No čim voda dođe u doticaj sa zrakom, otopljeni željezo/mangan „oksidira“ i formira netopljive čestice.

Znakovi da u vašoj vodi imate željezo ili mangan (aquapur, url):

- Vaša voda ima crveno-smeđu boju,
- Vaša voda ima loš okus,
- Crvenkasto – smeđi ostaci (željezo) ili smeđe-crni ostaci (mangan) na rublju, posuđu, keramici i slično.

Željezo u vodi za piće izaziva zamućenje. Pri većim koncentracijama daje joj ukus po tinti. Voda koja ima u sebi željeza stvara velike poteškoće i u brojnim industrijama, kao što su: tekstilna, kožna, celulozno-papirna, prehrambena itd. Osim toga, željezo u vodovodnoj mreži može izazvati rast i razvoj određenih vrsta mikroorganizama, čiji metaboliti smanjuju ili potpuno ispunjavaju presjeka cjevovoda. Vode sa povećanom koncentracijom željeza imaju negativan uticaj na organoleptička svojstva vode, izazivaju gorko-sladunjav i opor ukus, pa je neophodno ukloniti, u toku obrade i pripreme vode za piće, ione željeza (posupkom deferizacije) i mangana (postupkom demanganizacije) (Coursehero, url).

2.6. Mikrobiološka svojstva vode

Mikrobiologija je znanost koja proučava žive organizme male veličine, najčešće nevidljive golim okom. Mikrobiologija voda izučava građu i život mikroorganizama koji se nalaze u čistim i zagađenim vodama, određuje pravac i zakonitosti procesa samoočišćenja, razjašnjava mogućnost korištenja mikroorganizama u svojstvu indikatora stupnjeva zagađenja vode. Posebna pažnja se poklanja izučavanju biokemijskih procesa, koji se odvijaju tokom pročišćenja otpadnih voda, uticaju mikroorganizama i proizvoda njihove aktivnosti na kvalitetu vode i radu postrojenja za pročišćavanje. Mikroorganizmi nisu jedinstvena sistematska grupa. Njima pripadaju acelularni, prokariotski i eukariotski – jednostanični i višestanični organizmi: virusi, bakterije, većina algi, gljive i protozoe. Zajedničko svojstvo svih mikroorganizama je mala veličina (Tehnologija hrane, url).

Među glavnim skupinama mikroorganizama površinskih slatkih voda su: *Escherichia coli*, vrste iz roda *Enterobacter*, *Proteus*, *Streptococcus*, *Pseudomonas*, anaerobne vrste bakterija kao *Desulfovibrio* i *Clostridium*, koje proizvode plinove što vodi daje neugodan miris, te alge i bakterije (Frece i Markov, 2015).

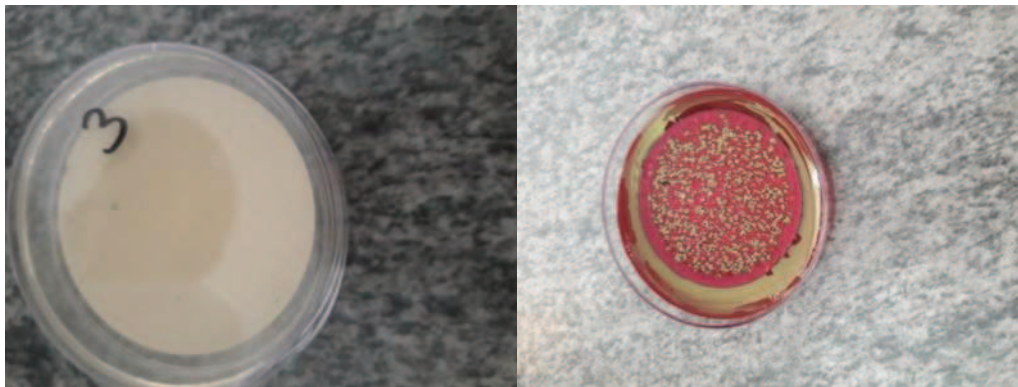
Escherichia coli

Escherichia coli, je vrsta bakterije iz roda *Escherichia*, porodice *Enterobacteriaceae* i široko je rasprostranjena u prirodi. Pripada grupi bakterija koje su uobičajeni stanovnici crijeva mnogih životinja i ljudi, gdje pomažu u probavi hrane. To je štapičasta Gram-negativna bakterija, koje su pokretne. Aerobna je i fakultativno anaerobna bakterija (što znači da može rasti bez kisika, ali ga može iskoristiti ako je prisutan) te dobro uspijeva u laboratorijskim uvjetima. Pripada prilično otpornim bakterijama, mjesecima može živjeti u vodi i zemlji, a dugo na raznim predmetima. U različitim vrstama hrane i namirnica lako se i brzo razmnožava. Toplina od 60 °C ubija je nakon 15 min (javno zdravlje, url).

Koliformne bakterije

Koliformne bakterije su primarno nepatogene i normalno obitavaju u debelom crijevu čovjeka i toplokrvnih životinja, gdje su odgovorne za pravilnu probavu hrane. Koliformne bakterije se izlučuju fekalijama, te dospijevaju u otpadne vode, a preko njih u prirodne vode. Ukoliko su prirodne vode (potoci, rijeke, jezera) opterećeni fekalijama, patogene bakterije,

virusi i paraziti također mogu biti prisutni, predstavljajući opasnost za zdravlje ljudima koji dolaze u kontakt s vodom. Od patogenih bakterija tako mogu biti prisutni uzročnici: kolere (*Vibrio cholerae*), tifusa (*Salmonella typhi*), salmoneloze (*Salmonella*), dizenterije (*Shigella*), gastroenteritisa (*Campylobacter jejuni*) (e-skola.biol.pmf.unizg., url).



Slika 5. Koliformne bakterije i *Esherichia coli* (Izvor: autor)

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. Zadatak

Zadatak ovog rada je provesti mikrobiološke i fizikalno-kemijske analize bunarskih voda, s područja Dervišage (s desne strane do rijeke Orljave) na području Požeško-slavonske županije, te utvrditi zdravstvenu ispravnost tih voda i jesu li sami rezultati unutar dozvoljenih granica.

3.2. Materijali i metode

Uzorci vode su uzeti sa četiri obiteljska bunara u naselju Dervišaga (s desne strane do rijeke Orljave). Uzorci su prikupljeni u razdoblju od 02.04.2019. do 03.04.2019. i analizirani u Zavodu za javno zdravstvo u Požegi. Prvi uzorak uzet je na mjestu 1 sa dubinom zdenca 7,5 m i dubinom vode 2,5 m. Starosti 9 godina, glava otkrivena, betonski prsten. Kanal za odvod ima, voda se crpi pumpom.

Drugi uzorak uzet je na mjestu 2, sa promjerom bunara 1 m, dubinom zdenca 7 m, dubinom vode 2 m. Starost bunara je 45 godina. Glava bunara u dosta dobrom stanju, prekrivena, betonski prsten, kanala za odvod nema. Udaljenost gnojnice 20 metara, udaljenost kanalizacije 10 metara.

Treći uzorak je sa mjesta 3, promjera bunara 1 m, dubinom zdenca 4,70, dubinom vode 1 m. Starost bunara je 31 godinu. Betonski prsten, kanal za odvod ima. Voda se crpi kroz hidrofor, udaljenost kanalizacije i gnojnice 20 m. Broj potrošača vode je 6 osoba. Voda se povremeno klorira. Četvrto i posljednje mjesto uzorkovanja (mjesto 4) obavljeno je na obiteljskom bunaru promjera 1 m, dubine zdenca 15,5 m dubine vode 2 m. Starost bunara je 50 godina. Glava bunara je prekrivena, zatvorena, u dobrom je stanju, limena izvedba također u dobrom stanju. Kanal za odvod ima, voda se crpi sajlom. Kanalizacija je u udaljenosti od 30 m.

3.2.1. Uzorkovanje vode

Prije same analize vode, potrebno je pravilno uzeti uzorak vode. Potrebne su dvije staklene boce od 500 mL (jedna s crvenim, druga s plavim čepom). Crvena je sterilna i namjenjena za mikrobiološku analizu, plava nije sterilna i namjenjena je za fizikalno -kemijsku analizu. Boce

se ne smiju ispirati prije uzorkovanja niti otvarati. Ovisno o tipu bunara, voda se uzorkuje na način da se (u ovom slučaju) kanta pričvršćena užetom uroni u bunar do dubine vode i nakon što se kanta izvadi iz bunara natoči se voda u staklenku sa crvenim čepom za mikrobiološku analizu i sa plavim čepom za fizikalno - kemijsku analizu vode. Uzorke je potrebno donjeti najkasnije 24 sata nakon uzorkovanja, te ih držati u hladnjaku na temperaturi od 4 °C (Odjel za kontrolu zdravstvene ispravnosti voda i vodoopskrbu, url).

3.3. Fizikalno - kemijske analize vode

Od fizikalno – kemijskih analiza na bunarskoj vodi provedene su sljedeće analize:

- određivanje boje, okusa i mirisa,
- mutnoća,
- elektrovodljivost,
- pH,
- ukupna tvrdoća,
- utrošak permanganata KMnO_4 ,
- određivanje nitrata i nitrita,
- određivanje amonijaka,
- određivanje aluminija,
- određivanje željeza,
- određivanje mangana,
- određivanje klora.

Tablica 2. Maksimalno dopuštene koncentracije kemijskih parametara (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017)

NAZIVI	METODE	TEHNIKA	MJERNA JEDINICA	VRIJEDNOST	MDK UDOVOLJAVA
BOJA	HRN EN ISO 7887:2012	Spektrofotometrija	mg/PtCO skale	12.0	20
MUTNOĆA	HRN EN ISO 7027:2016	Turbidimetrija	NTU	0.92	4
MIRIS	HRN EN ISO 1622:2008	Senzorika	-	bez	Bez
OKUS	HRN EN ISO 1622:2008	Senzorika	-	bez	Bez
KONCENTRACIJA VODIKOVIH IONA	HRN EN ISO 10523:2012	Potencimetrija	pH jedinica	7.8/21.5°C	6.5-9.5
VODLJIVOST	HRN EN ISO 27888:2008	Konduktometrija	µS/cm/20°C	82.5	2500
UTROŠAK KM_nO₄	HRN EN ISO 8467:2001	Titrimetrija	O ₂ mg/l	2.53	5.0
SLOBODNI KLOR	HRN EN ISO7393-2:2001	Spektrofotometrija	m/l	0.30	0.5
TEMPERATURA	SM 2550 B (2005)	Digitakni termometar	°C	8.7	25
KLORIDI	HRN EN ISO 9297:1998	Titrimetrija	mg/l	8.8	250.0
AMONIJ	HRN EN ISO 7150-1:1998	Spektrofotometrija	mg/l	0.00	0.50
NITRITI	SM 4500-NO ₃ B (2005)	Spektrofotometrija	mg/l	0.62	50
NITRATI	HRN EN ISO 26777:1998	Spektrofotometrija	mg/l	0.00	0.50
ALUMINIJ	Aluminon metoda	Spektrofotometrija	µg/l	14	200
UKUPNA TVRDOĆA VODE	HRN EN ISO 6059:1998	Titrimetrija	CaCO ₃ mg/l	47	DA
ŽELJEZO	FerroVer metoda	Spektrofotometrija	µg/l	20.0	200.0
MANGAN	PAN metoda	Spektrofotometrija	µg/l	10.0	50.0

MDK – max dozvoljena količina

3.3.1. Određivanje boje, okusa i mirisa

Postupak mjerenja (boja):

Uzorak filtrirati: filtrirati 25 mL uzorka kroz membranski filter od celulozne membrane (pore 0,45 μm , promjer 25 μm) i odbaciti filtrat (koristiti plastičnu špricu od 10 mL s filter nastavkom). Filtrirati drugih 50 mL uzorka kroz isti filter i zadržati filtrat za analizu (UZORAK).

- Ne podešavati pH dok je između 4 – 10,
- Uključiti uređaj - Zagrijavanje lamp,
- Na korisničkim programima izabrati 9120 boja,
- Pokrenuti,
- Napuniti kivetu (50 mm) iznad pola volumena (2/3) čistom vodom, staviti u odgovarajući otvor i nulirati,
- Isprati kivetu s uzorkom i zatim ponov napuniti uzorkom (2/3 volumena),
- Staviti u uređaj i očitati vrijednost,
- Za očitane vrijednosti niže od 5 pisati kao rezultat: <5 (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).



Slika 6. Spektrofotometar (Izvor: autor)

3.3.2. Određivanje mutnoće

Postupak mjerenja:

- Na uređaju uključiti tipku ON/OFF,
- pranje epruvete destiliranom vodom i brisanje da ne bi ostalo kapljica vode,

- stavljanje uzorka vode u staklenu epruvetu do označene linije,
- stavljanje epruvete u uređaj,
- prikaz rezultata na uređaju [NTU] (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).



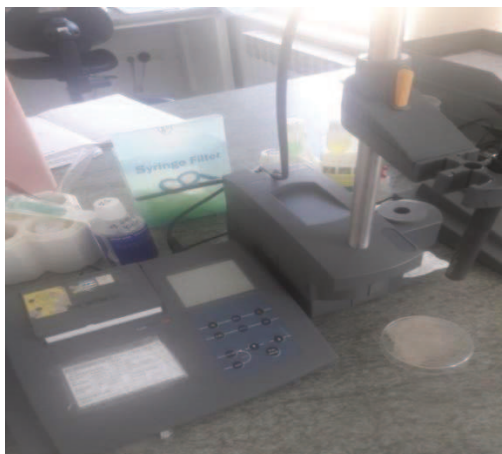
Slika 7. Turbidimetar (Izvor: autor)

3.3.3. Određivanje električne vodljivosti

Za određivanje električne vodljivosti korišten je stolni konduktometar u laboratoriju Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije. Konduktometar se sastoji od sonde za direktno mjerenje (Pozitivni ioni se kreću prema negativnoj elektrodi, a negativni prema pozitivnoj elektrodi). Pri mjerenju se također mora kontrolirati i temperatura jer vodljivost raste s temperaturom za otprilike 2 % / °C.

Postupak mjerenja:

Elektroda se prije mjerenja ispere destiliranom vodom i osuši. Zatim se konduktometar upali na tipku ON. Elektroda se uroni u uzorak. Nakon nekog vremena na zaslonu instrumenta treba pisati AUTOREAD, nakon čega se pritisne tipka AR i nakon nje tipka RUN/ENTER. Nakon što oznaka AR prestane treperiti znači da je vrijednost postala konstanta. Prije svakog novog uzorka potrebno je elektrodu isprati destiliranom vodom i osušiti (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).



Slika 8. Konduktometar (Izvor: autor)

3.3.4. Određivanje pH

Postupak mjerenja:

Elektroda se ispere demineraliziranom vodom, osuši, a zatim uroni u uzorak koji se ispituje. Rezultat se očitava na instrumentu kada vrijednost bude konstantna. Elektroda se drži u otopini KCl (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).



Slika 9. pHmetar (Izvor: autor)

3.3.5. Određivanje ukupne tvrdoće

Postupak mjerenja titracijom sa kompleksal otopinom:

U 100 mL uzorka vode doda se 1 mL amonij pufera (6,75g NH₄Cl + 57 mL NH₄OH (može i 25 % NH₃)). Doda se eriochrom black indikator u zrnima na vrhu žličice (da dođe do blago rozog obojenja). Titrirati sa kompleksalom B do plave boje. Potrošnja 1 mL kompleksala = 1 °nj tvrdoće (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).

$$\text{MgCaCO}_3/\text{L} = \frac{\text{UTV } ^\circ\text{nj}}{0,056} \quad (1)$$

0 – 5 °nj = Veoma meka voda

5 – 10 °nj = Meka voda

10 – 15 °nj = Srednje tvrda voda

15 – 22 °nj = Prilično tvrda voda

22 – 30 °nj = Vrlo tvrda voda



Slika 10. Kompleksal B otopina (Izvor: autor)

3.3.6. Utrošak permanganata KMnO_4

Postupak:

Stavi se 50 ml uzorka u erlenmeyerovu tikvicu od 300 mL. 5 mL H_2SO_4 se stavi na kuhanje (poklopiti tikvicu od 50 mL). Zatim u međuvremenu napraviti slijepu probu. Stavi se 15 mL oksalne kiseline u erlenmeyerovu tikvicu od 300 mL i 5 mL H_2SO_4 se stavi kuhati do vrenja. Kada zakuha titrirati sa KMnO_4 do pojave roza boje. Potrošnja mora biti između 14 i 16 mL. Ako je potrošnja manja od 14 onda treba pojačati oksalnu kiselinu, a ako je veća od 16 onda je treba razrijediti. Nakon što je uzorak prokuhao stavimo 15 mL KMnO_4 stavimo ponovno kuhati i kada zavrije stavi se štoperica na 10 minuta i pusti se da vrije. Nakon isteka 10 minuta dodati točno 15 mL oksalne kiseline. U slučaju da ne dođe do obezbojenja staviti još malo kuhati do obezbojenja. Nakon toga titrirati sa KMnO_4 do pojave blago roza boje i to je potrošnja KMnO_4 za tu vodu (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).



Slika 11. Oksalna kiselina i Kalijev permanganat (Izvor: autor)

3.3.7. Određivanje nitrata i nitrita

Postupak određivanja nitrata:

Na uređaju spektrofotometru izaberi program 2101. Kiveta se napuni destiliranom vodom i stisne se tipka ZERO (NULA) (kiveta od 10 mm četvrtasta). U drugu kivetu stavi se standard (napravljeni standard za nitrate mora biti koncentracije 10 mg/L NO₃⁻ⁿ, te se pritisne tipka READ (ČITAJ). Zatim se dobro ispere kiveta, u nju se stavi uzorak i stisne tipka READ. Ukoliko su nitrati višji od ranga za mjerenje razrijeđujemo uzorak s destiliranom vodom, sa strane se nalazi ikona RAZRIJEĐENJE, unesti faktor razrijeđenja i očita se vrijednost sa ekrana (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).

Rezultat:

mg/L NO₃ (Izmjerena vrijednost pomnoži se sa 4,43)

Postupak određivanja nitrita:

Prvo s na spektrofotometru pokrene program 371 N nitrit (kiveta od 1 inča četvrtasta). Zatim se pripremi kiveta sa 10 mL uzorka. Doda se sadržaj jednog NitriVer 3 jastučića. Kružnim pokretima se promješa da se reagens otopi (ako je nitrit prisutan pojavit će se ružičasto obojenje). Pokrene se štoperica na instrumentu. Vrijeme reakcije je 20 minuta. Nakon 20 minuta napraviti slijepu probu (nadopuniti drugu kivetu sa 10 mL uzorka. Staničevinom je potrebno obrisati kivetu slijepe probe i umetnuti je u uređaj. Pritisnuti tipku nula. Staničevinom obrisati kivetu uzorka i umetnuti je u uređaj. Pritisnuti tipku READ za iščitavanje vrijednosti (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).

3.3.8. Određivanje amonijaka

Na spektrofotometru pokrene se program 385 N. Pripremi se slijepa proba (napuni se kiveta sa 10 mL deionizirane vode) kiveta od 1 inča, četvrtasta. Zatim se pripremi uzorak: Napuni se druga kiveta sa 10 mL uzorka. Dodati ammonia salicylate jastučić u svaku kivetu. Kiveta se začepi i protrese da se reagens otopi. Pokrene se štoperica na instrumentu. Vrijeme reakcije je 3 minute. Nakon 3 minute dodati ammonia cyanurate jastučić u svaku kivetu. Začepiti kivetu da se reagens otopi. Ponovo pokrenuti štopericu na instrumentu na 15 minuta (vrijeme reakcije). Zelena boja pokazuje prisutnost amonijevog dušika. Nakon isteka 15 minuta staničevinom obrisati kivetu slijepe probe te ju umetnuti u držač kivete u spektrofotometru.

Pritisnuti tipku ZERO (NULA), na ekranu se prikaže 0,00 mg/L. Zatim stisnemo u čemu hoćemo da nam izražava rezultate $\text{NH}_3^{-\text{n}}$, NH^{+4} . Staničevinom obrisati kivetu uzorka te je umetnuti u uređaj i pritisnuti tipku READ (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).

3.3.9. Određivanje aluminija

Na uređaju kolorimetar uključiti tipku EXIT. Zatim stisnuti PRGM tipku. Upisati 1 te stisnuti ENTER. Na zaslonu ekrana pojavit će se 1 Al mg/L. Napuniti graduirani cilindar sa uzorkom do oznake 50 mL. Cilindar je prije upotrebe potrebno isprati sa HCl 1:1 i deioniziranom vodom. Zatim je potrebno dodati sadržaj 1 jastučića AloVer₃ Aluminium reagent. Začepiti (Razvije se crveno-narančasta boja ako je prisutan aluminij). Pritisnuti TIMER pa ENTER na 3 minute. Za to vrijeme neprestano se okreće cilindar. Kada je vrijeme isteklo potrebno je prelići 25 mL mješavine u kivetu (pripremljeni uzorak). Zatim se dodaje sadržaj 1 jastučića Bleaching 3 reagen-a u preostalih 25 mL u graduiranom cilindru i začepiti. (Slijepa proba). Na displeju je 00:30 Time 2. Pritisnuti ENTER i snažno mućkati cilindar 30 sekundi. Nakon zvučnog signala prelići 25 mL otopine iz cilindra u 2. kivetu (Slijepa proba). Na displeju je 15:00 Time 3. Pritisne se ENTER. Nakon isteka 15 minuta stavi se slijepa proba u držač kivete i poklopi. Pritisnuti tipku ZERO, nakon čega se prikaže 0,000 mg/L Al. Staviti pripremljeni uzorak u držač kivete i poklopiti. Pritisnuti tipku READ nakon čega se pojavljuje rezultatu mg/L Al (0,000) (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).

Rezultat (mg/L) pomnožimo sa 1000 (mg/L)



Slika 12. Kolorimetar (Izvor: autor)

3.3.10. Određivanje željeza i mangana

Postupak određivanja željeza (Ferro Ver metoda):

Na kolorimetru stisnuti tipku EXIT. Zatim stisnuti PRGM tipku, upisati 33, pa ENTER. Na displeju će se pojaviti Fe mg/L. Kivetu napuniti sa 10 ml uzorka (slijepa proba). Slijepu probu staviti u držač kivete te poklopiti sa poklopcem instrumenta. Stisnuti tipku ZERO nakon čega se na zaslonu pojavi 0,00 mg/L Fe. Druga kiveta napuni se sa 10 mL uzorka. Doda se sadržaj 1 vrećice Ferro Ver Iron reagensa u tu kivetu sa uzorkom nakon čega se kiveta zatvori i okreće da bi se reagens otopio (pošto je u prahu). Na uređaju pritisnuti TIMER pa ENTER nakon čega slijedi odbrojanje 3 minute (vrijeme reakcije). Nakon što je prošlo 3 minute staviti kivetu u držač kivete, poklopiti sa poklopcem instrumenta. Stisnuti READ i pojavit će se rezultat u 0,00 mg/L Fe. Rezultat pomnožiti sa 1000 mg/L (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).

Postupak određivanja mangana (PAN metoda):

Napomena: sav stakleni pribor treba isprati sa 1:1 otopinom HNO₃, pa isprati sa deioniziranom vodom. Na kolorimetru uključiti tipku EXIT, te stisnuti PRGM tipku. Upisati 43, pa ENTER. Napuniti 1. kivetu sa 10 mL deionizirane vode (slijepa proba), a drugu kivetu sa 10 mL uzorka (pripremljeni uzorak). Dodati sadržaj 1 jastučića Adsorbic Acid u svaku kivet, zatvoriti i okrenuti da se reagens otopi. Zatim dodati 15 kapi Alkaline-Cyanide reagens otopine u svaku kivetu, zavrtiti i izmješati. Nakon toga, dodaje se 21 kap PAN Indikator otopine 0,1 %-tne u svaku kivetu. Zavrtiti i izmješati. Pritisnuti TIMER pa ENTER (2 minute odbrojanje-vrijeme reakcije). Nakon 2 minute umetne se slijepa proba u držač za kivetu i poklopi. Stisne se ZERO nakon čega se na zaslonu prikaže 0,000 mg/L Mn. Stavi se pripremi uzorak u držač kiveta i poklopi. Stisnuti tipku READ, nakon čega se pojavljuje rezultat u 0,000 mg/L Mn. Rezultat pomnožiti sa 1000 mg/L (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).

3.3.11. Određivanje klora u vodi

U 50 mL vode dodati K₂CrO₄, zatim titirati sa AgNO₃ do narančastog obojenja i iščitati rezultat.



Slika 13. K_2CrO_4 za određivanje klorida (Izvor: autor)

3.4. Mikrobiološke analize

Od mikrobioloških analiza na bunarskoj vodi provedeno je sljedeće:

- Određivanje *Escherichie Coli* i ukupnih kloroformnih bakterija,
- Određivanje fekalnih enterokoka,
- Određivanje ukupnog broja kolonija na $36\text{ }^{\circ}\text{C}/48\text{ h}$ i $22\text{ }^{\circ}\text{C}/72\text{ h}$,
- Određivanje *Pseudomonas aeruginosa*.

Tablica 3. Mikrobiološki pokazatelji ispravnosti vode (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017)

Naziv	Metoda	Tehnika	Mjerna jedinica	Vrijednost	MDK udovoljava
Ukupni koliformi	HRN EN ISO 9308-1:2014; HRN EN ISO 9308-1:2014/A1:2017	Membranska filtracija MF	Broj/100 ml	0	0
<i>Escherichia coli</i>	HRN EN ISO 9308-1:2014; HRN EN ISO 9308-1:2014/A1:2017	Membranska filtracija MF	Broj/100 ml	0	0
Enterokoki	HRN EN ISO 7899-2:2000	Membranska filtracija MF	Broj/100 ml	0	0
Broj kolonija na 36°C	HRN EN ISO 6222:2000	Total plate count	Broj/1 ml	0	100
Broj kolonija na 22°C	HRN EN ISO 6222:2000	Total plate count	Broj/1 ml	0	100
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	HRN EN ISO 16266:2008	Membranska filtracija MF	Broj/100 ml	0	0

3.4.1. Proces membranske filtracije vakuum pumpom

Uređaj za membransku filtraciju prije upotrebe potrebno je dezinficirati. Dezinfekcija se vrši 70 %-tnim alkoholom etanolom, a potom slijedi sterilizacija upotrebom plamenika. Ljevak se ukloni, te se sterilnom pincetom, koja se sterilizira plamenom, prihvati ispitni filter i sa mrežastim djelom okrenutim prema gore, položi na sredinu držača filtera. Ljevak filtera se postavi na uređaj za filtriranje i učvrsti držačem. Nakon što se postavi filter i ljevak, u ljevak se ulijeva 100 mL uzorka ispitivane vode, uključi vakum i filtrira cijeli sadržaj vode. Vakum se isključi odmah nakon završene filtracije. Ukloni se ljevak filtera i sterilnom pincetom makne

membranski filter s osnovice držača filtera, te se stavi na selektivnu podlogu u Petrijevoj zdjelici pazeći da ne zaostanu mjehurići zraka, između membrane i površine hranjive podloge (agar). Ako zaostanu mjehurići zraka, tada membranu treba podići i ponovo staviti na hranjivu podlogu. Zatim uzorci idu na inkubaciju (temperatura i vrijeme ovisi o vrsti bakterija čiju prisutnost utvrđujemo). Ako se očekuje veći broj kolonija, u tom slučaju se razrjeđuje uzorak, na način da se profiltrira 10 mL uzorka i 1 mL uzorka pomiješan sa 10 mL sterilne destilirane vode (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).



Slika 14. Uređaj za membransku filtraciju sa vakuum pumpom (Izvor: autor)

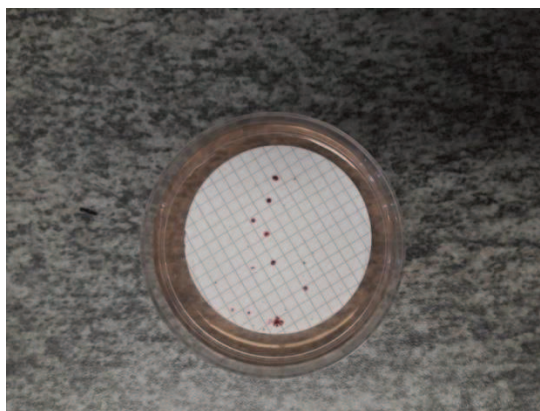
3.4.2. Određivanje *Escherichie Coli* i ukupnih koliformnih bakterija

Određuju se postupkom membranske filtracije. Inkubacija je 24 sata na temperaturi 36 °C. Ukupni broj kolonija ne smije biti veći od 100.

Nakon inkubacije izbroje se sve kolonije koje daju pozitivnu P-D galaktozidaza i 3-D glukuronidaza reakciju (tamno-plava do ljubičasta boja), *Escherichia coli*, te kolonije koje daju pozitivnu P-D galaktozidaza reakciju (ružičaste do crvene boje) kao vjerojatne koliformne bakterije. Kako bi se potvrdilo jesu li koliformne bakterije u pitanju ili *Escherichia coli* treba provesti oksidaza test. Potrebno je ispitati najmanje 10 ružičastih do crvenih kolonija tako da se ezom uzme dio kolonije i razmaže na papirnati disk za oksidaza test. Pojava plavo ljubičaste boje nakon 30 sekundi smatra se pozitivnom reakcijom. Koliformne bakterije su oksidaza negativne (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).

3.4.3. Određivanje fekalnih enterokoka

Priprema uzoraka vrši se već opisanim postupkom membranske filtracije. Za ovu metodu koristimo Slanetz Bartley agar. Uzorci se inkubiraju 2 dana na temperaturi od 36 °C. Nakon završetka inkubacije prebrojavaju se sve tamnocrvene kolonije. Ukupni broj kolonija treba iznositi manje od 200, a očekivani broj tipičnih kolonija manje od 100. Ne smiju biti prisutni u vodi. Dokazivanje Enterokoka provodi se tako da se filter sa kolonijama prenese na ploču sa Bile aesculin azide agarom, koji je zagrijan na 44 °C, te inkubira 2 sata pri 44 ± 0,5 °C. Nakon inkubacije pobroje se sve kolonije tamnosmeđe ili crne boje, kao kolonije Enterokoka. Rezultati se izražavaju tako da se iz broja tipičnih kolonija izbrojanih na filterima i rezultata potvrdnih testova, procjeni broj kolonija Enterokoka (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).



Slika 15. Fekalni enterokok (Izvor: autor)

3.4.4. Određivanje ukupnog broja kolonija na 36 °C/48 h i 22 °C/72 h

Iz boce se pipetom sa sterilnom tipsom uzme 1 ml uzorka i izlije u sterilnu petrijevu zdjelicu koja se zatim prelije agarom prethodno rashlađenim na 60 °C koji okrećemo lahanim kružnim pokretima da se svagdje jednako rasporedi. Zatim se petrijeve zdjelice poslažu u inkubator na 36 °C/48 h i na 22 °C/72 h. Broj nastalih kolonija u oba slučaja ne smije biti veći od 100 (Zavod za javno zdravstvo Požega, 2017).

3.4.5. Određivanje *Pseudomonas aeruginosa*

Nakon membranske filtracije uzorka vode, sterilnom pincetom makne se membranski filter s osnovice držača filtera i stavi se na selektivnu podlogu u Petrijevu zdjelicu s *Pseudomonas* CN agarom, pazeći da ne zaostanu mjehurići zraka između membrane i površine agara i inkubira 44 ± 4 sata, na temperaturi 37 ± 2 °C. Nakon potrebne inkubacije pobroje se sve plavozelene kolonije kao potvrđene kolonije *Pseudomonas aeruginosa*. Nakon toga filter se pogleda pod UV lampom i pobroje sve kolonije koje fluoresciraju, kao vjerojatne kolonije *Pseudomonas aeruginosa*.

4. REZULTATI

Tablica 4. Rezultati fizikalno-kemijske analize uzoraka

	UZORAK 1	UKORAK 2	UZORAK 3	UZORAK 4
Boja	0,90	3,20	2,48	1,60
Mutnoća	2,05	0,44	0,28	0,55
pH	7,3/22,1	7,1/22,1	7,1/22,3	8,1/16,2
El. vodljivost	587	569	497	594
KMnO₄	0,59	1,38	1,58	0,57
Kloridi	29,0	31,6	26,0	71,0
Amonij	0	0	0	0
Nitrati	16,21	1,35	14,28	8,27
Nitriti	0	0	0	0,01
Mangan	800	31	14	29
Željezo	90	0	0	0
UTV	8,21	41,63	14,21	14,10

UTV – ukupna tvrdoća vode

Tablica 5. Rezultati mikrobiološke analize uzoraka

	UZORAK 1	UZORAK 2	UZORAK 3	UZORAK 4
UK	900	1200	640	1400
EC	50	0	2	0
E	22	0	0	0
BB/36°	2400	400	50	1200
BB/22°	3200	600	180	1400
Ps.a	6	50	2	0

UK –ukupni kloroformi,

EC – *Escherichia coli*,

E – Enterokoki,

BB/36 °C – ukupan broj bakterija na 36 °C,

BB/22 °C – ukupan broj bakterija na 22 °C,

Ps.a – *Pseudomonas aruginosa*.

5. RASPRAVA

Provedena je fizikalno-kemijska i mikrobiološka analiza vode iz 4 privatna bunara u mjestu Dervišaga (s desne strane do rijeke Orljave).

Važno je napomenuti da se niti u jednom zdencu voda ne zamuti poslje kiše, niti presuši. Također, samo na mjestu 3, bunarska voda se koristi za piće, a obitelj na mjestu 4 ju tek planira početi konzumirati. Na preostalim mjestima 1 i 2 voda se konzumira samo u poljoprivredne svrhe i ne pročišćava se.

U tablici 4 prikazani su rezultati fizikalno-kemijskih analiza. Mutnoća uzoraka udovoljava standardu od 4 NTU u svim uzorcima. pH vrijednost svih ispitanih uzoraka je u prosjeku 7 što znači da je voda kemijski neutralna. Svi dobiveni rezultati su unutar granica i udovoljavaju granicama MDK. Sve ostale fizikalno-kemijske analize provedene na četiri obiteljska bunara također udovoljavaju maksimalno dopuštenim koncentracijama osim 1 uzorka čija je količina mangana daleko iznad MDK. Mangan udovoljava maksimalnoj vrijednosti 50,0 µg/L, a u ovom slučaju to je 800 µg/L.

U tablici 5 prikazana je mikrobiološka analiza uzoraka. Ukupni koliformi prelaze maksimalno dopuštene vrijednosti na sva četiri uzorka. Dopuštena koncentracija je 0 cfu/100 mL. Uzorak 1 sadrži najmanje i to 900 cfu/100 mL, dok uzorak 3 640 cfu/100 mL. Voda niti u jednom od četiri ispitanih uzoraka nije primjerena za piće.

Escherichia coli kod uzoraka 1 i 3 prelazi MDK. Uzorak 1 iznosi 50 cfu/100 mL i ovdje ih ima najviše, a kod uzorka 3 pronađene su dvije kolonije *Escherichie coli*. Ova bakterija ne smije biti prisutna u vodi.

Fekalni enterokoki pronađeni su u uzorku 1 i iznose 22 cfu/100 mL. Na ostala tri uzorka nisu pronađeni. Također ih ne smije biti. Prisustvo enterokoka u vodi za piće može se smatrati kao jasan znak fekalnog zagađenja.

Ukupan broj bakterija na 36 °C u uzorku 1, 2 i 4 je iznad MDK vrijednosti. Kod uzorka 1 iznosi 2400 cfu/1 mL što je ujedino i najlošiji rezultat. Kod uzorka 3 rezultat iznosi 50 cfu/1 mL što udovoljava standardu koji je 100 cfu/1 mL.

Ukupan broj bakterija na 22 °C je na sva četiri uzorka iznad MDK vrijednosti. Uzorak 1 je najlošiji i iznosi 3200 cfu/1 mL, a uzorak 2 ima najmanju vrijednost 2 i iznosi 600 cfu/1 mL, što ukazuje na to da nijedan uzorak ne udovoljavaju standardu i bakteriološki su neispravne jer je dozvoljena količina 100 cfu/1 mL.

Pseudomonas aruginosa je prisutana kod uzoraka 1, 2 i 3. Kod uzorka 1 iznosi 6 cfu/100 mL, uzorak 2 je 50 cfu/100 mL i uzorak 3 je 2 cfu/100 mL. Jedino kod uzorka 4 nije pronađen.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenih mikrobioloških i fizikalno - kemijskih analiza i njima dobivenih rezultata može se zaključiti da:

- Mikrobiološke i fizikalno - kemijske analize su od jako bitnog značaja i nužan su faktor pri utvrđivanju zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku konzumaciju. Ovim istraživanjem je potvrđena potreba za zdravstvenom ispravnosti vode na području sela Dervišage, s desne strane do rijeke Orljave.
- Analizom fizikalno-kemijskih parametara možemo zaključiti da su u principu svi parametri u dopuštenim vrijednostima, navodeći da su uzorci uzimani tijekom sunčanog vremena bez ikakvih oborina. Osim uzorka 1 kojemu je mangan bio povišen daleko iznad dopuštene vrijednosti
- Analizom mikrobioloških parametara utvrđena su ogromna prekoračenja na sve četiri lokacije. Na sve četiri lokacije voda nije namjenjena za konzumaciju ljudi.
- Bunarsku vodu na sve četiri lokacije potrebno je dezinficirati kako bi udovoljila zakonskim propisima i kako bi bila sigurna za ljudsku potrošnju, ali problem je malo veći jer pitanje je koliko bi dugo voda bila dobra za ljudsku potrošnju i nakon dezinfekcije zbog konstantnog dotoka nove vode putem podzemnih kanala. Stoga je nužno redovno kontrolirati kvalitetu bunarske vode.

7. LITERATURA

1. Dadić, Ž. (2001) *Priručnik o temeljnoj kakvoći vode u Hrvatskoj*. Zagreb: Hrvatski zavod za javno zdravstvo.
2. Duraković, S. (1996) *Primjenjena mikrobiologija*. Zagreb: Durieux.
3. Duraković, S., Redžepović, S. (2004) *Bakteriologija u biotehnologiji*. Zagreb: Kugler.
4. Frece, J, Markov, K. (2015) *Uvod u mikrobiologiju i fizikalno-kemijsku analizu voda*. Ljubljana: Institut za sanitarno inženjerstvo.
5. Gulić, I. (2003) *Kondicioniranje vode*. Zagreb: Hrvatski savez građevinskih inženjera.
6. Kuleš, M., Habuda-Stanić, M. (2009) *Kondicioniranje voda*. Osijek: Građevinski fakultet, Zavod za hidrotehniku i zaštitu okoliša.
7. Markov, S. (2012) *Mikrobiologija*. Novi Sad: Tehnološki fakultet Novi Sad.
8. Mayer, D. (2004) *Voda - Od nastanka do upotrebe*. Zagreb: Prosvjeta.
9. Mijatović, I., Matošić, M. (2009) *Tehnologija vode*. Zagreb: Prehrambeno-biotehnološki fakultet u Zagrebu.
10. Nakića, D. (2016) *Znanstveno stručni skup Voda i javna vodoopskrba*. Murter: Hrvatski zavod za javno zdravstvo i županiski zavod za javno zdravstvo pod pokroviteljstvom ministarstva zdravstva.
11. Nujić, M. i Habuda-Stanić, M. (2017) Nitrati i nitriti, metabolizam i toksičnost. U: Šubarić, D.; Jašić, M. ed *10. međunarodni znanstveno-stručni skup Hranom do zdravlja*. Osijek: Prehrambeno - tehnološki fakultet Osijek i Farmaceutski fakultet Univerziteta u Tuzli, str. 12-12.
12. Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe. (NN 125/2017)
13. Stavljenić-Rukavina, A. (2001) *5. Znanstveno stručni skup Voda i vodoopskrba*. Tučepi: Hrvatski zavod za javno zdravstvo i županiski zavod za javno zdravstvo pod pokroviteljstvom ministarstva zdravlja.
14. Šivak, M. (2002) *Tehnologija pripreme tehničkih voda u termoenergetici*. Zagreb: Nakladnička djelatnost Marijan Šivak.
15. Tedeschi, S. (1997) *Zaštita voda*. Zagreb: Hrvatsko društvo građevinskih inženjera.
16. Tušar, B. (2009) *Pročišćavanje otpadnih voda*. Zagreb: Kigen.

17. Vlahušića, A. (2003) 7. *Znanstveno stručni skup voda i javna vodoopskrba*. Istarske Toplice: Hrvatski zavod za javno zdravstvo i županiski zavod za javno zdravstvo pod pokroviteljstvom ministarstva zdravlja.
18. Zakon o vodi za ljudsku potrošnju. (NN 56/13, 64/15)
19. Zavod za javno zdravstvo Požega (2017): *Arhiva zavoda za javno zdravstvo Požega*. Požega: Zavod za javno zdravstvo Požega.

Mrežne stranice:

1. Aluminij u vodi – Jabuka tv, URL: <https://www.jabuka.tv/analiza-zabrinutih-sirokobrijezana-u-vodi-previsje-aluminija/> [pristup: 12.11.2019.]
2. Amonijak u vodi – Hydrolux, URL: <https://www.hydrolux.info/english/06%20problemi/amonijak-u-vodi.html/> [pristup: 12.11.2019.]
3. Anonymus_1, URL: <https://manager.ba/kolumne/hidrolo%C5%A1ki-ciklus-jeste-li-znali-da-i-voda-ima-svoj-ciklus> [pristup: 12.10.2019.]
4. Biologija – E-škola, URL: <http://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odgovor258.htm/> [pristup: 13.12.2019.]
5. E.coli infekcije – Zdravlje, URL: <https://javno-zdravlje.hr/e-coli-infekcije/> [pristup: 13.12.2019.]
6. FAQ/Bunari, URL: <http://www.ipinstitut.com/FAQ/Bunari> [pristup: 18.10.2019.]
7. Ipin institut bunari – Ipin institut, URL: <http://www.ipinipininstitut.com/FAQ/Bunari/> [pristup: 18.10.2019.]
8. Ispravnosti voda i vodoopskrbe – Zdravstvena ekologija, URL: <https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/odjel-za-kontrolu-zdravstvene-ispravnosti-voda-i-vodoopskrbu/> [pristup: 7.11.2019.]
9. Klor u vodi – Svijet filtera, URL: <https://nobel.ba/blog/svijet-filtera/voda-klor-filteri-30/> [pristup: 12.11.2019.]
10. Mikrobiologija vode – Tehnologija hrane, URL: <https://www.tehnologijahrane.com/knjiga/mikrobiologija-voda/> [pristup: 12.11.2019.]
11. Mutnoća vode – Index, URL: <http://www.nzjz-split.hr/index.php/2-uncategorised/199-mutnoca-vode-i-zdravstveni-rizik/> [pristup: 11.11.2019.]
12. Nautika – Hrvatska enciklopedija, URL: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=2044/> [pristup: 12.11.2019.]

13. Nitriti i nitriti – CROSB, URL: www.bib.irb.hr/898888 [pristup: 12.11.2019.]
14. Održavanje bazanske vode – Korisne informacije, URL: <https://ivero.hr/hr/korisna-informacija/odrzavanje-bazenske-vode-ph-6/> [pristup: 11.11.2019.]
15. Tvrdoća vode – Varkom, URL: <https://www.varkom.hr/stranica/tvrdoce/> [pristup: 11.11.2019.]
16. Voda izvor života – Wish, URL: <https://www.wish.hr/voda-izvor-zivota-2/> [pristup: 12.10.2019.]
17. Voda i zdravlje – Blogsport, URL: <http://vodaizdravlje.blogspot.com/2008/06/malo-openito-o-vodi.html/> [pristup: 14.10.2019.]
18. Voda – Vodoopskrba, URL: <http://www.zzjzpgz.hr/nzl/92/vodoopskrba.htm/> [pristup: 24.10.2019.]

POPIS SLIKA, TABLICA I KRATICA

POPIS SLIKA:

Slika 1. Hidrološki proces

Slika 2. Kopani bunar

Slika 3. Pobjijeni bunar

Slika 4. Bušeni bunar

Slika 5. Koliformne bakterije i *Escherichia coli*

Slika 6. Spektrofotometar

Slika 7. Turbidimetar

Slika 8. Konduktometar

Slika 9. pH-metar

Slika 10. Kompleksal B otopina

Slika 11. Oksalna kiselina i Kalijev permanganat

Slika 12. kolorimetar

Slika 13. K_2CrO_4 za određivanje klorida

Slika 14. Uređaj za membransku filtraciju sa vakuum pumpom

Slika 15. Fekalni Enterokok

POPIS TABLICA:

Tablica 1. Starost pojedinih tipova vode

Tablica 2. Maksimalno dopuštene koncentracije kemijskih parametara

Tablica 3. Mikrobiološki pokazatelji ispravnosti vode

Tablica 4. Rezultati fizikalno-kemijske analize uzorka

Tablica 5. Rezultati mikrobiološke analize uzoraka

POPIS KRATICA:

MDK-maksimalno dopuštena koncentracija

Cfu- Colony Forming Unit (jedinica koja formira koloniju)

NTU-nephelometric turbidity units (nefelometrijska jedinica zamućenja)

URL-Uniform Resource Locator, adresa web stranice u online svijetu

IZJAVA O AUTORSTVU RADA

Ja, **Tea Vuković**, pod punom moralnom, materijelnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom **Kvaliteta vode u bunarima kraj rijeke Orljave**, te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi, 15.01.2020.

Tea Vuković