

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

BERNARDICA BEJUK

KVALITETA PITKE VODE

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2017.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

BERNARDICA BEJUK

KVALITETA PITKE VODE
THE QUALITY OF DRINKING WATER

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr.sc. Silvija Zeman, pred.

ČAKOVEC, 2017.

ZAHVALA

Veliku zahvalnost, u prvom redu, dugujem svojoj mentorici dr.sc. Silviji Zeman , pred. na uloženom trudu, vremenu, iskazanom povjerenju, strpljenju te na stručnim savjetima pri izradi završnog rada.

Najiskrenije hvala mojoj obitelji i dečku koji su mi svojim odricanjem, razumijevanjem i podrškom omogućili lakše studiranje.

Veliku zahvalnost dugujem svojoj najboljoj razrednici gđi. Petri Prekupec, prijateljima i kolegama koji su me pratili tijekom cijelog životnog školovanja.

Velika HVALA svima!

SAŽETAK:

Ispravna i sigurna voda za piće nezamjenjiva je za ljude i sva druga bića. Voda je ključni element života na Zemlji, spoj bez kojega ne može nastati niti se održavati život i koja se u značajnim količinama nalazi u svakom živom biću na planetu, a u odraslom čovjeku čini i do 70 % njegove tjelesne mase. Ispitivanje kvalitete voda provodi se prema smjernicama i pravilnicima mjerodavnih ustanova i zavoda na međudržavnoj i državnoj razini. U Hrvatskoj kakvoća vode za piće propisana je Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN. RH, br. 47/2008.) koji je u suglasju s istovrsnim pravilnicima Europske Unije.

U završnom radu navedena je podjela vode i njezine higijenske karakteristike, uzroci te posljedice onečišćenja pitke vode. Posebna pažnja će se posvetiti parametrima za ispitivanje kvalitete vode koji su propisani Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN.RH, br. 125/2013 i 141/2013 te 128/2015.)

Prikazat će se stanje kvalitete pitke vode te zalihe u Hrvatskoj. S popriličnom sigurnošću možemo pretpostaviti kako će ubrzano smanjenje zaliha pitke vode, postati glavno ekološko, gospodarsko, ali i sigurnosno pitanje 21. stoljeća. U kojoj će mjeri ubrzano smanjenje zaliha pitke vode predstavljati izazov za Hrvatsku u desetljećima koja dolaze? Riječ je o pitanju na koje je u ovom trenutku prilično teško dati odgovor, ali koje zasigurno predstavlja jedan od najvećih izazova koje donosi budućnost.

Najvažnije od svega jest postići stupanj kvalitete vode koja je pogodna za ljudsku potrošnju a dobivamo ju metodama obrade pitke vode koje su opisane u radu. Analizirat će se kvaliteta pitke vode na lokalnom vodovodu Cukovec 1 koji se nalazi u Krapinsko-zagorskoj županiji u razdoblju od 2012.g. – 2014.g.

Ključne riječi: *kvaliteta vode, higijenske karakteristike, posljedice, zalihe pitke vode, metode, lokalni vodovod*

SUMMARY:

Proper and safe drinking water is indispensable for people and all other creatures. Water is the key element of life on Earth, compound without which life cannot appear or sustain itself and which is present in high quantities in every living being on the planet, and makes up to 70% body mass of a grown human. Examination of the water quality is being carried out according to the guidelines and regulations of authoritative institutions and departments at the interstate and state level. In Croatia the quality of drinking water is prescribed by Ordinance on the health of drinking water (NN. RH, no. 47/2008.) which is in accordance with the same rules of the European Union.

In the final work, the division of water and its hygienic characteristics, causes and consequences of drinking water contamination is mentioned. Particular attention will be paid to water quality parameters prescribed by the Ordinance on conformity parameters and methods for analysis of water for human consumption (NN.RH, no. 125/2013 and 141/2013 and 128/2015).

The status of drinking water quality and stocks in Croatia will be displayed. With reasonable certainty, we can assume that the rapid reduction of potable water supplies will become the main ecological, economic, and security issue of the 21st century. To what extent will the rapid reduction of potable water supply be a challenge for Croatia in the decades to come? It is a question that is at this point quite difficult to answer, but which is certainly one of the biggest challenges that the future brings.

Most important of all is to achieve the level of water quality that is suitable for human consumption and we get that from the methods of drinking water processing described in the work. The quality of drinking water will be analyzed at the local Cukovec 1 water supply, which is located in Krapina-Zagorje County in the period of 2012. - 2014.g.

Key words: *water quality, hygiene characteristics, consequences, potable water supplies, methods, local water supply*

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 8 |
| 2. VODA | 9 |
| 2.1. Podjela vode za piće i njezine higijenske karakteristike..... | 9 |
| 2.1.1. Atmosferske vode | 10 |
| 2.1.2. Površinska voda..... | 10 |
| 2.1.3. Podzemna voda..... | 11 |
| 2.2. OPSKRBA VODOM ZA PIĆE | 11 |
| 2.2.1. Zaštita vodnih izvora | 11 |
| 2.2.2. Objekti za opskrbu pitkom vodom | 12 |
| 3. ONEČIŠĆENJE VODE | 13 |
| 3.1. Izvori onečišćenja | 14 |
| 3.2. Uzorci onečišćenja..... | 15 |
| 3.3. Posljedice onečišćenja voda..... | 15 |
| 4. POKAZATELJI KVALITETE PITKE VODE..... | 16 |
| 4.1. Fizikalno-kemijski pokazatelji kvalitete vode | 17 |
| 4.1.1. Temperatura..... | 18 |
| 4.1.2. Boja..... | 18 |
| 4.1.3. Mutnoća | 18 |
| 4.1.4. Miris i okus..... | 18 |
| 4.1.5. pH | 19 |
| 4.1.6. Permanganatni indeks..... | 19 |
| 4.1.7. Elektrovodljivost | 20 |
| 4.1.8. Slobodni rezidualni klor | 20 |
| 4.1.9. Amonij | 20 |
| 4.1.10. Nitriti i Nitrati..... | 21 |
| 4.1.11. Kloridi..... | 21 |
| 4.2. Mikrobiološki pokazatelji kvalitete vode | 22 |
| 4.2.1. Ukupni koliformni | 22 |
| 4.2.2. Broj kolonija- 37°C/48h i broj kolonija -22°C/72h..... | 23 |
| 4.2.3. Escherichiacoli..... | 24 |
| 4.2.4. Enterokoki | 24 |

| | | |
|------|--|----|
| 5. | KVALITETA I ZALIHE PITKE VODE U HRVATSKOJ..... | 25 |
| 5.1. | Kvaliteta pitke vode u Hrvatskoj | 25 |
| 5.2. | Zalihe pitke vode u Hrvatskoj..... | 25 |
| 6. | METODE OBRADE PITKE VODE | 26 |
| 6.1. | Prethodna obrada vode..... | 26 |
| 6.2. | Koagulacija i flokulacija | 27 |
| 6.3. | Taloženje (sedimentacija) | 27 |
| 6.4. | Filtracija (spora i brza)..... | 27 |
| 6.5. | Dezinfekcija | 28 |
| 6.6. | Adsorpcija aktivnim ugljenom..... | 29 |
| 7. | CILJ RADA..... | 30 |
| 8. | MATERIJALI I METODE | 30 |
| 9. | REZULTATI I RASPRAVA | 33 |
| 9.1. | Analitičko izvješće za 2012.godinu | 33 |
| 9.2. | Analitičko izvješće za 2013.godinu | 34 |
| 9.3. | Analitičko izvješće za 2014. godinu | 35 |
| 10. | ZAKLJUČAK..... | 37 |
| 11. | LITERATURA | 38 |
| | POPIS TABLICA..... | 41 |
| | POPIS SLIKA | 42 |
| | POPIS GRAFOVA..... | 42 |

1. UVOD

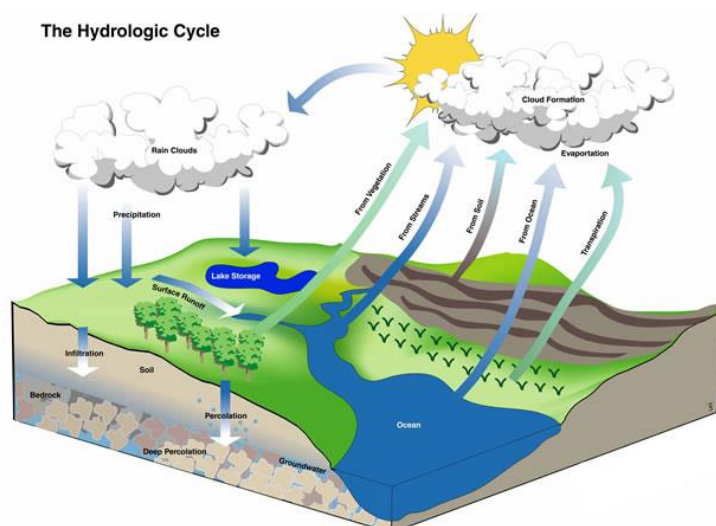
Uz kisik, voda je jedan od najvažnijih elementa na Zemlji te ju zbog toga doživljavamo kao izvor života. Kako bi zadovoljili životne potrebe za vodom, ljudi su morali steći stručna znanja i vještine koja su zatim morali usmjeravati na gradnju i usavršavanje različitih sustava koji su im omogućavali gospodarenje vodom, iskorištavanje i zaštitu od štetnog djelovanja. Cjelokupno stanovništvo koristi vodu za piće kako bi u organizam unijeli dovoljne količine čiste pitke vode kojom se smanjuje dehidracija tkiva. Čovjekova dnevna potreba za tekućinom je dvije litre. Poljoprivrednim aktivnostima, ubrzanom urbanizacijom i industrijskom proizvodnjom narušavamo izvore pitke vode i njezinu kvalitetu te zbog toga pitku vodu moramo podvrgnuti raznim metodama obrade vode koje će se detaljno objasniti u radu.

2. VODA

Voda je providna, bezbojna tekućina koja formira rijeke, jezera, oceane i kišu na Zemlji i jedan je od osnovnih sastojaka svih živih bića. Kao kemijski spoj, molekule vode sadrže jedan atom kisika i dva atoma vodika, koji su spojeni kovalentnom vezom. U prirodi nema idealno čiste vode. Voda već pri nastanku iz vodene pare otapa plinove i krute čestice koje se nalaze u atmosferi. Sastav tla, i onečišćenje tla ima veliki utjecaj na sastav i kakvoću vode.

2.1. Podjela vode za piće i njezine higijenske karakteristike

Za pravilno gospodarenje, iskorištavanje i zaštitu voda bitno je poznavanje prostorne i vremenske raspodjele vode u prirodi. *Kruženje vode u prirodi, odnosno hidrološki ciklus, neprekidan je i stalan proces koji se odvija djelovanjem Sunčeve energije.* [23] U hidrološkom ciklusu odvijaju se sljedeći procesi: evapotranspiracija, oborine, infiltracija i otjecanje vode. Saznanja o kruženju vode u prirodi i o međusobnim povezanim procesima omogućavaju da se za određeno vremensko razdoblje uzevši u obzir podatke o evapotranspiraciji, otjecanju vode i oborinama izračuna stanje vode na nekom prostoru. [4]



Slika 1. Hidrološki ciklus [26]

Prema mjestu gdje se nalaze na Zemlji, položaju u prostoru te prema podjeli vode za piće dijele se na: atmosferske, površinske i podzemne koje će se objasniti u sljedećem podpoglavlju.

2.1.1. Atmosferske vode

Atmosferska voda (vrlo meka voda) je razrijeđena, ali kompleksna otopina koju čine padaline u obliku snijega i kiše. Oborine nastaju kondenzacijom ili desublimacijom vodene pare u zraku, koje iz atmosfere padaju na tlo ili u tekućem obliku ili u krutom obliku, ali mogu nastati i na tlu (mraz, rosa i inje). U nepovoljna svojstva kišnice ubrajaju se njezin okus i temperatura. Kišnica može biti zagađena zbog toga što prolaskom kroz slojeve atmosfere apsorbira prašinu, mikroorganizme, plinove i druge prisutne zagađivače. Sa zdravstvenog stajališta pripada tek uvjetno dobrim vodama za piće jer može biti i dodatno kontaminirana nehigijenskim pohranjivanjem. U pojedinim predjelima Hrvatske kišnica je jedini način vodoopskrbe pa su je ljudi prisiljeni upotrijebiti za vlastite potrebe, naravno uz dodatnu obradu (kondicioniranje) prije uporabe. [11,24]



Slika 2. *Sakupljanje kišnice* [10]

2.1.2. Površinske vode

Površinske vode možemo zapravo protumačiti kao padaline koje se zaustavljaju na površini zemlje. One se mogu gibati, a to su razni vodotoci, rijeke, rječice, potoci, ali

mogu i mirovati, kao što su jezera, mora, bare, kanali i druge stajaće vode. U njima nalazimo različite žive organizme (najviše mikroorganizme) te suspendirane organske i anorganske tvari. Količina štetnih tvari u površinskim vodama ovisi o gustoći naseljenosti područja kojim vode protječu, vrsti i gustoći tvornica, odnosno industriji. U njima se odvijaju aerobni i anaerobni biološki procesi što ovisi o koncentraciji otopljenog kisika i stupnju onečišćenja vode. U nedostatku podzemne vode, slatke se površinske vode, u određenim uvjetima i obično nakon obradbe, upotrebljavaju za piće. Voda iz mora i oceana može se pretvoriti u slatku vodu i upotrijebiti za piće. No taj proces je skup i prilično složen jer ovisi o nizu različitih čimbenika, kao i o lokaciji uređaja. [7,11]

2.1.3. Podzemne vode

Podzemne vode mogu biti temeljnice ili pukotinske te mogu biti prisutne na različitim dubinama. Higijenska kvaliteta podzemnih voda bolja je od oborinskih i površinskih voda, premda kvaliteta podzemnih voda ovisi o debljini filtracijskog sloja zemlje, odnosno vodonosnom sloju iz kojeg se vadi. Podzemne vode su najznačajniji raspoloživi izvori pitke vode koji su izloženi prekomjernom iscrpljivanju tako da se zbog narušene ravnoteže sve više osiromašuju postojeće zalihe. [7]

2.2. OPSKRBA VODOM ZA PIĆE

Opskrbu vodom treba bazirati na prirodnim izvorima koji osiguravaju dovoljne količine, odgovarajuću kvalitetu vode te da ispunjava osnovni zahtjev, a to je da se voda na izvoru ne može zagađivati. Opskrbu vodom razlikujemo prema: prirodnim vodama zatvorenih izvora, izvore kod kojih voda stiže na površinu pod povećanim pritiskom, podzemne izvore, prirodne vode otvorenih izvora te površinske izvore ili vrela. [4]

2.2.1. Zaštita vodnih izvora

Porastom broja stanovnika i razvojem industrije potrebe za vodom svakodnevno rastu, te se povećava i njezino iskorištavanje (crpljenje) iz podzemlja. Kako ne bi došlo do zagađivanja dragocjenih izvora pitke vode i njenog prekomjernog crpljenja, vodu je potrebno zaštititi i planski iskorištavati. Gospodarenje i zaštita podzemnih voda i površinskih tokova od negativnih utjecaja i aktivnosti u Hrvatskoj, regulirano je *Zakonom o vodama (NN 107/95 i 150/05)*. Zbog održavanja kakvoće vode i njezine izdatnosti

moramo odrediti zaštitne pojaseve. Veličina pojaseva ovisi o vrsti vodnog izvorišta te o udaljenosti mogućih onečišćivača. Razlikujemo tri pojasa:

- *Najuzi pojas* (namijenjen isključivo objektima za opskrbu pitkom vodom),
- *Uzi pojas*, sa strogim režimom primjene za izravnu zaštitu crpilišta od onečišćenja,
- *Širi pojas* s blažim tehničkim režimom, uzimajući kod toga u obzir tok podzemnih voda tog područja i njihov eventualni utjecaj na vodocrpilište. [4]

2.2.2. Objekti za opskrbu pitkom vodom

Vodoposkrbni sustav jest sustav za javnu vodoposkrbu vodom za piće koji ima uređeno i zaštićeno izvorište, spremnik i razvodnu mrežu. [5] Cijevi vodovodnog sustava položene su u pravilu 1,5 do 2 metra ispod zemlje te 3 metra udaljene od kanalizacijskih cijevi i u pravilu iznad njih. S obzirom na način dovoda vode od zahvata do područja opskrbe i raspodjele opskrbnih količina duž sustava opskrbe razlikujemo gravitacijski i kombinirani sustav.

Osnovni dijelovi vodovodnog sustava:

1. Zahvat vode ili kaptaza
2. Glavni cjevovodi
3. Rezervoari
4. Razvodna mreža
5. Uređaji sa kondicioniranje (potrebni u većini vodovoda), i po potrebi
6. Pumpne stanice (kod tlačnih cjevovoda). [4]

3. ONEČIŠĆENJE VODE

Pod onečišćenjem voda podrazumijeva se smanjivanje kvalitete vode zbog naknadno primljenih primjesa dok se pod onečišćenjem u užem smislu misli na degradaciju kvalitete vode fizičkim, kemijskim, biološkim ili radiološkim onečišćenjem do stupnja pri kojemu je nemoguće korištenje vode za piće, odnosno pri kojemu voda postaje štetna za ljudsko zdravlje. *Najveći nedostatak pitke vode osjećaju zemlje Trećeg svijeta u kojima je najizraženija eksplozija stanovništva i oni su ujedno i najugroženiji situacijom sve većeg onečišćenja ono malo resursa koje posjeduju. Više od milijardu ljudi u 21. st. živi bez pristupa sigurnoj i čistoj vodi, što se naziva vodnim stresom. Ubrzano onečišćenje pitke vode navodi stručnjake na pomisao da će se udio država izloženih vodnom stresu samo povećati.* [25, 2]

Tablica 1. Najčešći izvori i vrste onečišćenja vode i posljedice

| Najčešći izvori i vrste onečišćenja vode i posljedice | |
|---|---|
| Onečišćenje iz zraka | <ul style="list-style-type: none"> - Povećana kiselost vode (kisele kiše) - Onečišćenje vodotoka štetnim tvarima iz zraka, koje su rastopljene u padalinama - Slijeganje prašine iz zraka na vodenu površinu - Slijeganje prašine iz zraka na površinu zemlje i ispiranje vodom |
| Komunalne otpadne vode | <ul style="list-style-type: none"> - Biološki agensi (bakterije, virusi, paraziti) - Onečišćenje vode organskim tvarima koje pospješuju eutrofikaciju |

| | |
|----------------------------|--|
| Poljoprivreda i stočarstvo | <ul style="list-style-type: none"> - Biološki agensi (bakterije, virusi, paraziti) - Nitriti i nitrati - Pesticidi i fitofarmaceutska sredstva - Gnojiva - Onečišćenje vode organskim tvarima koje pospješuju eutrofikaciju |
| Tehnološke otpadne vode | <ul style="list-style-type: none"> - Teški metali i nemetali - Druge kemijske tvari |

Izvor: Puntarić, 2012.

3.1. Izvori onečišćenja

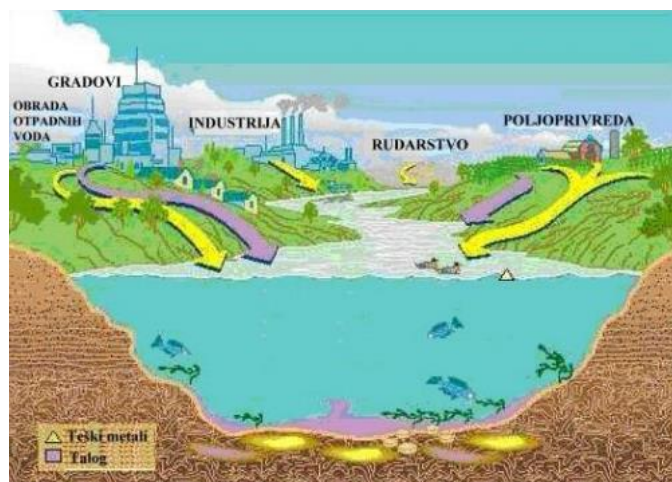
Prema izvoru djelovanja izvori onečišćivala mogu biti aktivni i potencijalni.

Aktivni izvori onečišćivala su oni za koje je sigurno da emitiraju neko onečišćivalo, a mogu biti stalni i povremeni. *Stalni ili kontinuirani izvori emitiraju onečišćenje cijelo vrijeme i na njih većinom ne utječu prevladavajući hidrološki uvjeti.* [27] Takav izvor onečišćivala jest npr. onečišćenje rijeke otpadnim vodama naselja, odnosno podzemnih voda infiltracijom iz onečišćene rijeke, čije je korito urezano u vodonosne naslage. U povremenim izvorima onečišćivala onečišćenje vode događa se samo u jednom dijelu vremena promatranja. *Povremeni izvori emitiraju onečišćenja ovisno o prevladavajućim hidrološkim uvjetima, a naročito u vrijeme intenzivnih i jakih oborina.*[27] U taj tip izvora spada, recimo, poljoprivredna površina s koje vodena otopina mineralnog gnojiva otječe u površine vode ili se procjeđuje u podzemlje samo u razdoblju nakon gnojenja zemljišta.

Potencijalni izvori onečišćivala u normalnim prilikama uopće ne emitiraju onečišćivala, već do njihove emisije može doći zbog havarije, kvarova, nepažnje ili drugih iznimnih okolnosti. U potencijalne izvore spadaju, na primjer, industrijske kanalizacije, cjevovodi za transport nafte, naftnih derivata ili drugih kemikalija, različitih rezervoari i vozila za prijevoz opasnih tekućina. [2]

3.2. Uzorci onečišćenja

Kretanjem u prirodi površinske i podzemne vode su u kontaktu s mineralima koji mogu sadržavati teške metale i radioaktivne izotope. [7.] Veća onečišćenja podzemnih i površinskih voda nastaju umjetnim putem prilikom istjecanja voda iz zdravstvenih ustanova i industrije, tj. možemo reći da je najveći uzročnik onečišćenja površinskih voda namjerno ili planirano ispuštanje otpadnih voda.



Slika 3. *Mogućnost zagađenja podzemnih voda* [7]

Pesticidi, nitrati i fosfati onečišćuju podzemne i površinske vode. Povećane koncentracije nitrata u pitkoj vodi iz podzemnih izvora mogu izazvati ozbiljne zdravstvene probleme kod ljudi. Dakle, glavni uzrok zagađenja voda smo mi, ljudi, odnosno naše brojne aktivnosti kojima ispuštamo razna onečišćenja u vodotoke.[12]

3.3. Posljedice onečišćenja voda

Onečišćenje voda postaje globalno pitanje najviše zbog brojnih bolesti, zdravstvenih problema, pa čak i smrtnih slučajeva koje uzrokuje onečišćenje voda. Zakiseljavanje voda može dovesti do uginuća pojedinih organizama, dok povećane koncentracije nitrata u pitkoj vodi iz podzemnih izvora mogu izazvati ozbiljne zdravstvene probleme u ljudi. Posljedice onečišćenja podzemnih voda uglavnom su sakrivene od pogleda, a kako je za njegovo širenje podzemljem potrebno relativno dugo vrijeme, velik dio javnosti misli da su podzemne vode dobro zaštićene: jednom onečišćen rezervoarski prostor u podzemlju ostaje vrlo dugo onečišćen, tehničke mogućnosti sanacije onečišćenih podzemnih voda su ograničene, složene i skupe, a njihov ishod je redovito neizvjestan. Možemo reći da

onečišćenje voda ima ogroman utjecaj na naš okoliš i zdravlje, te da isto tako može poremetiti osjetljivu ravnotežu između prirode i čovjeka. [12,13]

4. POKAZATELJI KVALITETE PITKE VODE

Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN.RH, br.125/2013 i 141/2013 te 128/2015.) propisuje parametre zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju (mikrobiološki i kemijski), i indikatorske parametre vode za ljudsku potrošnju (mikrobiološki i kemijski). Obavezni parametri ispitivanja u redovitom monitoringu zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju i indikatorski parametri (mikrobiološki i kemijski) koji se prate u cilju zaštite ljudskog zdravlja od nepovoljnih utjecaja bilo kojeg onečišćenja vode za ljudsku potrošnju i osiguravanja zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju na području Republike Hrvatske su:

Tablica 2. Obavezni parametri ispitivanja u redovitom monitoringu

| 1. Fizikalno-kemijski i kemijski pokazatelji |
|---|
| Aluminij |
| Amonij |
| Boja |
| Vodljivost |
| Koncentracija vodikovih iona (pH vrijednost) |
| Miris |
| Mutnoća |
| Nitrit |
| Okus |
| Željezo |

| |
|---|
| <i>Klorid</i> |
| <i>Nitrat</i> |
| <i>Utrošak KMnO4</i> |
| <i>Rezidue dezificijensa (SRK, klorit, klorat, ozon, ...)</i> |
| <i>Temperatura</i> |
| 2. Mikrobiološki pokazatelji |
| <i>Escherichia coli</i> |
| Ukupni koliformni |
| <i>Enterokoki</i> |
| Broj kolonija 22 °C |
| Broj kolonija 37 °C |
| <i>Clostridium perfringens</i> (uključujući spore) |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> |

Izvor: *Narodne novine*, broj 128/2015

Za određivanje količina pojedinih fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara potrebno je koristiti važeće HRN EN ISO norme. Ukoliko za određeni pokazatelj ne postoji navedena norma koriste se provjerene metode s dokazanom točnošću. Poznavanje pojedinih pokazatelja kvalitete vode važno je za nadzor i upravljanje vodnim resursima. Kvaliteta vode ocjenjuje se prema sljedećim skupinama pokazatelja: fizikalnim, kemijskim i mikrobiološkim, koji će se detaljno objasniti u sljedećem podpoglavlju.

4.1. Fizikalno-kemijski pokazatelji kvalitete vode

Fizikalni pokazatelji određuju svojstva vode s obzirom na izgled, miris, okus, boju i temperaturu, dok kemijski pokazatelji u velikoj mjeri određuju upotrebljivost vode.

4.1.1. Temperatura

Temperatura vode mjeri se termometrima, a označava se u Celzijevim (°C) stupnjevima te je usko povezana s temperaturom okoliša. Ona ovisi o temperaturi tla koje je okružuje, dotoku hladnih i vrućih podzemnih voda te o godišnjem dobu. Najveća temperatura vode za piće je 25 °C, a najbolja je 15 °C (poželjne su što manje oscilacije u temperaturi). Temperatura vode znatno utječe na metode obrade vode koje su objašnjene u sljedećem poglavlju. Prilikom veće temperature dolazi do boljeg razvoja i rasta nekih organizama dok niska temperatura vode usporava procese flokulacije i koagulacije. Osim toga, vode s višim temperaturama imaju vrlo malo otopljenih plinova, imaju loš okus te loše gase žed. [1,8]

4.1.2. Boja

Boja vode mjeri se fotometrijski a izražava se u mg/l Pt-CO. Boja može biti prava i prividna. Prava potječe od otopljene tvari, dok se prividna može ukloniti filtriranjem (suspenzija). Neki od uzročnika obojenih voda su: oksidi željeza i mangana, organske tvari, humusni i tresetni materijal, planktoni, industrijski otpad te lišće. Boja vode se mora ukloniti kako bi se mogla primijeniti za opću i industrijsku primjenu. Intenzitet boje u vodi u velikoj mjeri ovisi o pH i nepovratno se uvećava kod povišenja pH vode. [8]

4.1.3. Mutnoća

Mutnoća vode se mjeri turbidometrima uspoređujući jačinu rasute svjetlosti nastale pri prolasku kroz uzorak s jačinom rasute svjetlosti nastale pri prolasku kroz standardnu suspenziju te se izražava u mg/l SiO₂ ili jedinicama NTU. Prisustvom mehaničkih nečistoća, čestice mulja, suspendiranih čestica mulja, raspršenih tvari, mikroorganizama te ispuštanjem otpadnih voda dolazi do mutnoće vode. Mutnoća se može odrediti u svim vodama koje ne sadrže krupnije otpatke i grubi talog koji se brzo sleže. Mutnoća negativno utječe na procese fotosinteze jer smanjuje dubinu prodiranja svjetlosti, osim toga suspendirane čestice apsorbiraju toplinu sunčevih zraka te tako dolazi do smanjenja kisika u vodi. [8]

4.1.4. Miris i okus

Čista pitka voda je bez mirisa i okusa. Raspadanjem organske tvari životinjskog podrijetla, proizvodima živih organizama, industrijskim otpadnim tvarima, otopljenim plinovima i solima dolazi do mirisa i okusa u vodi. Miris se određuje organoleptički na

sobnoj temperaturi i na 40 °C. Intenzitet mirisa raste s porastom temperature pa se na višim temperaturama lakše određuje. Okus se određuje organoleptički na hladnoj (12°C) i na sobnoj temperaturi (12°C)

4.1.5. pH

Glavni pokazatelj kiselosti ili lužnatosti vode je koncentracija vodikovih iona, tj. pH. Ph pitke vode se kreće se u granicama od 6,5 do 8 . Voda može biti jako kisela (1-6), neutralna (7), slabo lužnata (8-11) te jako lužnata (12-14). Koncentracija vodikovih iona važan je pokazatelj kvalitete vode jer mnoge obrade vode ovise o vrijednosti pH, npr. visoke vrijednosti pH smanjuju učinak kloriranja pri dezinfekciji vode. [1]



Slika 4. Uređaj za mjerenje pH vrijednosti i elektrovodljivosti
Izvor: autor

4.1.6. Permanganatni indeks

Potrošnja kalijeveg permanganata pri standardnim uvjetima provođenja analize, predstavlja mjerilo sadržaja organskih tvari u vodi te je koristan kako bi se mogla odrediti količina organske tvari u vodi. Naime, voda koja sadrži organske tvari ljudskog, životinjskog, biljnog ili industrijskog porijekla, utrošit će određenu količinu KMnO_4 za njihovu oksidaciju. Razgradnjom kalijeveg permanganata (KMnO_4) u vodi oslobađa se kisik. Oslobodeni kisik oksidira prisutnu organsku tvar. Na osnovi količine potrošenog kalijeveg permanganata, odnosno količine kisika utrošenog (potrebnog) za oksidaciju organske tvari, izračuna se količina organske tvari. Količina utrošenog KMnO_4 ovisi o količini organskih tvari u vodi, ali i o njihovoj kemijskoj strukturi. Međutim, i neke

neorganske tvari, na primjer, nitriti, dvovalentno željezo, sumporovodik itd., mogu se pod danim uvjetima oksidirati s KMnO_4 , tj. trošiti KMnO_4 . Prema tome, potrošnja KMnO_4 može se samo uvjetno smatrati mjerilom sadržaja organskih tvari u vodi.

4.1.7. Elektrovodljivost

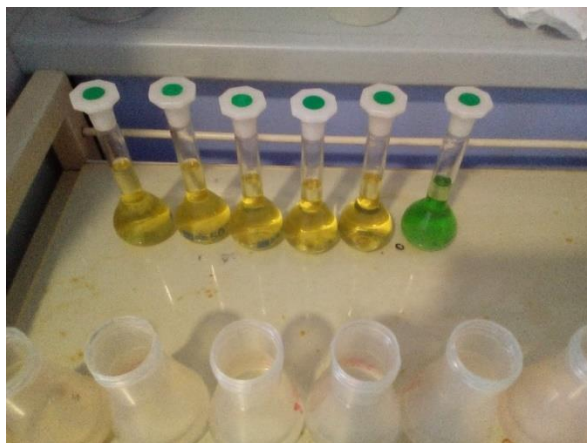
Elektrovodljivost je pokazatelj provođenja električne struje u tekućini. Molekule organskih spojeva slabo provode struju, dok otopine većine anorganskih spojeva relativno dobro provode struju. Elektrovodljivost vode zavisi od: temperature, koncentracije iona, vrsta iona prisutnih u vodi te pokretljivosti iona. *Električna vodljivost vode varira od cca. 0,054 $\mu\text{S/cm}$ za demineraliziranu vodu, do 200 –800 $\mu\text{S/cm}$ kod uobičajene vode za piće, sve do 1500 –5000 $\mu\text{S/cm}$ kod bočate vode, a više vrijednosti pokazuje morska voda (npr. voda iz Atlantskog oceana ima vodljivost i do 50 000 $\mu\text{S/cm}$).*[9]

4.1.8. Slobodni rezidualni klor

Slobodni rezidualni klor (SRK) čija koncentracija u vodi za piće treba biti u rasponu od 0,05 do 0,5 mg/l (garantira mikrobiološku ispravnost vode) je višak klora poslije obavljene dezinfekcije i uspostavljanja ravnoteže u vodi.. Mjerenje slobodnog rezidualnog klora obavlja se neposredno u vodi na mjestu potrošnje i može ga obaviti svaka osoba koja posjeduje odgovarajući instrument (u današnje vrijeme upotrebljavaju se različiti priručni instrumenti). [14]

4.1.9. Amonij

Amonij se pri koncentracijama koje se očekuju u resursima vode za piće ne smatra toksičnim za ljude. U površinskim vodama najčešće se nalazi u koncentracijama do 12mg/l, dok u podzemnim vodama < 2 mg/l. Amonij se nalazi u malim količinama u atmosferi (nalazi se u malim količinama u kišnici) te je pokazatelj moguće bakterijske aktivnosti, životinjskog i kanalizacijskog otpada. Amonij ima karakterističan miris te je korozivan prema pojedinim materijalima. Posljedice koje mogu nastati uslijed prisustva amonija u vodi za piće su: neugodan okus i miris, korozija, smanjenje učinkovitosti, porast sadržaja nitrita te razvoj heterotrofnih bakterija.[3]



Slika 5. *Prisustvo amonijaka u pitkoj vodi*

Izvor: autor

4.1.10. Nitriti i Nitrati

Nitriti su međuproizvod u biokemijskom procesu oksidacije amonijaka u nitrata. Rasprostranjeni su u podzemnim vodama, najčešće u neznatnim količinama dok u površinskim vodama nisu nađeni u značajnoj količini zbog oksidacije do nitrata. Njihova prisutnost najčešći je dokaz zagađenosti vode. *Kada se nitriti nađu u vodi u značajnoj količini, to je znak zagađenja otpadnih voda bakterijama i oličenje neadekvatne dezinfekcije.*[15] Prekomjerna količina unosa nitrita u organizam može izazvati negativne zdravstvene posljedice na ljudski život.

Nitrati u vodama nastaju nitrifikacijom, znak su zagađenja kanalizacijskim vodama, oborine ih ispiru s tla tretiranog stajskim i umjetnim gnojivima, a sadrže ih i vode mnogih industrija. *Ako voda za piće sadrži veće količine nitrata, može izazvati bolesti methemoglobinemiu, poznatu još pod nazivom „plavo dijete“.*[8] Maksimalna dozvoljena koncentracija (MDK) nitrata u vodi iznosi 50 mg/l NO_3^- .

4.1.11. Kloridi

Većina prirodnih voda sadrži određenu količinu klorida, a najučestaliji su NaCl, MgCl_2 , CaCl_2 i drugi. Za pojedine vodonosnike svojstvena je određena prirodna koncentracija klorida. Većina voda za piće sadrži 10 do 30 mg klorida na litru vode, dok morska voda sadrži 15 do 18 g/l. Soli dolaze u vodu ljudskim i životinjskim fekalijama, iz praonica i tvornica, difuzijom iz mora ili miješanjem morske vode s podzemnim vodama te iz mineralnih naslaga klorida u zemlji. *Vode s više od 250mg/l klora u obliku*

klorida imaju slan okus i ne preporučuju se za piće. [8.] Oni su sami po sebi ne škodljivi, ali uzrokuju u većim koncentracijama koroziju metala. [3]

4.2. Mikrobiološki pokazatelji kvalitete vode

Mikrobiološkom analizom utvrđuje se prisutnost i broj mikroorganizama u vodi. *Određivanje prisutnosti i količine mikroorganizama u vodi za piće ograničeno je činjenicom što oni u vodu ulaze tek povremeno, u nepravilnim vremenskim razdobljima i u raznim koncentracijama, kao i spoznajom da se oni u vodi u pravilu ne razmnožavaju, nego samo održavaju duže ili kraće vrijeme.*[4] Za testiranje osnovnih mikrobioloških svojstava vode koriste se mikroorganizmi indikatori zdravstvene ispravnosti vode za piće. Mikrobiološki su pokazatelji zdravstvene ispravnosti vode za piće ukupne koliformne bakterije (*Escherichia coli*, *Enterokoki* i *Pseudomonas aeruginosa*).

Tablica 3. Zahtjevi u pogledu mikrobiološke ispravnosti vode za piće

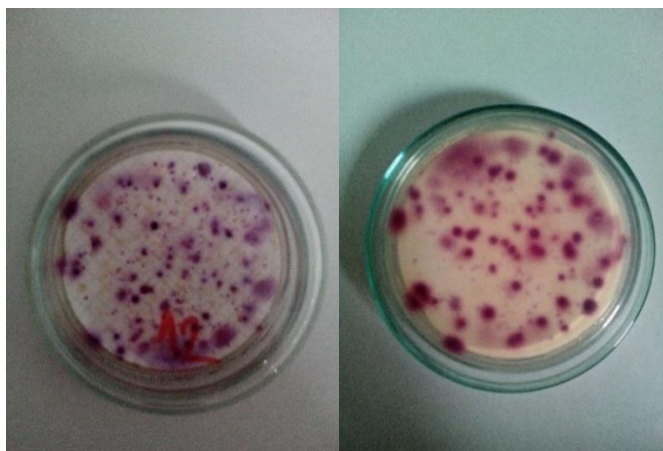
| Vrsta | Mikroorganizmi | Maksimalno dopuštene vrijednosti (MDK) |
|------------------------------|--|--|
| Voda za piće iz distribucije | <i>Escherichia coli</i> (E. coli) | 0/250 ml |
| | Enterokoki | 0/250 ml |
| | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 0/250 ml |
| | Broj kolonija 22 °C | 100/1 ml |
| | Broj kolonija 37 °C | 20/1 ml |
| | <i>Clostridium perfringens</i> (uključujući spore) | 0/100 ml |

Izvor: <http://www.zzjzks.ba/publikacije/letci%20i%20afise/MIKROORGANIZMI%20U%20VODI%20ZA%20PICE.pdf>

4.2.1. Ukupni koliformni

Kao indikatorski mikroorganizmi u mnogim se zemljama primjenjuju koliformni organizmi, i to kao *ukupni koliformni* i *fekalni koliformni*. Koliformne bakterije su glavna skupina bakterija u kontaminiranoj vodi te čine veliku skupinu gram-negativnih štapića.

Zajednički su naziv za mikroorganizme čija prisutnost u pitkim vodama, u broju koji prelazi dopuštenu razinu, signalizira kontaminaciju fekalnog podrijetla. Koliformne bakterije ne izazivaju bolesti, no ukoliko dospiju u tkiva izvan probavnog sustava postaju patogene. *Pod ukupnim koliformnim organizmima podrazumijevaju se fekalne bakterije kao Escherichia coli koja potječe iz probavnog sustava, ali i druge koliformne bakterije koje se mogu razvijati i na tlu, kao na primjer Enterobacter (Aerobacter), Seratiamarcescens, Providencia i drugi. Zbog toga se pri utvrđivanju ukupnih koliformnih bakterija ne može sa sigurnošću utvrditi njihovo porijeklo.* [8]



Slika 6. Prisustvo koliformnih bakterija
Izvor: autor

4.2.2. Broj kolonija- 37°C/48h i broj kolonija -22°C/72h

Heterotrofne bakterije u mikrobiološkoj analizi rastu na supstratima bogatim hranjivim tvarima kod temperatura 22°C. Određivanjem prisutnosti heterotrofnih aerobnih bakterija koje rastu na 22°C i 37°C utvrđuje se ukupni broj ranije navedenih bakterija u vodi kao pokazatelj kvalitete vode. Značajna razlika broja bakterija (br. bakterija sa 37°C -br. bakterija sa 22°C) ukazuje na kontaminaciju vode. Broj kolonija heterotrofnih bakterija izraslih na 22°C pokazuje kvalitetu vode te bakterije prirodno nastanjuju vodeni medij te nisu indikatori zagađenja.

Vrlo važna je razlika broja izraslih kolonija na 37°C i 22 °C. Ukoliko je razlika velika to ukazuje na zagađenje vode, no isto je tako važno praćenje broja heterotrofnih bakterija u vodi u dužem vremenskom periodu.

4.2.3. *Escherichia coli*

Escherichia coli je aerobna i fakultativno anaerobna gram negativna bakterija štapićastog oblika koja čini znatan dio fiziološke mikroflore crijevnog trakta ljudi i životinja. Optimalna temperatura za razmnožavanje je oko 37°C te dobro uspijeva u laboratorijskim uvjetima. Smatra se primarnim indikatorom fekalnog zagađenja dezinficirane i nedezinficirane vode. *Escherichia coli* poprilično je otporna bakterija jer može živjeti mjesecima u vodi i tlu, kao i na nekim drugim predmetima. Većina vrsti *Escherichia coli* je bezopasna pa čak i korisna dok neke druge vrste mogu dovesti do komplikacija (mogu izazvati sepsu, infekcije žučnog mjehura i žučnih putova, upalu slijepog crijeva, upalu potrbušnice, gnojne upale kože i rana, meningitis kod novorođenčeta te mogu izazvati infekcije gastrointestinalnog i urogenitalnog trakta). *Broj jedinki bakterije E. coli se u prosječnom dnevnom fecesu čovjeka kreće između 10 milijardi i 10 bilijuna.*[17]

4.2.4. Enterokoki

Enterokoki su gram pozitivni , jajoliko izduženi koki, raspoređeni u parove i kratke lance te obuhvaćaju mnogo vrsta bakterija koje se nalaze u fekalijama ljudi i toplokrvnih životinja. Testiranje vode na prisutnost enterokoka je potrebno vršiti kad su u vodi nađeni koliformni bez prisutnosti *Escherichia coli* ili kad je utvrđeno fekalno zagađenje. Prema tome *Enterokoki* su sekundarni indikatori fekalnog zagađenja. *Enterokoki* fekalnog porijekla rijetko se razmnožavaju u vodi, otporniji su na utjecaj okoline (otporni su na sušenje) i kloriranje od *Escherichia coli*, općenito duže preživljavaju u okolišu osim vrsta *Streptococcusbovis* i *Streptococcusequinus*koje relativno brzo ugibaju izvan crijeva. Vrste *Enterokoka* u fekalijama, a time i u fekalno zagađenoj vodi, dijele se u dvije glavne skupine: *Enterokoki* koji se nalaze u humanom faecesu i fekalijama različitih životinja i drugu skupinu koja obuhvaća *Enterokoke* koji se nalaze isključivo u faecesu životinja. U prvoj grupi su: *Enterococcusfecalis*, *Enterococcusfaecium* i *Enterococcusdurans*, a u drugoj:*Streptococcusbovis*, *Streptococcusequinus* i *Enterococcusavium*.

Identifikacijom tih vrsta *Enterokoka* dolazi se do podataka o izvoru fekalnog zagađenja.

5. KVALITETA I ZALIHE PITKE VODE U HRVATSKOJ

Kvaliteta vode na području Hrvatske određuje se sustavnim praćenjem površinskih i podzemnih voda. Pravilnim praćenjem i održivim gospodarenjem možemo osigurati budućim generacijama velike zalihe kvalitetne vode.

5.1. Kvaliteta pitke vode u Hrvatskoj

Hrvatska spada u zemlje bogate pitkom vodom te prema UNESCO-vom istraživanju možemo reći da je treća u Europi i četrdeset druga zemlja u svijetu po dostupnosti vodnih izvora te četrdeset osma u svijetu po kakvoći vode za piće (gotova sva njezina voda dolazi iz podzemnih izvora).[18, 4] Izvrsnom kvalitetom vode može se pohvaliti Južna Dalmacija, Lika (područje u Hrvatskoj koje je najbogatije vodom) i Karlovačka županija (kvaliteta na visokoj razini jer se radi o podzemnim vodama koje nisu izložene vanjskim utjecajima). U vodoopskrbi Istočne Slavonije parametri prikazuju koncentracije željeza, mangana i arsen. Korištenje takve vode dovodi do mogućih posljedica kao što su : visoki krvni tlak, kardiovaskularne bolesti te srčani udar. [18,19]

Državne vlasti, kao i mi građani Republike Hrvatske trebali bismo iskoristiti prednost prirodnih resursa vode te činiti sve što je u našoj moći da to tako i ostane u budućnosti.

5.2. Zalihe pitke vode u Hrvatskoj

Hrvatska je zemlja bogata zalihama pitke vode te obiluje visokom kvalitetom. U Hrvatskoj najznačajniji dio zaliha vode čine podzemne vode koje se najviše iskorištavaju za javnu vodoopskrbu. U tablici 3. prikazane su obnovljive zalihe pitke vode u Hrvatskoj u odnosu prema površini i broju stanovnika.

Tablica 4. Obnovljive zalihe pitke vode u Hrvatskoj

| | |
|---|-----------|
| Država | Hrvatska |
| Obnovljive zalihe pitke vode (km ³ /god) | 157 |
| Godina za koju je načinjena procjena | 1996. |
| Površina (km ²) | 56 538 |
| Broj stanovnika | 4 784 265 |

| | |
|---|-----------|
| Obnovljive zalihe prema površini države (km ³ /km ² /god) | 0,0027768 |
| Obnovljive zalihe prema broju stanovnika (m ³ /stan/god) | 32 816 |

Izvor: Mayer, 2004.

6. METODE OBRADJE PITKE VODE

Izvor vode rijetko je takvih karakteristika da ne zahtijeva dodatnu obradu prije puštanja u sustav vodoopskrbe stanovništva. Metodama obrade pitke vode poboljšava se stanje kvalitete vode za njenu daljnju uporabu. Obavlja se primjenom fizikalnih radnji (operacija), kemijskim postupcima i biološkim postupcima (procesima). Kako bi se uklonile otpadne tvari primjenjuju se različiti postupci i radnje, najčešće slaganjem pojedinih postupaka i radnji u jednu cjelinu, koje se obavljaju na uređajima za obradu vode. Namjena obrade pitke vode je da se zaštiti zdravlje korisnika, do čijeg bi odstupanja moglo doći zbog prisutnosti kemijskih i/ili bioloških štetnih tvari, odnosno uzročnika. Ovisno o kvaliteti vode na izvoru određujemo opseg i vrstu postupaka. Za smanjenje utjecaja na zdravlje obično primjenjujemo sljedeće postupke pripreme vode za piće: prethodna obrada vode (zadržavanjem u rezervoarima uključujući prethodnu dezinfekciju), koagulacija, flokulacija, taloženje, filtracija, dezinfekcija i adsorpcija aktivnim ugljenom. [4]

6.1. Prethodna obrada vode

Površinska voda (npr. jezera) namijenjena za ljudsku potrošnju može se prikupljati u rezervoarima (zbirnicima). U rezervoarima se poboljšava mikrobiološka kvaliteta vode. Razlog tomu jest taloženje, a većina mikroorganizama propadne zbog nedostatka uvjeta za razmnožavanje. Na taj se način u tri do četiri tjedna smanji broj fekalnih indikatora, salmonela i enterovirusa za 99%. Kad se vodu ne može zadržavati u rezervoarima, započinje se prethodnom dezinfekcijom klorom. Klor uništi većinu virusa, bakterija i parazita, a i smanji broj modrozelenih algi. Slaba je strana prethodne dezinfekcije veća

vjerojatnost nastanka kloriranih organskih spojeva kojima se pripisuje kancerogeni učinak. [4]

6.2. Koagulacija i flokulacija

Procesima koagulacije i flokulacije iz vode izdvajaju se suspendirane čestice kad je brzina njihovog prirodnog taloženja previše mala da bi se osiguralo učinkovito razbistravanje. Flokulacija je postupak okupljanja destabiliziranih ili koaguliranih čestica da bi se stvorile veće nakupine ili flokule. Bez koagulacije ne može nastupiti flokulacija, odnosno taloženje čestica. Koagulant koji se koristi za proces vezivanja i ubrzavanja čestica su aluminijev fosfat, željezni fosfat ili klorid, koji neutraliziraju električni naboj prisutnih tvari u vodi pa tako pospješuju stvaranju pahuljica čime se ubrzava njihovo taloženje. Neodgovarajuća doza koagulanata može dovesti do prevelike mutnoće vode. Prevelike doze koagulanata mogu također dovesti do istih rezultata, a iziskuje i povećane troškove proizvodnje vode. U postrojenjima za tretman voda uglavnom se koriste sljedeći uređaji za mehaničko miješanje u procesu flokulacije : lopatični ili rotacijski uređaji, povratni uređaji, turbine sa ravnim lopaticama te propeleri ili turbine sa osovinskim protjecanjem. [4,22]

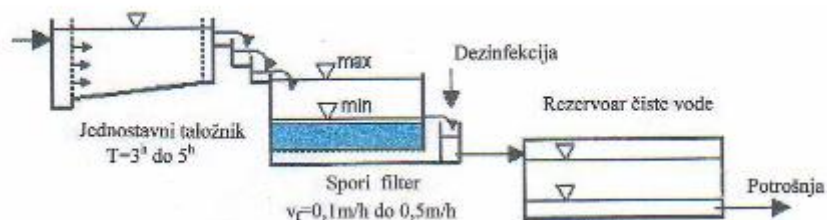
6.3. Taloženje (sedimentacija)

Bistrenje vode taloženjem čestica u rezervoaru uglavnom slijedi nakon koagulacije i flokulacije, koja omogućuje da koloidne tvari prijeđu u veće flokulante, čime se olakšava i ubrzava taloženje. *U zavisnosti od koncentracije i karakteristika suspendiranih čestica, kod pitkih voda se najčešće susreću dva tipa taloženja: Tip I - slobodno ili diskretno taloženje (u kojem se suspendirane čestice talože kao individualne čestice) i Tip II - potpomognuto taloženje. U suvremenim uređajima za pročišćavanje pitke vode sve je češća primjena tzv. potpomognutog taloženja, tj. taloženja uz dodatak koagulant (Tip II).*[20]

6.4. Filtracija (spora i brza)

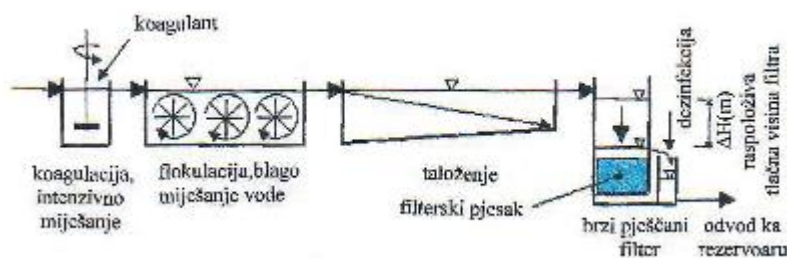
Nakon što smo obavili postupak taloženja slijedi filtracija kako bi se preostale suspendirane čestice i jedan dio mikroorganizama zadržali na porama filtera.

Razlikujemo spore i brze filtre. Voda koja prolazi sporim filtrima u pravilu prethodno nije bila podvrgnuta procesu taloženja (tj. podvrgnuta kemijskim procesima obrade). Nakon što suspendirane čestice i mikroorganizmi popune pore filtra valja ga povremeno uklanjati tj. zamjenjivati. Spori filtri imaju dobro mehaničko, biološko i kemijsko djelovanje, no mana im je mala brzina filtracije. Zbog malih brzina potrebne su velike površine zemljišta.



Slika 7. Pročišćavanje pitke vode sporim filtrom [20]

Brzi filtri imaju i do 25 puta veću brzinu rada od sporih. Da bi njihov rad bio učinkovit potrebna je prethodna koagulacija, flokulacija i sedimentacija. Brzi filtri se čiste promjenom smjera protoka vode kroz filter i ispiranjem čestica koje su se zadržale na filteru. Potreba korištenja površinskih voda za piće je sve veća pa je proces koagulacije u sve većem porastu te zbog toga primjena koagulanata postaje jedna od standardnih metoda obrade vode za piće.[4,20]



Slika 8. Pročišćavanje pitke vode brzim filtrom [20]

6.5. Dezinfekcija

Voda ima veliki fiziološki značaj za život te igra važnu ulogu kod zdravlja ljudi jer se pomoću nje mogu prenijeti razne zarazne bolesti te ju zbog toga moramo odgovarajućim postupkom osloboditi uzročnika zaraznih bolesti. U procesima taloženja i filtracije dolazi do znatnog gubitka mikroorganizama, dok je svrha dezinfekcije da u bakteriološkom

smislu vodu dovede u stanje zdravstveno ispravne (sigurne). Dezinfekcijom se smanjuje broj mikroorganizama dok se sterilizacijom potpuno uništavaju mikroorganizmi. *Prema mehanizmu djelovanja metode dezinfekcije vode mogu se podijeliti na:*

1. *Metode s fizikalnim djelovanjem (toplina)*
2. *Metode s kemijskim sredstvima (klor, brom)*
3. *Metode zračenjem (UV-zračenje, radioaktivni izotopi)*
4. *Metode membranskom tehnologijom [21]*

6.6. Adsorpcija aktivnim ugljenom

Adsorpcija se odnosi na sposobnost pojedinih tvari da zadrže molekule na svojoj površini na manje ili više reverzibilan način. Aktivni ugljen uklanja organske onečišćivače iz vode procesom adsorpcije koja je rezultat privlačenja i akumuliranja supstanci na njegovoj površini. Aktivni ugljen se može proizvesti od različitih materijala kao što su: lignit, treset, naftni ostaci, drvo, orahove ljuske, ugljena i kašasti otpad. Učinak adsorpcije aktivnim ugljenom je velik, a uklanjaju se iz vode: klor u postupku dekloriranja, nitrati, fenoli, deterdženti, KPK, fosfati, miris, ukus i boja. Aktivni ugljen u prahu koristi se za uklanjanje neugodnih mirisa i okusa. Granulirani aktivni ugljen se u početku koristio isto kao i aktivni ugljen u prahu no kasnije se počeo primjenjivati za odstranjivanje pojedinih kemikalija, a potom i bakterija. [22,8]

7. CILJ RADA

Cilj rada je analizirati koncentraciju parametara koji se ispituju na lokalnom vodovodu Cukovec 1 u razdoblju od 2012. do 2014 godine. Praćenjem tih parametara dobivamo podatke o kvaliteti vode koju koriste mještani lokalnog vodovoda. Na kvalitetu vode određenog područja utječu sastav tla i meteorološki uvjeti.

8. MATERIJALI I METODE

U ovom radu su statistički obrađeni podatci o koncentraciji fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara na lokalnom vodovodu Cukovec 1 od 2012. do 2014.godine. Pomoću MS Excel izrađeni su grafovi na kojima su prikazani analizirani parametri te njihove maksimalne dozvoljene koncentracije.

Lokacija na kojoj se provodi analiza

Mjesto na kojemu se provodi analiza ukupne je zapremnine vodospreme 100 m^3 , tlocrtna dimenzije vodospreme su $9.10 \times 7.50 \text{ m}$, a sastoji se od dvije komore od po 50 m^3 . Komore su kvadratnog oblika dimenzije $4.10 \times 4.10 \text{ m}$, ukupne visine 3.50 m . Debljina zidova vodnih komora iznosi 30 cm . Uz vodne komore nalazi se zasunska komora veličine $5.00 \times 2.50 \text{ m}$ s debljinom zidova 30 cm , koji su na vidljivim dijelovima zasunske komore ožbukani termoizolacijskom žbukom. Dno vodnih komora je debljine 30 cm , a ploče 25 cm , debljina ploče zasunske komore je 20 cm . Podna ploča izvodi se na podložnom sloju mršavog betona MB-15, debljine 10 cm . Vodosprema se izvodi od vodonepropusnog plastičnog betona MB-30 armiranog prema statičkom proračunu. Na pokrovnoj ploči vodnih komora nalazi se parna brana, toplinska izolacija, sloj betona za dobivanje pada debljine $5\text{-}15 \text{ cm}$, cementna glazura debljine 2 cm , hidroizolacija od dva sloja ljepenke i 3 vruća premaza bitumena, zaštitni sloj mršavog betona debljine $5\text{-}10 \text{ cm}$ i sloj granuliranog šljunka $11\text{-}31.5 \text{ m}$.

S vanjske strane izvodi se horizontalna i vertikalna hidroizolacija zidova i ploča vodosprema te zaštita hidroizolacije zidom od profilirane plastične folije. Oko vodospreme se izvodi drenaža od drenažnih cijevi RAUDRIL DN 100 koje se polažu na sloj betona MB-15 u padu minimalno 0.5% . Drenažne cijevi spojene su u revizionom oknu iz kojeg se odvodi voda i ispušta po terenu. Vodosprema je ožbukana

vodonepropusnom žbukom 1:2 u dva sloja. Pročelje i bočne vidljive strane zasunske komore ožbukane su termoizolirajućom žbukom. Pod i podesti u zasunskoj komori su obloženi teracom debljine 2 cm.

Zračenje vodnih komora predviđeno je ventilacijskim otvorima, smještenim na horizontalnoj dilataciji. Zasunska komora zrači se preko prozora na ventus mehanizmom i rešetkom na vratima. Prozori i vrata izvedeni su od aluminijskih plastificiranih profila. Oko vodospreme se izvodi zaštitna ograda od metalnih stupova i žičanog pletiva visine 2.00m, pristup na parcelu omogućen je preko pristupne ceste širine 3.00 m i dvokrilnih ulaznih vrata širine 4.00 m.



Slika 9. Lokalni vodovod Cukovec 1
Izvor: autor

Metode

Za određivanje koncentracija pojedinih fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara potrebno je koristiti važeće HRN EN ISO norme. Ukoliko za određeni pokazatelj ne postoji navedena norma koriste se provjerene metode s dokazanom točnošću. U tablici 5. prikazane su metode kojima se ispitivala zdravstvena ispravnost vode za piće na lokalnom vodovodu Cukovec 1.

Tablica 5. Metode kojima se provelo ispitivanje zdravstvene ispravnosti vode za piće

| Naziv analize | Metoda | MJ | Granice |
|---------------|--------------|----|---------|
| Temperatura | termometrija | °C | <25 |

| | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---|---------|
| Boja | vizualni pregled | bez | bez |
| Mutnoća | HRN EN ISO 7027:2001* | NTU jedinica | <4 |
| Miris | senzorika | bez | bez |
| Okus | senzorika | bez | bez |
| pH | HRN ISO 10523:2009* | phjed.pri 25°C | 6,5-9,5 |
| Permanganatni index | HRN EN ISO 8467:2001 | mg/L O ₂ | <5 |
| Elektrovodljivost | HRN EN 27888:2008* | μScm ⁻¹ pri 25°C | <2.500 |
| Slobodni rezidualni klor | HRN EN ISO 7393-2:2001 | mg/l Cl ₂ | <0,5 |
| Amonij | HRN EN ISO 14911:2001* | mg/L (NH ₄ ⁺) | <0,5 |
| Nitriti | HRN EN ISO 10304-1:2009* | mg/L (NO ₂ ⁻) | <0,5 |
| Nitrati | HRN EN ISO 10304-1:2009* | mg/L (NO ₃ ⁻) | <50 |
| Kloridi | HRN EN ISO 10304-1:2009* | mg/L Cl ⁻ | <250 |
| Ukupni koliformi | Colilert* | broj/100 mL | 0 |
| Broj kolonija - 37°C/48h | HRN EN ISO 6222:2000 | broj/1 mL | <20 |
| Broj kolonija - 22°C/72h | HRN EN ISO 6222:2000 | broj/1 mL | <100 |
| Escherichia coli | Colilert* | broj/100mL | 0 |

| | | | |
|------------|------------|-------------|---|
| Enterokoki | Enterolert | broj/100 mL | 0 |
|------------|------------|-------------|---|

Izvor: autor

9. REZULTATI I RASPRAVA

U nastavku slijedi prikaz dobivenih rezultata kvalitete vode na lokalnom vodovodu Cukovec 1 u razdoblju od 2012.godine do 2014.godine te usporedba s maksimalnim dopuštenim granicama.

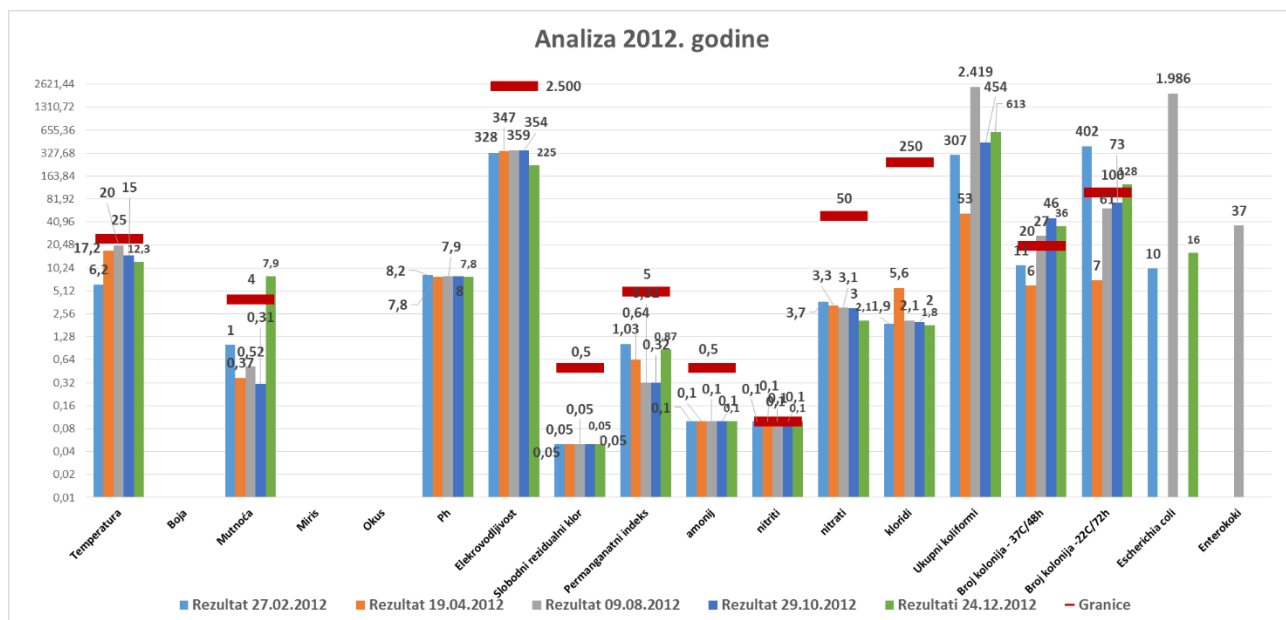
9.1. Analitičko izvješće za 2012.godinu

Na temelju analize možemo zaključiti da prema ispitanim parametrima u 2012.godini uzorci NE ODGOVARAJU odredbama članka 6 točka c) *Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće* (NN 47/08). Prema analizi možemo zaključiti da je 27.02.2012. ustanovljeno prisustvo ukupnih koliformna, *E. coli* te povećan broj kolonija na 22 °C/72h. Do povišenja navedenih mikrobioloških parametara došlo je najvjerojatnije zbog meteoroloških uvjeta (topljenja snijega) koji su izazvali lošiju kvalitetu vode. Nakon dva mjeseca ponovno se provelo uzorkovanje u kojemu odgovaraju svi parametri osim ukupnih koliformna koji su ostali malo povišeni. Dana 09.08.2012.godine došlo je ponovnog povišenja mikrobioloških parametara (ukupni koliformni, *E. coli*, *Enterokoki*, te povećan broj kolonija na 37°C/48h), razlog tomu najvjerojatnije su visoke temperature koje pospješuju bolji rast, razvoj i razmnožavanje bakterija. Ukupni koliformni i broj kolonija na 37°C/48h i dalje ostaju povišeni 29.10. i 24.12.2012.godine. Osim navedenih mikrobioloških parametara 24.12.2012.godine, zaključujemo da je blago povišen broj kolonija na 22°C/72h te prisustvo *E. coli*. Tijekom cijele 2012.godine rezultati kemijsko-fizikalnih parametara zadovoljavaju odredbe *Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće* (NN 47/08), osim mutnoće koja se pojavila 24.12.2012.godine kojoj su najvjerojatnije pridonijeli meteorološki uvjeti.

Tablica 6. Analitičko izvješće za 2012. godinu

| Naziv analize | Rezultat 27.02.2012 | Rezultat 19.04.2012 | Rezultat 09.08.2012 | Rezultat 29.10.2012 | Rezultati 24.12.2012 |
|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Temperatura | 6,2 | 17,2 | 20 | 15 | 12,3 |
| Boja | bez | bez | bez | bez | bez |
| Mutnoća | 1 | 0,37 | 0,52 | 0,31 | 7,9 |
| Miris | bez | bez | bez | bez | bez |
| Okus | bez | bez | bez | bez | bez |
| Ph | 8,2 | 7,8 | 7,9 | 8 | 7,8 |
| Elektrovodljivost | 328 | 347 | 359 | 354 | 225 |
| Slobodni rezidualni klor | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Permanganatni indeks | 1,03 | 0,64 | 0,32 | 0,32 | 0,87 |
| amonij | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| nitriti | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| nitрати | 3,7 | 3,3 | 3,1 | 3 | 2,1 |
| kloridi | 1,9 | 5,6 | 2,1 | 2 | 1,8 |
| Ukupni koliformi | 307 | 53 | 2.419 | 454 | 613 |
| Broj kolonija - 37C/48h | 11 | 6 | 27 | 46 | 36 |
| Broj kolonija - 22C/72h | 402 | 7 | 61 | 73 | 128 |
| Escherichia coli | 10 | 0 | 1.986 | 0 | 16 |
| Enterokoki | 0 | 0 | 37 | 0 | 0 |

Izvor: autor



Graf 1. Prikaz analitičkog izvješća za 2012.godinu uz pomoć grafikona

Izvor: autor

9.2. Analitičko izvješće za 2013. godinu

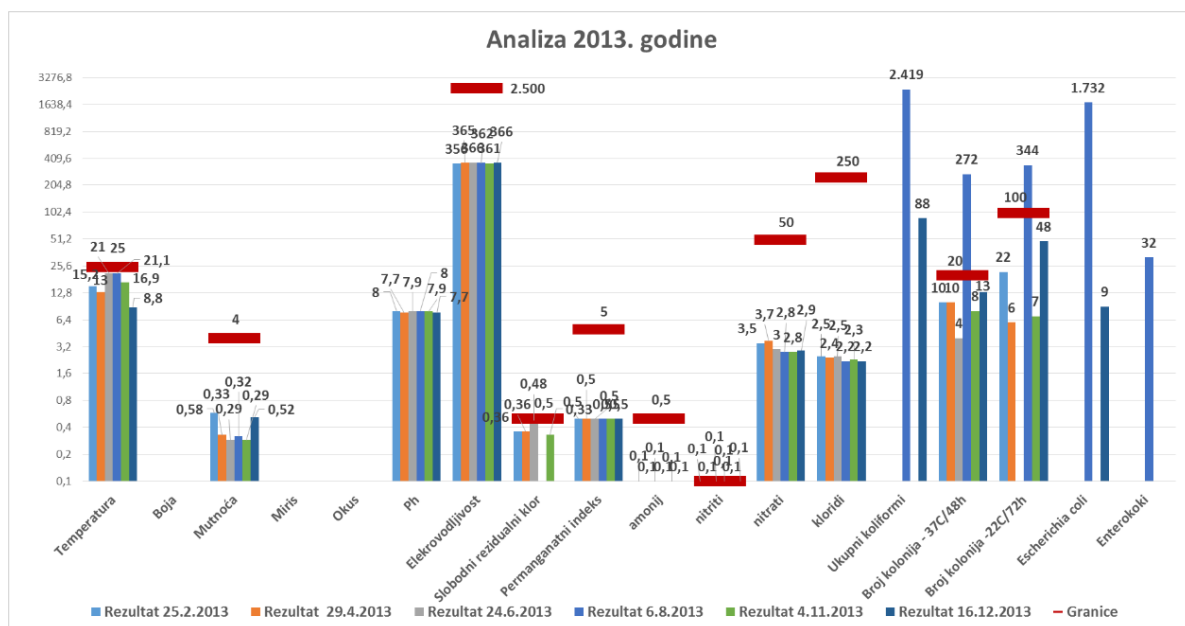
Na temelju analize možemo zaključiti da prema ispitanim parametrima u 2013. godini za mjesec veljaču, travanj, lipanj, kolovoz i studeni uzorci ODGOVARAJU odredbama članka 6 točka c) *Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće* (NN 47/08). Do odstupanja od maksimalne dozvoljene koncentracije dolazi jedino u mjesecu prosincu, a razlog tomu su meteorološki uvjeti.

Na temelju usporedbe podataka za 2012. i 2013.godinu možemo zaključiti da se pravilnom dezinfekcijom mogu postići uspješni rezultati, odnosno kvaliteta i zdravstveno ispravna voda za piće.

Tablica 7. Analitičko izvješće za 2013. godinu

| Naziv analize | Rezultat 25.2.2013 | Rezultat 29.4.2013 | Rezultat 24.6.2013 | Rezultat 6.8.2013 | Rezultat 4.11.2013 | Rezultat 16.12.2013 |
|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| Temperatura | 15,2 | 13 | 21 | 21,1 | 16,9 | 8,8 |
| Boja | bez | bez | bez | bez | bez | bez |
| Mutnoća | 0,58 | 0,33 | 0,29 | 0,32 | 0,29 | 0,52 |
| Miris | BEZ | bez | bez | bez | bez | bez |
| Okus | BEZ | bez | bez | bez | bez | bez |
| Ph | 8 | 7,7 | 7,9 | 8 | 7,9 | 7,7 |
| Elektrovodljivost | 356 | 365 | 366 | 362 | 361 | 366 |
| Slobodni rezidualni klor | 0,36 | 0,36 | 0,48 | 0,05 | 0,33 | 0,05 |
| Permanganatni indeks | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| amonij | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| nitriti | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| nitriti | 3,5 | 3,7 | 3 | 2,8 | 2,8 | 2,9 |
| kloridi | 2,5 | 2,4 | 2,5 | 2,2 | 2,3 | 2,2 |
| Ukupni koliformi | 0 | 0 | 0 | 2.419 | 0 | 88 |
| Broj kolonija - 37C/48h | 10 | 10 | 4 | 272 | 8 | 13 |
| Broj kolonija - 22C/72h | 22 | 6 | 0 | 344 | 7 | 48 |
| Escherichia coli | 0 | 0 | 0 | 1.732 | 0 | 9 |
| Enterokoki | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 |

Izvor: autor



Graf 2. Prikaz analitičkog izvješća za 2013.godinu uz pomoć grafikona

Izvor: autor

9.3. Analitičko izvješće za 2014. godinu

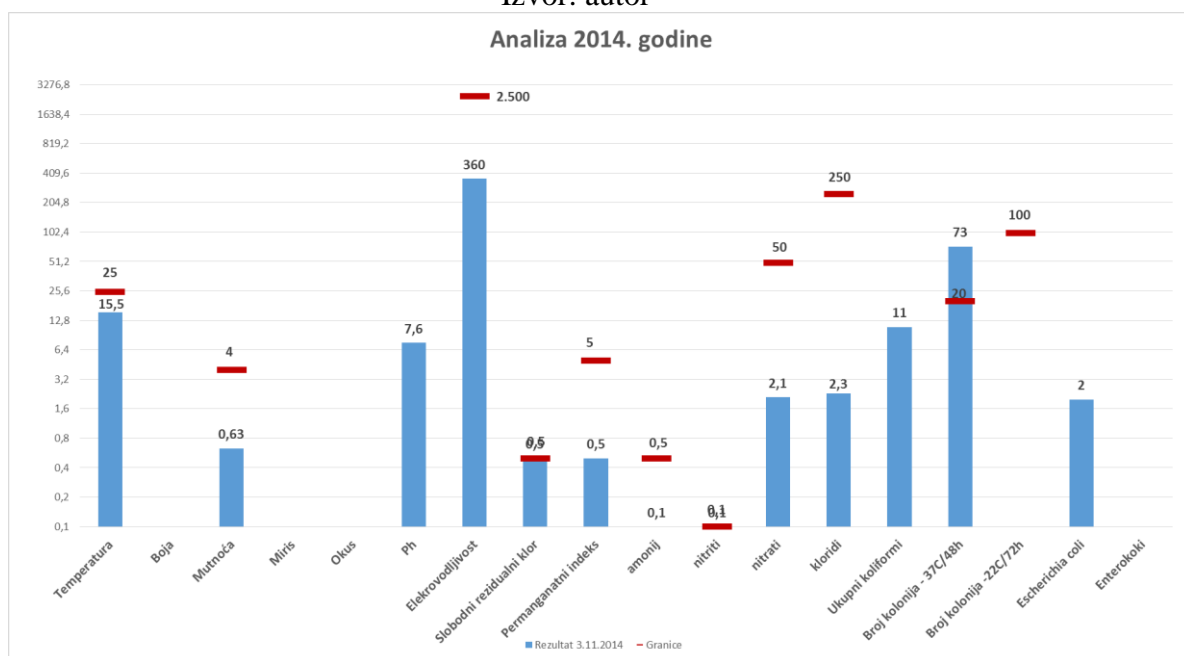
Na temelju analize možemo zaključiti da prema ispitanim parametrima u 2014.godini za mjesec studeni uzorak NIJE SUKLADAN uvjetima propisanim *Pravilnikom o*

parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/13, NN 141/139). Došlo je do povišenog broja kolonija na 37°C/48h te je utvrđeno prisustvo *E. coli*. Do povišenja navedenih mikrobioloških parametara došlo je najvjerojatnije zbog meteoroloških uvjeta koji su izazvali lošiju kvalitetu vode.

Tablica 8. Analitičko izvješće za 2014. godinu

| Naziv analize | Rezultat 3.11.2014 |
|--------------------------|--------------------|
| Temperatura | 15,5 |
| Boja | bez |
| Mutnoća | 0,63 |
| Miris | bez |
| Okus | bez |
| Ph | 7,6 |
| Elektrovodljivost | 360 |
| Slobodni rezidualni klor | 0,5 |
| Permanganatni indeks | 0,5 |
| amonij | 0,1 |
| nitriti | 0,1 |
| nitriti | 2,1 |
| kloridi | 2,3 |
| Ukupni koliformi | 11 |
| Broj kolonija - 37C/48h | 73 |
| Broj kolonija -22C/72h | 0 |
| Escherichia coli | 2 |
| Enterokoki | 0 |

Izvor: autor



Graf 3. Prikaz analitičkog izvješća za 2014.godinu uz pomoć grafikona

Izvor: autor

10. ZAKLJUČAK

Pitka voda je neophodna za život i zdravlje čovjeka. Zbog svoje izuzetne važnosti i činjenice kako je nezamjenjiva, rijetka i izrazito neravnomjerno raspoređena, voda je jedan od najvažnijih, ako ne i najvažniji prirodni resurs na svijetu. Hrvatska je zemlja bogata zalihama pitke vode te obiluje visokom kvalitetom.

U ovome radu analizirali smo koncentraciju parametara koji su se ispitivali na lokalnom vodovodu Cukovec 1 u razdoblju od 2012. do 2014. godine.

Na temelju svih tabličnih i grafičkih analiza iz lokalnog vodovoda Cukovec 1 u razdoblju od 2012. do 2014. godine dolazimo do sljedećih zaključaka:

1. kroz 2012. godinu dolazi do povišenja sljedećih mikrobiološki parametara: ukupni koliformni, *E.coli*, *Enterokoki* te je povećan broj kolonija na 22°C/72h. Kemijsko-fizikalni parametri zadovoljavaju odredbe *Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće* (NN 47/08) osim mutnoće koja se pojavila 24.12.2012. godine.
2. tijekom cijele 2013. godine uzorci odgovaraju odredbama *Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće* (NN 47/08). Do odstupanja od maksimalno dopuštene koncentracije dolazi na kraju godine, a razlog tomu su meteorološki uvjeti.
3. U 2014. godini došlo je do povišenja broja kolonija na 37°C/48h te je utvrđena prisutnost *E. coli*.

Na temelju usporedbe podataka za 2012., 2013. i 2014. godinu možemo zaključiti da u pojedinim mjesecima dolazi do odstupanja od maksimalno dopuštenih koncentracija. Razlog odstupanja su meteorološki uvjeti poput topljenja snijega, padalina, temperature (visoke temperature pospješuju bolji rast, razvoj i razmnožavanje bakterija). Na temelju analize možemo zaključiti da dolazi do povišenja slobodnog rezidualnog klora, a razlog tomu je primijenjena dezinfekcija nakon koje parametri odgovaraju odredbama *Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće* (NN 47/08).

Pravilnom dezinfekcijom mogu se postići uspješni rezultati, odnosno kvalitetna i zdravstveno ispravna voda za piće.

11.LITERATURA

- [1.] Gulić, I. (2000.) *Opskrba vodom*. Zagreb: Hrvatski savez građevinskih inženjera
- [2.] Mayer, D. (2004.) *Voda od nastanka do upotrebe*. Zagreb
- [3.] Mihanović, B., Perina, I. (1982.) *Fizikalno i kemijsko ispitivanje zagađenosti vode*. Zagreb
- [4.] Puntarić, D., Miškulin, M., Bošnjir, J., i suradnici. (2012.) *Zdravstvena ekologija*. Zagreb
- [5.] *Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće* (NN. RH, br. 46/1994, 49/1997, 182/2004te47/2008), http://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_04_47_1593.html posjećeno: (15.04.2017.)
- [6.] *Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* (NN.RH, br. 125/2013 i 141/2013 te 128/2015.), http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_11_128_2429.html, posjećeno: (15.04.2017.)
- [7.] Štrkalj, A. (2014.) *Onečišćenje i zaštita voda*. Sisak
- [8.] Tedeschi, S. (1997.) *Zaštita voda*. Zagreb
- [9.] Ljoljo, D. (2012.) *Završni rad*. Zagreb, [http://repositorij.fsb.hr/2184/1/22_02_2013_Završni_rad_\(konacna_verzija\).pdf](http://repositorij.fsb.hr/2184/1/22_02_2013_Završni_rad_(konacna_verzija).pdf), posjećeno: (24.04.2017.)
- [10.] Lifepressmagazin. *Zašto je kišnica tako dobra?*, <http://lifepressmagazin.com/uradi-sam/dom-organizacija/kisnica-skupljanje-kako>, posjećeno: (12.05.2017.)
- [11.] Weebly. *Vrste voda*, <http://vodaizvorzivota.weebly.com/vrste-voda.html>, posjećeno: (24.04.2017.)
- [12.] Bioteka.hr. *Kako su ljudi uništili čistoću na Zemlji?*, <http://www.bioteka.hr/modules/okolis/article.php?storyid=16>, posjećeno: (16.05.2017.)

- [13.] Ekologija.com. Posljedice onečišćenja vode, <http://www.ekologija.com.hr/posljedice-oneciscenja-vode/>, posjećeno: (06.06.2017.)
- [14.] SildeServe. *Dezinfekcija vode za piće*, <http://www.slideserve.com/charla/dezinfekcija-vode-za-pi-e>, posjećeno: (08.06.2017.)
- [15.] Nobel, *Kvalitet vode i voda koju pijemo*, <http://www.nobel.rs/nitrati-nitriti.php>, posjećeno: (18.06.2017.)
- [16.] *Mikroorganizmi u vodi za piće*, <http://www.zzjzks.ba/publikacije/letci%20i%20afise/MIKROORGANIZMI%20U%20VODI%20ZA%20PICE.pdf>, posjećeno: (16.05.2017.)
- [17.] Bermanec, Martina. (2015.) *Mikrobiološko onečišćenje pitke vode Bjelovarsko-bilogorske županije u razdoblju od 2011. do 2013. godine*. Križevci
- [18.] Poslovni.hr, *Hrvatska treća u Europi po bogatstvu vode*, <http://www.poslovni.hr/domace-kompanije/hrvatska-treca-u-europi-po-bogatstvu-vode-51234>, posjećeno: (18.06.2017.)
- [19.] Vijesti.hr, *Pogodite gdje je u Hrvatskoj najkvalitetnija voda!* <http://www.vijesti.rtl.hr/novosti/1590270/pogodite-gdje-je-u-hrvatskoj-najkvalitetnija-voda/>, posjećeno: (18.06.2017.)
- [20.] Busuladžić, H. (2009.) *Konvencionalne metode prečišćavanja voda za piće*. Sarajevo, <http://www.vodoprivreda.net/wpcontent/uploads/2014/08/konvencionalne.pdf>, posjećeno: (19.06.2017.)
- [21.] <https://repozitorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A264/datastream/PDF/vie> , posjećeno: (15.05.2017.)
- [22.] Stajonević, M. (2009.) *Tretman pijaće vode*. Beograd
- [23.] Knežević, R. (2017.) *Kemijski parametri vode iz javnog vodoopskrbnog sustava na području grada Požege u ožujku 2015. godine*. Požega
- [24.] *Vrste vode u prirodi*. http://www.ss-medicinska-ri.skole.hr/dokumenti?dm_document_id=2926&dm_dnl=1, posjećeno: (23.04.2017.)

[25.] Ekologija.com. *Pitka voda i zagađenje* <http://www.ekologija.com.hr/pitka-voda-i-zagadenje/>, posjećeno: (06.05.2017.)

[26]EkoSpark. Kretanje vode,
http://www.ekospark.com/info/08_voda/info_voda/kretanje_kvalitet_vode/kretanje_kvalitet_vode.html, posjećeno: (16.06.2017.)

[27.] Porubić, M. (2015.) *Utjecaj okoliša na kvalitetu života*. Karlovac

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Najčešći izvori i vrste onečišćenja vode i posljedice | 13 |
| Tablica 2. Obvezni parametri ispitivanja u redovitom monitoringu | 16 |
| Tablica 3. Zahtjevi u pogledu mikrobiološke ispravnosti vode za piće | 22 |
| Tablica 4. Obnovljive zalihe pitke vode u Hrvatskoj | 25 |
| Tablica 5. Metode kojima se provelo ispitivanje zdravstvene ispravnosti vode za piće | 31 |
| Tablica 6. Analitičko izvješće za 2012. godinu | 34 |
| Tablica 7. Analitičko izvješće za 2013. godinu | 35 |
| Tablica 8. Analitičko izvješće za 2014. godinu | 36 |

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 1. <i>Hidrološki ciklus</i> [26] | 9 |
| Slika 2. <i>Sakupljanje kišnice</i> [10] | 10 |
| Slika 3. <i>Mogućnost zagađenja podzemnih voda</i> [7] | 15 |
| Slika 4. <i>Uređaj za mjerenje pH vrijednosti i elektrovodljivosti</i> | 19 |
| Slika 5. <i>Prisustvo amonijaka u pitkoj vodi</i> | 21 |
| Slika 6. <i>Prisustvo koliformnih bakterija</i> | 23 |
| Slika 7. <i>Pročišćavanje pitke vode sporim filtrom</i> [20] | 28 |
| Slika 8. <i>Pročišćavanje pitke vode brzim filtrom</i> [20] | 28 |
| Slika 9. <i>Lokalni vodovod Cukovec 1</i> | 31 |

POPIS GRAFOVA

| | |
|--|----|
| Graf 1. <i>Prikaz analitičkog izvješća za 2012.godinu uz pomoć grafikona</i> | 34 |
| Graf 2. <i>Prikaz analitičkog izvješća za 2013.godinu uz pomoć grafikona</i> | 35 |
| Graf 3. <i>Prikaz analitičkog izvješća za 2014.godinu uz pomoć grafikona</i> | 36 |