

# Voda kao medij prijenosa patogenih mikroorganizama uzročnika bolesti ljudi i životinja

---

**Pausić, Antonela**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:907585>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-27**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering -  
Theses and Dissertations](#)



# Voda kao medij prijenosa patogenih mikroorganizama uzročnika bolesti ljudi i životinja

---

**Pausić, Antonela**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:907585>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2020-11-05**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

ANTONELA PAUSIĆ

VODA KAO MEDIJ PRIJENOSA PATOGENIH MIKROORGANIZAMA  
UZROČNIKA BOLESTI LJUDI I ŽIVOTINJA

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

VODA KAO MEDIJ PRIJENOSA PATOGENIH MIKROORGANIZAMA  
UZROČNIKA BOLESTI LJUDI I ŽIVOTINJA

KANDIDAT:

ANTONELA PAUSIĆ

MENTOR:

doc.dr.sc. JELENA LOBOREC

VARAŽDIN, 2017.



Sveučilište u Zagrebu  
Geotehnički fakultet



## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnica: ANTONELA PAUSIĆ

Matični broj: 2472 - 2014./2015.

### NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

VODA KAO MEDIJ PRIJENOSA PATOGENIH MIKROORGANIZAMA  
UZROČNIKA BOLESTI LJUDI I ŽIVOTINJA

Rad treba sadržati: 1. Uvod

2. Osnovno o vodi i zdravlju
3. Osnovno o kvaliteti vode za potrošnju kod ljudi i životinja
4. Mikroorganizmi kao uzročnici bolesti prisutni u vodi
5. Metode uklanjanja mikroorganizama iz vode
6. Zaključak
7. Literatura
8. Popis slika
9. Popis tablica

Pristupnica je dužna predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 07.04.2017.

Rok predaje: 30.06.2017.

Mentor:

*Jelena Loborec*  
Doc.dr.sc. Jelena Loborec



Predsjednik Odbora za nastavu:

*Igor Petrović*  
Doc.dr.sc. Igor Petrović

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

Voda kao medij prijenosa patogenih mikroorganizama izročnika bolesti ljudi i životinja  
(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom doc.dr.sc. Jelene Loborec.

Izjavljujem da ni jedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 27.06.2017.

Antonela Pausić

(ime i prezime)

Denić

(vlastoručni potpis)

## Sažetak

**Ime i prezime:** Antonela Pausić

**Naslov rada:** Voda kao medij prijenosa patogenih mikroorganizama uzročnika bolesti ljudi i životinja

U ovom završnom radu govori se općenito o vodi, zatim o njezinim fizikalnim, kemijskim i biološkim pokazateljima te o načinima dezinfekcije vode, što je vrlo bitno u sprječavanju prijenosa bolesti i kako bi voda za piće bila odgovarajuće kvalitete uključujući i druge potrebe ljudi i životinja. Također se opisuju virusi i bakterije, mikroorganizmi koje propisuje Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju, kao i bolesti koje oni uzrokuju.

Svojom pokretljivošću i sposobnosti otapanja različitih spojeva, voda je jedan od najugroženijih dijelova okoliša. Svakom živom biću voda je potrebna za život. Također, živa bića su većim dijelom građena od vode, stoga ni ne čudi da njihovo zdravstveno stanje uvelike ovisi o kakvoći korištene vode. Unošenjem onečišćene vode moguće je zaraziti se jednom od hidričnih bolesti, kao što su dizenterija, trbušni tifus, kolera, infektivni hepatitis i dr.

Mikrobiološki pokazatelji vode ukazuju na brojnost i aktivnost mikroorganizama u vodi. Mikroorganizmi koje propisuje Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju su od virusa enterovirusi, a od bakterija *Escherichia coli*, enterokoki, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa* uz dodatak *Bacillus anthracis* koji uvjetno može uzrokovati bolesti čak i sa smrtnim ishodom.

Navedeni mikroorganizmi uzrokuju hidrične bolesti. Kako ne bi došlo do hidrične epidemije vrlo je bitan način uklanjanja mikroorganizama iz vode tj. dezinfekcija vode. Dezinfekcija se provodi kemijskim i fizikalnim postupcima. U kemijsku dezinfekciju spada dezinfekcija klorom, srebrom i jodom te dezinfekcija ozonom. Fizikalni postupci podrazumijevaju dezinfekciju toplinom, ultraljubičastim zračenjem, ultrazvukom i filtracijom.

**Ključne riječi :** voda, mikroorganizmi, Pravilnik, hidrične bolesti, dezinfekcija

# Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. OSNOVNO O VODI I ZDRAVLJU.....	3
2.1. Fizikalni pokazatelji .....	4
2.1.1. Raspršene ili suspendirane tvari .....	5
2.1.2. Mutnoća vode.....	5
2.1.3. Boja vode .....	6
2.1.4. Miris i okus vode.....	6
2.1.5. Temperatura vode.....	6
2.2. Kemijski pokazatelji .....	7
2.2.1. Ukupne soli u vodi.....	8
2.2.2. Reakcija vode .....	9
2.2.3. Tvrdoća vode.....	9
2.2.4. Organske tvari u vodi.....	10
2.2.5. Hranjive tvari u vodi.....	10
2.2.6. Metali .....	11
2.3. Biološki pokazatelji .....	12
2.3.1. Stupanj saprobnosti.....	12
2.3.2. Stupanj biološke proizvodnje .....	13
2.3.3. Mikrobiološki pokazatelji .....	13
2.3.4. Stupanj toksičnosti.....	13
3. OSNOVNO O KVALITETI VODE ZA POTROŠNJU KOD LJUDI I ŽIVOTINJA .....	15
4. MIKROORGANIZMI KAO UZROČNICI BOLESTI PRISUTNI U VODI.....	17
4.1. Virusi .....	17
4.1.1. Enterovirusi .....	19
4.2. Bakterije.....	19
4.2.1. <i>Escherichia coli</i> .....	21
4.2.2. Enterokoki.....	22
4.2.3. <i>Clostridium perfringens</i> .....	24
4.2.4. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	25
4.2.5. <i>Bacillus anthracis</i> .....	26
5. METODE UKLANJANJA MIKROORGANIZAMA IZ VODE .....	29
5.1. Dezinfekcija .....	29



5.1.1. Dezinfekcija klorom .....	30
5.1.2. Dezinfekcija ozonom.....	30
5.1.3. Dezinfekcija srebrom.....	30
5.1.4. Dezinfekcija UV zračenjem, toplinom i ultrazvukom .....	31
5.2. Membranska dezinfekcija .....	31
5.2.1. Reverzna osmoza.....	32
5.2.2. Nanofiltracija.....	32
5.2.3. Ultrafiltracija .....	32
5.2.4. Mikrofiltracija .....	33
6. ZAKLJUČAK.....	34
7. LITERATURA .....	35
8. POPIS SLIKA.....	37
9. POPIS TABLICA .....	38

## 1. UVOD

Voda je ključna za čovječanstvo zbog potrebe obavljanja osnovnih životnih potreba kao što su opskrba vodom za piće, proizvodnja hrane, higijena i sanitacija. Bez vode ne bi uopće bilo života. Na Zemlji je tek 0,8 % ukupne količine vode dostupno za ljudsku potrošnju. Od ukupnih zaliha vode na Zemlji 97,5 % otpada na slanu vodu, a 2,5 % na slatke vode u koje spadaju rijeke i jezera. Današnjom modernizacijom i sve dostupnijom vodom za piće zaboravlja se da je količina pitke vode u svijetu tek 2,5 % prema WHO. Ta brojka pokazuje da se već jednom treba osvijestiti koliko je voda bitna, dapače neophodna i nezamjenjiva [1,12].

Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) je osnovana 1948. godine i predstavlja vodeću agenciju po pitanju zdravlja unutar sustava Ujedinjenih naroda. WHO je odgovorna za globalna zdravstvena pitanja, definiranje programa zdravstvenog istraživanja, postavljanje normi i standarda, te prezentiranje zakonskih mogućnosti utemeljenih na dokazima, pružanju tehničke podrške zemljama, kao i po pitanju praćenja zdravstvenih trendova [2].

U ovom radu govori se općenito o vodi, zatim o njezinim fizikalnim, kemijskim i biološkim pokazateljima te o načinima dezinfekcije vode, što je vrlo bitno u sprječavanju prijenosa bolesti i kako bi voda za piće bila odgovarajuće kvalitete uključujući i druge potrebe ljudi i životinja. Posebno se opisuju virusi i bakterije, odnosno mikroorganizmi koje propisuje zakonska regulativa, konkretno Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju, kao i bolesti koje spomenuti mikrobi uzrokuju.

Nakon uvodnog dijela dolazi poglavlje "Općenito o vodi" koje govori koliko je voda bitna za zdravlje te ponešto o njenim fizikalnim, kemijskim i biološkim pokazateljima. Zatim slijedi poglavlje Osnovno o kvaliteti vode za potrošnju kod ljudi i životinja. Ovo poglavlje prikazuje na koje ćemo se mikroorganizme bazirati kroz čitav rad. Mikroorganizmi kao uzročnici bolesti prisutni u vodi tema je četvrtog poglavlja u kojem su općenito opisani virusi i bakterije te hidrične bolesti koje oni uzrokuju. U poglavlju "Metode uklanjanja mikroorganizama iz vode" opisane su metode i načini dezinfekcije vode za piće, što je vrlo bitno kako bi se spriječila zaraza. U zaključku se sažima cijeli

rad dajući naglasak najvažnijim aspektima rada. Nakon njega slijedi popis korištene literature, navedenih slika i tablica.

## 2. OSNOVNO O VODI I ZDRAVLJU

Zbog svoje pokretljivosti i sposobnosti otapanja najrazličitijih spojeva, voda je najugroženiji dio ljudskog okoliša. Svoje značajke voda mijenja tokom cijelog hidrološkog ciklusa, a osobito tako što ispire atmosferu, obradive, industrijske, urbane i prometne površine. Voda je nezamjenjiva čovječanstvu zbog obavljanja osnovnih ljudskih potreba kao što su opskrba vodom za piće, proizvodnja hrane, higijena, navodnjavanje i zdravstvo itd. Važnost opskrbe pitkom vodom odgovarajuće kakvoće istaknuo je otac moderne epidemiologije John Snow koji je istraživao epidemije kolere u Londonu i 1849. godine objavio članak "O načinima prijenosa kolere" povezujući koleru s kontaminiranom vodom [1].

Potrebe čovjeka vodom za piće rastu i vjerojatnost onečišćenja vode je najveća upravo tamo gdje su potrebe za vodom najveće. Voda za piće korištenjem postaje onečišćena i otpadna te kao takva ima određena negativna svojstva. "Onečišćenje vode u užem smislu podrazumijeva smanjenje kakvoće vode fizičkim, kemijskim, biološkim ili radiološkim onečišćenjem do stupnja pri kojemu je nemoguće koristiti ju za piće i ona postaje opasna po ljudsko zdravlje" [1].

Otopljene i raspršene tvari koje nalazimo u prirodnim vodama mogu biti organskog i anorganskog podrijetla. Otopljene tvari se nalaze u obliku iona ili molekula, a raspršene tvari su u obliku čestica. Kakvoća vode se utvrđuje na osnovi pokazatelja o sastavu, svojstvima i koncentraciji pojedinih tvari u vodi [2].

Zdravlje je vezano uz pozitivne ljudske i životne vrijednosti. Za zdravlje se podrazumijeva da postignemo ono čemu težimo te da razvijemo najbolju ravnotežu različitih sposobnosti, što će nam omogućiti najviše od života. Prema WHO (World Health Organization) zdravlje je stanje potpunoga tjelesnoga (fizičkoga), duševnoga i socijalnoga blagostanja, a ne samo odsutnosti bolesti i iznemoglosti [2].

Voda na zdravlje može utjecati pozitivno i negativno. Svakom živom biću je potrebna voda za život. Dapače, sva su živa bića u većem dijelu svojih tijela građena upravo od vode. Stoga ni ne čudi da zdravstveno stanje tijela uvelike ovisi o stanju vode koju u njega unosimo. Unošenjem onečišćene vode moguće je zaraziti se nekom od hidričnih bolesti. Do hidričnih epidemija (dizenterija, trbušni tifus, kolera, infektivni hepatitis...) može doći u slučaju onečišćenja vode iz vodovoda te u vrlo kratkom roku može oboljeti

veliki broj ljudi, ali i životinja. No, u današnje vrijeme postoji svakodnevni nadzor voda i pristup informacija je brz pa je vjerojatnost pojave hidrične bolesti mala. Hidrične bolesti općenito se dijele na bolesti koje se prenose kontaktom s vodom, bolesti koje prenose vektori (kukci čiji se dio životnog ciklusa odvija u vodi), bolesti vezane uz oskudicu vode (povezane sa slabom osobnom i/ili kućnom higijenom) i bolesti koje se prenose zrakom (aerosoli). Najčešće hidrične epidemije su kolera, trbušni tifus i paratifus te bacilarne dizenterije. Vodom se može širiti i leptospiroza, legionarska bolest, tularemija, virusni konjuktivitis i streptokokoze. Postoji mnogobrojni mikroorganizmi koji su u vodi prisutni jer je voda pogodan medij za njihov razvoj i razmnožavanje. Neki mikroorganizmi dospjevaju u vodu iz probavnog sustava ljudi i životinja, ispiranjem zemljišta te iz otpadnih voda. Voda iz vodovoda je s higijenskog stajališta najbolja za piće zbog stalnog nadzora [1].

Pokazatelji kakvoće vode mogu se svrstati u sljedeće skupine:

- fizikalni pokazatelji
- kemijski pokazatelji
- biološki pokazatelji [3].

## **2.1. Fizikalni pokazatelji**

Prirodne vode sadrže veću ili manju količinu otopljenih i raspršenih tvari. Tvari u manjoj koncentraciji mogu prouzročiti promjene fizikalnih svojstava vode dok neke tvari zbog svojeg sastava i visoke koncentracije mogu ograničiti korištenje vode koja se prije upotrebe mora obraditi. Najčešći fizikalni pokazatelji vode su:

- raspršene tvari u vodi
- mutnoća vode
- boja vode
- miris vode
- okus vode

- temperatura vode [3].

### **2.1.1. Raspršene ili suspendirane tvari**

Raspršene ili suspendirane tvari u vodi su čestice različitog promjera anorganskog i organskog podrijetla. Promjer takvih čestica u vodi je veći od 1  $\mu\text{m}$ . Čestice većeg promjera se talože, dok čestice manjeg promjera lebde. Takve vode mogu sadržavati anorganske tvari kao što su pijesak, prah i glina te živu i mrtvu organsku tvar. Velika količina raspršenih tvari i koloida uzrokuje mutnoću vode. Ona može biti neupotrebljiva za vodoopskrbu bez dodatnih pročišćavanja i manje pogodna za neke sustave navodnjavanja. Voda u prirodnom stanju često nije pogodna za rekreaciju i kupanje. Uklanjanje takvih tvari povećava troškove obrade vode u vodoopskrbi, a njihova prisutnost može izazvati oštećenja u vodoopskrbnom sustavu. Raspršene tvari određuju se u laboratoriju, a vrijednost se izražava u mg/l ili g/mol [3].

### **2.1.2. Mutnoća vode**

Mutnoća vode je optičko svojstvo koje ukazuje na stupanj čistoće vode. Mutnoću mogu tvoriti raspršene tvari, koloidi, mikroorganizmi i mjehurići plinova. Povećana mutnoća vode smanjuje prodor svjetlosti u stupcu vode. Time se usporava proces fotosinteze podvodnih biljaka, algi i nekih bakterija što uzrokuje smanjenje kisika, a to negativno utječe na rast i razvoj algi i podvodnih biljaka. Mutnoća se mjeri pomoću uređaja turbidimetra kojim se zapravo određuje dio svjetla koji prolazi kroz uzorak vode. Mutnoća vode se izražava u jedinici NTU (Nephelometric Turbidity Unit). U vodi za piće dopuštena je vrijednost do 1 NTU, dok u mutnim vodama u kišnom razdoblju ta vrijednost iznosi oko 10 NTU [3].

### **2.1.3. Boja vode**

Boja vode je optičko svojstvo koje ukazuje na stupanj obojenosti. Razlikujemo pravu ili prividnu boju vode. Prava boja je posljedica otopljenih tvari u vodi (npr. željeza, mangana, industrijskih boja i razgrađenih organskih tvari). Ona nastaje kao posljedica raspršenih tvari koje se mogu odstraniti filtriranjem. Obojenim vodama je smanjena providnost, a uglavnom su neupotrebljive za vodoopskrbu [3].

Boja vode određuje se spektrometrijski (kolorimetrijski) ili vizualno. Spektrometrijska analiza temelji se na upijanju kemijskog zračenja određenih kemijskih spojeva. Vizualno se boja vode promatra i uspoređuje prema standardnim skalama (Pt/Co skala – Platinum – Cobalt Color Scale), dok se opisno određuje jačina (intenzitet) [3].

### **2.1.4. Miris i okus vode**

Miris i okus vode su bitna obilježja vode, naročito u korištenju za piće. Promjena mirisa i okusa može nastati razgradnjom organskih tvari, naročito algi, od industrijskih otpadnih voda (naftnih proizvoda), od otopljenih plinova (sumporovodika) i otopljenih soli (klorida, sulfata). Mirisi u prirodnim vodama su najčešće po zemlji i sumporovodiku. Vode s mirisom i okusom neupotrebljive su za piće [3].

### **2.1.5. Temperatura vode**

Temperatura vode je stupanj toplinskog stanja vode, odnosno mjera za količinu energije koju voda posjeduje. Temperatura vode je u odnosu s temperaturom okoliša te se mijenja tijekom godine. Temperatura površinskih voda je vrlo promjenjiva, dok se temperatura podzemnih voda može mijenjati unutar nekoliko °C. Ona je vrlo važna za održavanje života hladnokrvnih organizama (ribe, vodozemci, gmazovi) jer njihova tjelesna temperatura ovisi o temperaturi okoliša. Temperaturom vode povezani su kemijski i biološki procesi. Tako je primjerice maksimalna temperatura vode u konzumiranju vode za piće 25 °C, dok je optimalna temperatura oko 15 °C. Za

navodnjavanje su poželjne minimalne temperature vode 19 °C, a maksimalne 34 °C. Najpovoljnija temperatura za biljke je također 25 °C, tj. slična temperaturi tla.

Povećanje temperature može biti uzrokovano ispuštanjem toplih voda odnosno rashladnih voda iz tvornica i elektrana te otpadnih voda iz praonica. Uzrok tome je gustoća i viskoznost vode koja se mijenja kao i sadržaj otopljenog kisika, što ubrzava neke procese u prirodnim vodama, a neki se zaustavljaju se u trenutku navodnjavanja [3].

## **2.2. Kemijski pokazatelji**

Neke otopljene tvari u vodi bitno ne mijenjaju kakvoću vode, dok prisutnost neke druge tvari može ograničiti uporabu vode za određene namjene. Primjese u vodi predstavljaju posebnu opasnost, budući da se zbog svojeg sastava, svojstava i koncentracije smatraju štetnim i opasnim tvarima. Opasne su za život i zdravlje ljudi, biljnih i životinjskih vrsta te negativno utječu na cjelokupni vodni sustav [3].

Kemijski pokazatelji kakvoće vode mogu se podijeliti u skupinu anorganskih i organskih pokazatelja [3].

Najčešći kemijski pokazatelji kakvoće vode su:

- ukupne soli u vodi
- reakcija pH vrijednosti vode
- tvrdoća vode
- organske tvari u vodi
- hranjive tvari u vodi
- metali (kovine) u vodi [3].



### 2.2.1. Ukupne soli u vodi

Ukupne soli u vodi se sastoje od ukupne količine soli otopljene u određenom volumenu vode. Prirodne vode predstavljaju veću ili manju količinu otopljenih soli, a količine soli mogu se odrediti izravnim i neizravnim načinom [3].

Izravni način obuhvaća sušenje uzoraka vode u sušioniku na temperaturi od 105 °C, a nakon ishlapljivanja vode ostatak čine ukupne soli. Soli se izražavaju u mg/l ili meq/l (miliiekvivalent). Neizravan način određivanja ukupne soli je elektrometrijski, pomoću konduktometra. Izražava se kao električna vodljivost (Electricial Conductivity – EC). Ona je pokazatelj koncentracije soli u vodi, tj. slanosti vode. Električna vodljivost izražava se u jedinici Siemens (S) [3].

Podatak o koncentraciji soli u vodi govori o njezinoj uporabi za navodnjavanje. Veća koncentracija soli u vodi može prouzročiti veće zaslanjivanje tla, odnosno veća koncentracija soli u otopini tla negativno utječe na primanje vode preko korijena biljaka. Osmozom se odvija primanje vode i vodene otopine tla. Na osmozu utječe koncentracijski gradijent otopine u tlu i biljci i gradijent pritiska u tlu i biljci, odnosno vodeni potencijal, tj. osmotski tlak. Porastom osmotskog tlaka biljka ne može primati vodu što uzrokuje opadanje turgorskog tlaka, odnosno turgora (unutarnjeg hidrostatskog tlaka stanice). Kidanjem i opadanjem turgora dolazi do mlohavosti biljke, sušenja i opadanja lišća, povećane osjetljivosti biljke na različite bolesti i negativne vanjske utjecaje. Tijekom veće prisutnosti koncentracije soli u tlu dolazi do nepovratnog venuća biljke. Biljke su osjetljive na prisutnost soli stoga se preporuča da koncentracija soli u vodi ne prelazi graničnu vrijednost od 3 dS/m [3].

Podatak o vrijednosti natrija je također pokazatelj kakvoće vode, odnosno SAR (Sodium Adsorption Ratio). SAR je definiran odnosom natrija prema kalciju i magneziju u njihovim zamjenjivim reakcijama na adsorpcijskom kompleksu tla. Vrijednost se izražava u meq/l (1 meq/l = mh/l - ekvivalentna težina kationa). Povećana vrijednost SAR-a pokazuje aktivnost natrija u tlu i upozorava na moguću opasnost alkalizacije tla [3].

### 2.2.2. Reakcija vode

Reakcija vode (pH vrijednost) je odnos koncentracije  $H^+$  i  $OH^-$  iona u vodi. Ako u vodi prevladavaju vodikovi ioni, voda ima kiselu reakciju, i obrnuto, ako prevladavaju hidroksilni ioni, voda ima lužnatu (bazičnu) reakciju. Dok je odnos aniona i kationa jednak, voda ima neutralnu reakciju. Potenciometrijski pomoću pH metra može se odrediti količina iona u vodi. Dobivena vrijednost se naziva pH. Reakcija vode važan je pokazatelj o kakvoći vode. Utvrđeno je da je najpovoljnija reakcija vode između pH 6 i 7,5, a u širim granicama pH 4,5 i 8,5. Izvan navedenih pH vrijednosti voda je za živi svijet nemoguća sredina. Ako se u navodnjavanju koristi voda niske pH vrijednosti (kisela reakcija), može prouzročiti različita oštećenja (koroziju) u sustavima vodoopskrbe ili u sustavima i opremi za navodnjavanje [3].

### 2.2.3. Tvrdoća vode

Tvrdoća vode određena je sadržajem kalcijevih i magnezijevih soli u vodi. Sadržaj drugih soli, kao što su željezne i manganove soli, imaju manji utjecaj na tvrdoću vode. Koncentracija polivalentnih kationa u otopini uzrokuje tvrdoću vode. Kationi u uvjetima zasićenosti reagiraju s anionima tvoreći soli. Tvrdoća vode može se izraziti na više različitih načina kao što su mg  $CaCO_3$  ili stupnjevi tvrdoće. Razlikujemo njemačke, francuske i engleske stupnjeve tvrdoće. U Hrvatskoj se najčešće koriste njemački stupnjevi. Jedan njemački stupanj (dH) definiran je kao tvrdoća vode koja ima otopljeno 10 mg CaO/l vode. Temeljem količine otopljenog CaO u vodi postoji podjela voda prema tvrdoći. Postoji meka voda (do 4 dH), lagano tvrda (4-8 dh), umjereno tvrda (8-18 dH), tvrda (18-30 dH) i jako tvrda voda (više od 30 dH) [3].

Vode koje sadrže veće količine kalcijevih i magnezijevih soli nisu preporučljive u svim sustavima navodnjavanja, jer kod lokaliziranog navodnjavanja kapanjem mogu prouzročiti začepljenje kapaljki [3].

#### **2.2.4. Organske tvari u vodi**

Organske tvari u vodi su ukupne tvari koje se u prirodnim vodama nalaze u otopljenom i raspršenom obliku. Ukupna organska tvar dijeli se na biološki razgradive i nerazgradive tvari. Prema podrijetlu, organska tvar u vodi može biti proizvod djelovanja čovjeka ili biokemijskih procesa u vodi. Velika onečišćenja u vodi su pojave koje nastaju kao posljedica ispiranja zemljišta oborinskim vodama te sastojaka ispuštenih gradskih i industrijskih otpadnih voda. Procjedne vode s deponija krutog otpada i izvanredna zagađenja uzrokovana neočekivanim slučajevima znatno utječu na onečišćenje voda [3].

Najznačajniji organski spojevi u vodi su policiklički aromatski ugljikovodici, poliklorirani bifenili, organofosforni i organoklorni spojevi i druge tvari iz pesticida. Od organskih spojeva koji su potencijalni onečišćivači najviše se ističu deterdženti iz kućanstva i drugih izvora. Od ugljikovodika najčešće u vodu ulaze derivati nafte, a značajni su po tome što se vrlo sporo razgrađuju. Velike količine ugljikovodika se nalaze u otpadnim vodama industrija, ali i u oborinskim vodama koje se ispiru s industrijskih područja i prometnica. Ugljikovodici na površini vode stvaraju tanak sloj te onemogućuju otapanje kisika iz zraka. Biokemijska potrošnja kisika (BPK) pokazuje koliko je organske tvari razgradivo u vodi putem mikroorganizama. Ukupna biokemijska potrošnja kisika (BPK<sub>uk</sub>) je količina kisika potrebna za potpunu razgradnju organske tvari. U praksi je uveden pokazatelj petodnevnog biokemijskog potrošnje kisika (BPK<sub>5</sub>) [3].

#### **2.2.5. Hranjive tvari u vodi**

Hranjive tvari u vodi su tvari koje najčešće podrazumijevaju otopljene spojeve dušika i fosfora. One mogu dospjeti ispiranjem s poljoprivrednih zemljišta gdje se koriste kao mineralna gnojiva, otpadnim vodama iz kućanstva i industrije. Povećanu proizvodnju primarne organske tvari, odnosno eutrofikaciju vode, uzrokuje povećana koncentracija upravo hranjivih tvari. Hranjive tvari se nalaze u različitim oblicima i podložne su promjenama, ovisno o količini kisika u vodi [3].

Kada se u vodi nalaze dovoljne količine otopljenog kisika, tj. u aerobnim uvjetima, dolazi do procesa nitrifikacije, oksidacije dušika, preko amonijaka, nitrita do nitrata, uz sudjelovanje aerobnih autotrofnih bakterija. U anaerobnim uvjetima odvijaju se postupci denitrifikacije uz prisustvo anaerobnih heterotrofnih bakterija [3].

Amonijak je produkt razgradnje organske tvari i stoga je dokaz svježega organskog onečišćenja. Onečišćenje nitritima ukazuje na starije onečišćenje. U vodi nisu poželjni organski dušik i amonijak jer troše kisik. Oni povećavaju porast fitoplanktona i algi, što negativno utječe na podvodnu vegetaciju, odnosno na biljni i životinjski svijet u vodi. Vrlo visoke koncentracije nitrata i nitrita u vodi su otrovne. Methemoglobinemija je bolest uzrokovana korištenjem takve vode, a najosjetljivija je dječja populacija. Nitriti u vodama su obično prisutni u malim koncentracijama i prolazni su oblik dušika. Fosfor se nalazi u obliku ortofosfata, polifosfata i organski vezanog fosfora. Količina dušika i fosfora u vodi izražava se u mg/l vode [3].

#### **2.2.6. Metali**

Metali (kovine) u vodi posljedica su ispiranja zemljišta i otapanja minerala. Ispuštanje otpadnih voda različitih grana industrije, kućanstva i poljoprivrede može uzrokovati povećane količine metala u vodi. Metali se dijele na neotrovne (netoksične) i otrovne (toksične) metale.

Neotrovni metali su natrij, željezo, mangan, aluminij, bakar i cink u malim količinama (tragovima) te su od velike važnosti za mnoge funkcije organizama [3].

Otrovni metali su teški metali čija je gustoća veća od  $5 \text{ g/cm}^3$  (voda za usporedbu ima približno gustoću  $1 \text{ g/cm}^3$ ). Metali se mogu nakupljati u tkivu organizma, što može biti štetno za žive organizme, uzrokujući trovanje, a u najtežim oblicima trovanja izazivaju smrt. Metali se u vodi mogu nalaziti otopljeni kao slobodni ioni ili kao kompleksni spojevi, ovisno o fizikalnim i kemijskim svojstvima vode. Na promjenu oblika u kojem se metali pojavljuju u vodi naročito utječe temperatura, pH, količina otopljenog kisika, alkalitet, tvrdoća vode, organske tvari kao i biološka aktivnost [3].

U nekim su metalima (cink, bakar, kadmij) slobodni ioni za organizme puno opasniji od drugih oblika. Postoje metali koji su znatno opasniji u spojevima s organskom tvari

kao na primjer živa. Ona je opasnija u obliku metil-živa nego kao organska živa. Olovo je također opasnije u obliku tetraetil-olovo. Toksični metali koji mogu biti otopljeni u vodu su arsen, barij, kadmij, krom, olovo, živa i srebro. Posebno su opasni arsen, kadmij, olovo i živa [3].

## **2.3. Biološki pokazatelji**

Voda je stanište mnogobrojnim biljkama, životinjama i mikroorganizama koje utječu na biološka svojstva vode. Njihove aktivnosti, povezanosti i brojnost u životnoj zajednici ovise o životnim uvjetima i kakvoći njihova staništa. Promjenom klimatskih, ali i drugih abiotskih čimbenika, narušava se prirodna ravnoteža unutar staništa kao dijela ekološkog sustava što utječe na kakvoću vode. Osim mikroorganizama, kojima je prirodna voda stanište, to su i mikroorganizmi koji su u otpadnim vodama i koji se hrane organskom tvari iz njih. Lošim gospodarenjem otpadne vode oni mogu dospjeti u pitku vodu pa je potrebna dezinfekcija voda [3].

Najčešći biološki pokazatelji kakvoće vode su:

- stupanj saprobnosti
- stupanj biološke proizvodnje
- mikrobiološki pokazatelji
- stupanj (toksičnosti) otrovnosti [3].

### **2.3.1. Stupanj saprobnosti**

Stupanj saprobnosti je pokazatelj razgradnje organske tvari u vodi koju razgrađuju organizmi saprofazi, najčešće bakterije, gljivice i plijesni. Oni se hrane složenim organskim spojevima, razgrađuju ih te ispuštaju organske tvari. Tijekom razgradnje organske tvari troši se otopljeni kisik u vodi, čime se mijenjaju procesi u vodi od aerobnog do anaerobnog, a s time nastaju i promjene kemijskog sastava vode. Promjena

staništa utječe na životne zajednice tako da se neke vrste prilagođavaju novim životnim uvjetima, dok druge vrste, koje se nisu uspjele prilagoditi, izumiru [3].

### **2.3.2. Stupanj biološke proizvodnje**

Stupanj biološke proizvodnje nekog vodnog sustava ovisi o raspoloživoj hrani, odnosno trofikaciji. Stupanj trofije je intenzitet primarne proizvodnje u kopnenim vodama. Prema stupnju trofije, vodni sustavi se dijele na siromašne hranjivima (ultraligotrofne i oligotrofne), srednje bogate hranjivima (mezotrofne) i bogate hranjivima (eutrofne i hipertrofne) [3].

Pokazatelji stupnja biološke proizvodnje, odnosno stanja trofije, koji se najčešće koriste su ukupni fosfor, klorofil, ukupan broj stanica i prozirnost [3].

### **2.3.3. Mikrobiološki pokazatelji**

Mikrobiološki pokazatelji ukazuju na brojnost i aktivnost mikroorganizama u vodi. Postoje dvije skupine mikroorganizama, a to su razlagači organske tvari (saprofazi) i proizvođači nove organske tvari (producenti) [3].

Mikroorganizmi u vodu mogu dospjeti iz probavnog sustava životinja i ljudi te ispiranjem tla koje sadrže otpadne vode. Osim uobičajenih mikroorganizama, mogu se naći i fekalni mikroorganizmi od kojih su neki i patogeni. Patogeni mikroorganizmi mogu preživjeti dovoljno dugo u vodnim sustavima tako da mogu biti uzročnici bolesti. Vode u kojima ima patogenih mikroorganizama predstavljaju izravnu i neizravnu opasnost za ljude i životinje [3].

### **2.3.4. Stupanj toksičnosti**

Stupanj toksičnosti (otrovnosti) predstavlja toksičnost neke tvari koja u živom organizmu izaziva bolest, nenormalno ponašanje, kancerogene i genetičke promjene, fiziološke smetnje, fizičke deformacije i smrt. Razvojem kemijske industrije broj kemijskih spojeva se povećava, a neki od tih spojeva, ovisno o njihovoj koncentraciji, su opasni za živi svijet u vodi. Štetne i opasne tvari svojim ulaskom i zadržavanjem mogu čak i sačinjavati stanična tkiva nižih organizama. Ulaskom u hranidbene lance opasnost povećanja koncentracije opasnih tvari u organizmima višeg reda, posebice životinja i čovjeka, se povećava. Posljedice se mogu opaziti tek nakon dugo vremena nakupljanja u okolišu. Nije uvijek poznato djelovanje štetnih i opasnih tvari, a dopuštene koncentracije onečišćivača nisu uvijek određene na temelju provedenih znanstvenih istraživanja. Biološka metoda utvrđivanja stupnja otrovnosti primjenjuje se umjesto određivanja otrovnosti pojedinih sastojaka. Pri tome se utvrđuje koncentracija tvari kod koje ugiba 50 % ispitivanih organizama (srednja smrtonosna koncentracija – Lethal Concentration  $LC_{50}$ ), a vrijednost koncentracije tvari se izražava u  $\mu\text{g}/\text{mg}$  ili  $\text{mg}/\text{l}$  [3].

### 3. OSNOVNO O KVALITETI VODE ZA POTROŠNJU KOD LJUDI I ŽIVOTINJA

Prilogom II. iz Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju opisani su parametri, učestalost uzimanja uzoraka te vrste i opseg analize uzoraka vode za ljudsku potrošnju za provedbu monitoringa. Tablica 1. prikazuje obvezne parametre ispitivanja u redovitom monitoringu voda za ljudsku potrošnju.

Tablica 1. Obavezni parametri ispitivanja u redovitom monitoringu

<b>1. Fizikalno kemijski i kemijski pokazatelji</b>
Aluminij (napomena 1.)
Amonij
Boja
Vodljivost
Koncentracija vodikovih iona (pH vrijednost)
Miris
Mutnoća
Nitrit (napomena 3.)
Okus
Željezo (napomena 1.)
Klorid
Nitrat
Utrošak $\text{KMnO}_4$ (napomena 5.)
Rezidue dezinficijensa (SRK, klorit, klorat, ozon,...)
Temperatura
<b>2. Mikrobiološki pokazatelji</b>
<i>Escherichia coli</i>
Ukupni koliformi
Enterokoki
Broj kolonije 22°C (napomena 4.)
Broj kolonije 37°C (napomena 4.)



<i>Clostridium perfringens</i> (uključujući spore) (napomena 2.)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (napomena 4.)

- Napomena 1. – Potrebno samo kad se koristi kao flokulant ili ako je prirodno prisutan u vodi u povećanoj količini.
- Napomena 2. – Potrebno samo kad je voda za ljudsku potrošnju po porijeklu površinska voda ili ako površinska voda može na nju utjecati.
- Napomena 3. – Potrebno kada se koristi kloramin kao dezinfekcijsko sredstvo s izuzetkom ako to nalažu stručni razlozi.
- Napomena 4. – Potrebno je pratiti samo u slučaju uzoraka vode koja je stavljena u promet u bocama ili drugoj ambalaži ili u bocama uzetim na mjestu potrošnje.
- Napomena 5. – Ovaj parametar nije potrebno mjeriti ako su rezultati analize TOC prihvatljivi s izuzetkom ako to nalažu stručni razlozi [4].

U ovom radu naglasak je stavljen na mikrobiološke pokazatelje koje propisuje Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju, a uz to i na još jednu vrstu mikroorganizma (*Bacillus anthracis*) koji je obrađen zbog svoje prisutnosti na terenima na području Hrvatske i teških posljedica po zdravlje ljudi i životinja koje može uzrokovati.

## 4. MIKROORGANIZMI KAO UZROČNICI BOLESTI PRISUTNI U VODI

Mikroorganizmi, odnosno mikrobi smatraju se jednim od prvih živih organizama na Zemlji. Nalaze se posvuda, u tlu, vodi, zraku, biljkama te u tijelu i na tijelu ljudi i životinja. Mikrobiologija je znanost koja se bavi mikroorganizmima (grč. *mikros* – malen, sitan; *bios* – život; *logos* – riječ, govor, u prenesenom značenju znanost). Dakle, to je znanost o sitnim živim bićima vidljivima tek pod mikroskopom. Mikrobiologija, prema skupinama mikroorganizmima, dijeli se na virologiju (virusologiju), bakteriologiju, mikologiju i protistologiju [5].

### 4.1. Virusi

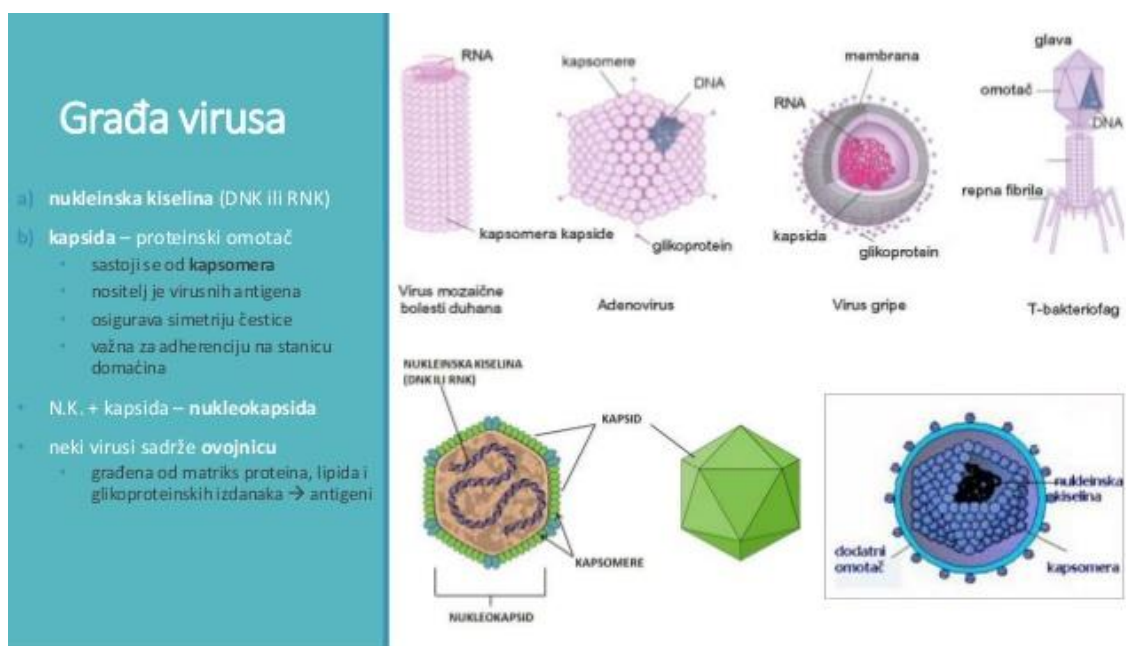
Virologija (virusologija) (lat. *virus* – otrov, sluz; grč. *logos* – znanost) je dio mikrobiologije koja proučava viruse. Virusi su metabolički inertne čestice koje nemaju stanične dijelove te stoga potpuno ovise o mehanizmu stvaranja energije i bjelančevina stanice domaćina. Dakle, oni su nepotpuni i vrlo sitni mikroorganizmi (nekoliko milijuntinki ili stotisućinki milimetra) i ne mogu se vidjeti svjetlosnim, nego samo elektronskim mikroskopom. Elektronski mikroskop se danas usavršio pa je njegova uporaba znatno izmijenila znanje o građi virusne čestice kao i stanice ostalih skupina mikroorganizama. Osim toga, virologija proučava viroide i prione, infektivne čestice manje od virusa, koji su uzročnici bolesti biljaka, životinja i ljudi. Viruse uzročnike zaraznih bolesti proučava medicinska virologija [5].

Obzirom da virusi nisu stanice, oni potpuno ovise o stanici napadnutog organizma, tj. o njenom mehanizmu stvaranja energije i bjelančevina pa su za razliku od drugih organizama metabolički neaktivni. Virusi sadrže jednu ili nekoliko molekula samo jedne od nukleinskih kiselina (DNK ili RNK), dok prokariotske i eukariotske stanice sadrže oboje [5].

Postoje nekoliko vrsta virusa koji su utvrđeni elektronskim mikroskopom: kuglasti, štapićasti, poput kvadra (opeke), elipsoidni i nalik na punoglavce (s glavom i repom što je svojstveno bakteriofagima, tj. virusima bakterija). Većina virusa ima kuglast oblik,

dok se štapićasti oblici razlikuju duljinom i širinom (dulji ili kraći, širi ili užji štapići) te izgledom krajeva štapića (npr. ravan na jednome i zaobljen na drugome kraju pa nalikuju na puščani metak) [5].

Neki virusi su obavijeni ovojnicom pa se razlikuju virusi sa ovojnicom i virusi bez ovojnice ili ovijeni i neovijeni virusi. Ta tvorba nastaje od stanice u kojoj se virus umnožavao, bogata je lipidima i osjetljiva na eter i druga organska otapala. Dijelovi virusa prikazani su na slici 1 [5].



Slika 1. Građa virusa

Veličina virusa je između 20 i 300 nm. Izražava se u milijuntim dijelovima milimetra ( $10^{-6}$  mm), tj. u nanonetrima (nm). Virusi su se smatrali najsitnijim česticama, dok se nisu otkrili viroidi. Viroidi su čestice sitnije od virusa. Prioni su pak čestice sitnije od viroida. Viroidi su infektivne čestice i sastoje se od jednolančane RNK, a ne posjeduju kapsidu. Uzrokuju bolesti biljaka. Prioni se sastoje od bjelančevina, a u njima nije dokazana nukleinska kiselina. Otporni su na djelovanje fizikalnih i kemijskih činitelja. Uzrokuju promjene u središnjem živčanom sustavu ljudi (Cretuzfeldt-Jakobovu bolest) i životinja (goveđa spongioformna encefalopatija, tzv. bolest ludih goveda) [5].

### 4.1.1. Enterovirusi

Enterovirusi su rod malih virusa iz porodice Picornaviridae. Enterovirusi koji žive u ljudima imaju jezgru s jednolančanom RNK obavijenom kubičnom ovojnicom. Virus je otporan na želučanu kiselinu zbog toga što vanjska ovojnica nema lipida. Enterovirusi su otporni na djelovanje uobičajenih dezinficijensa (npr. alkohol), a mogu danima preživjeti na sobnoj temperaturi. Sredine gdje se najčešće može zaraziti enterovirusima su mjesta sa lošim higijenskim i socioekonomskim uvjetima, pri čemu se zaraze događaju već u prvim godinama života. Najčešće se prenose fekalno-oralnim putem ili vodom koja je kontaminirana izmetom. Moguća je zaraza i zrakom, ali ona je značajna za pojedine enteroviruse koji uzrokuju dišne simptome. Zaraza se pojavljuje u svim dijelovima svijeta osobito ljeti i u jesen [6].

Sindromi koje uzrokuju enterovirusi su aseptični meningitis, konjuktivitis (hemoragični), epidemijaska pleurodnija (Bornholmova bolest), herpangina, mioperkarditis, paraliza, osip i bolest dišnog sustava [6].

## 4.2. Bakterije

Bakterije (izvedenica grč. *bakterion* – štapić, palica) su jednostanični organizmi. Prema obliku stanica razlikuju se: kuglaste, štapičaste, zavojite i prijelazne [5].

- Kuglaste bakterije ili koki (grč. *kókkos* – zrno) imaju oblik kugle, mogu biti izdužene na jednom polu, jajolike ili spljoštene na oba pola. Nakon diobe stanice mogu ostati zajedno i tada nastaju diplokoki, streptokoki, stafilokoki, tetrakoki i sarcine [5].

- Diplokok ili diplococcus (grč. *diploos* – dvostruk; *kókkos* – zrno) nastaje kada nakon diobe dvije kuglaste stanice ostanu zajedno [5].

- Tetrakok ili tetracoccus (grč. *tétra* – četiri; *kókkos* – zrno) nakupina je od dva para kuglastih bakterija, a saracina (lat. *saracina* – tetret, svežanj) nakupina je od osam kuglastih bakterija, koje nalikuju na paket [5].

- Stafilokok ili staphylococcus (grč. *staphylē* – grozd; *kókkos* – zrno) nakupina je kuglastih bakterija koje izgledom podsjećaju na grozd [5].

- Streptokok ili streptococcus (grč. *streptós* – lančana ogrlica; grč. *kókkos* – zrno) nastaje kada stanice nakon diobe ostaju zajedno i tvore kraće ili dulje lančice [5].

- Štapičaste bakterije ili bacili (lat. *bacilus* – štapić) mogu biti kratki ili dugi, tanki ili debeli, tj. različite duljine i promjera, zaobljenih, ravnih ili zašiljenih krajeva [5].

- Diplobacili ili diplobacillus (grč. *diplóos*; lat. *bacillus* – štapići) nastaju ako se nakon diobe štapići ne razdvajaju nego ostaju u parovima [5].

- Streptobacili ili streptobacillus (grč. *streptós* – lančana ogrlica; lat. *bacillus* – štapić) su kraći ili dulji lančici štapičastih bakterija, a ako su štapići poredani usporedno i nalikuju na plot od kolaca, zovu se palisade [5].

- Zavojite ili spiralne bakterije u osnovi su štapičaste bakterije jedanput ili nekoliko puta zavijene oko svoje zamišljene osi [5].

- Vibrioni su bakterije u obliku zareza. Spirohete su zavojite bakterije koje imaju mnogo zavoja. U spirohete se ubrajaju borelije, koje imaju više dugih zavoja i na krajevima su zašiljene. Treponeme su bakterije koje obilježuju brojni kratki zavoji i zašiljeni krajevi te leptospire, koje se odlikuju brojnim malim zavojima sa zavrnutim krajevima nalik na kukice [5].

- Prijelazni oblici bakterija ili kokobacili su štapići koji su malo dulji od svoje širine te nalikuju na izdužene koke [5].

- L-oblici bakterija nemaju stanične stjenke, zbog čega su pleomorfni (grč. *pleon* – više; *morphe* – oblik) ili polimorfni (grč. *polys* – mnogo; *morphe* – oblik) tj. pojavljuju se u različitim oblicima [5].

Veličina bakterija izražava se u mikrometrima ( $\mu\text{m}$ ),  $1 \mu\text{m} = 10^{-3} \text{ mm}$ , a manjom mjernom jedinicom nanometrom (nm),  $1 \text{ nm} = 10^{-6} \text{ mm}$ , uglavnom se izražava veličina pojedinih dijelova bakterijske stanice [5].

Duljina bakterija može biti od 0,3 do 20  $\mu\text{m}$ . Promjer većine bakterija je 0,5 do 2,0  $\mu\text{m}$ . Bakterije se sastoje od citoplazme, jezgrine tvari, citoplazmatske membrane i stanične stjenke. U citoplazmi se nalaze plazmidi, ribosomi i citoplazmatska zrnca. Postoje neke vrste bakterija koje imaju bičeve, fimbrije, pile, kapsulu i formiraju spore [5].

#### 4.2.1. *Escherichia coli*

*Escherichia coli* je dominantna bakterijska vrsta u crijevima i fecesu. Kao primarni ili sekundarni uzročnik može uzrokovati različita patološka stanja u ljudi i životinja. Rasprostranjena je u okolišu. Životinje svakodnevno putem hrane i vode dolaze u dodir sa njom. Fiziološki se nalazi u probavnom sustavu svih toplokrvnih životinja i ljudi, a pod određenim uvjetima uzrokuje kolibacilozu. Kolibaciloza se opisuje infekcijom bakterije *E. coli* koja se očituje upalnim promjenama u crijevu ili drugim organima te septikemijom i koliseptokemijom. Enterohemoragični (EHEC) sojevi *E. coli* mogu izazvati bolest u teladi, a često se nalaze u životinjama bez kliničkih simptoma te u njihovim izlučevinama i okolišu. Taj serovar (naziv za grupu mikroorganizama ili virusa koji imaju zajedničke antigene na svojoj površini) se u humanoj medicini smatra osobito patogenim, a u čovjeka može prouzročiti proljeve, hemolitičkoureemični sindrom, hemoragične kolitise i druge komplikacije. Kako izgledaju kolonije *Echerichia coli* na hranjivoj podlozi u Petrijevoj zdjelici možemo vidjeti na slici 2 [5].



Slika. 2. Kolonije *Echerichia coli* na hranjivoj podlozi u Petrijevoj zdjelici

Samo manji broj sojeva *E. coli* može uzrokovati oboljenja u čovjeka zbog posjedovanja nekih mehanizama virulencije. Ona tvori velike količine toksina koji se naziva verotoksin koji uzrokuje ozbiljna oštećenja sluznice i crijeva [7].

Enterovirulentni sojevi bakterijske vrste *E. coli*, dijele se na slijedeće skupine:

- Enterohemoragijska *E. coli*, a pripada serovar O157:H7
- Enterotoksična *E. coli* najvažniji je uzročnik kolibaciloze u novorođenih životinja, osobito prasadi, janjadi i teladi, ali i proljeva u djece.
- Enteropatogena *E. coli* važni su uzročnici enteritisa i proljeva svih životinjskih vrsta, osobito prasadi i janjadi, štenadi te ljudi.
- Enteroinvazivna *E. coli* svojim endotoksinima uzrokuje koliseptikemiju. Od koliseptikemije oboli telad, prasad i štenad koja nije od majke stekla pasivnu imunost.
- Enteroagregatna *E. coli* pojačavaju sekreciju sluzi i bakterije imaju sluzavu prevlaku.
- Adherentna *E. coli*.

Naziv bolesti uzrokovane serovarom *E. coli* O157:H7 je hemoragijski kolitis. Smatra se da je prilikom izbijanja infekcijska doza mala. Bolest nastupa snažnim bolovima u trbuhu i pojavom proljeva koji je isprva vodenast, a poslije sadrži velike količine krvi. Povraćanje može, ali i ne mora biti prisutno. Temperatura je neznatno povišena ili normalna. Bolest obično traje oko osam dana, a neki oboljeli ljudi imaju samo vodenast proljev [7].

Hrana koja uzrokuje hemoragijski kolitis je ona nedovoljno termički obrađena npr. hamburger, koji je u velikom broju slučajeva i uzrok ove bolesti. Također izbijanje bolesti često je povezana s onečišćenom vodom, nepasteriziranim voćnim sokovima, dimljenim sušenim salamama, zelenom salatom, mesom divljači i sirovim mlijekom i mliječnim proizvodima [7].

#### **4.2.2. Enterokoki**

Enterokoki, kuglaste bakterije (slika 3.), dio su normalne mikroflore spolnog i probavnog sustava. Bolest najčešće uzrokuju *Enterococcus faecalis* i *Enterococcus faecium*. Osobe koje su sklone bolesti su starije osobe, iscrpljene osobe te osobe s oštećenjem sluznice ili poremećenom mikroflorom crijeva zbog promjene antibiotika. Enterokoki mogu uzrokovati upalu mokraćnih putova, no opisane su i teže infekcije

poput endokarditisa, sepse, kolecistitisa, apscesa jetre i dr. Oni su glavni uzročnici bolničkih infekcija [6].

Jako su rasprostranjeni u okolišu, a nalaze se u fekalijama kralježnjaka. Negativna strana indikatorske vrste je da se enterokoki ne mogu opaziti zbog ugibanja u okolišu, ako je temperatura veća od 55°C [8].



Slika 3. Prikaz kuglastih bakterija enterokoka

Enterokoki uzrokuju sljedeće bolesti:

- **Endokarditis** je upala unutrašnjeg sloja srčane stjenke, infekcijskog ili ne infekcijskog podrijetla. Najčešće je uzrokovana bakterijama, a rjeđe gljivicama i virusima. Klinički su znaci povišena temperatura uz anemiju, povećanje slezene te novonastali šum na srcu. Ova bolest liječi se antibiotikom [6].
- **Sepsa** je otrovanje krvi. Naziv je za tešku infekciju kod koje su uzročnici gotovo uvijek bakterije. Do infekcije dolazi tako da toksini bakterije uđu u krv te uzrokuju različite simptome, poremećaje i ponekad nova upalna žarišta u različitim organima, tzv. metastatska žarišta. Sepsa je odgovor organizma na neku infekciju, kojim se aktivira niz upalnih procesa i sustav zgrušavanja krvi.



Česta je bolest, a ugrožava starije osobe, one s oslabljenom imunošću ili teško oboljele osobe [6].

- **Kolecistitis** je upala žučnog mjehura. Akutni kolecistitis najčešće nastaje zbog začepjenja žučovoda kamencem, a mogu izazvati i zastoj žuči u žučnome mjehuru te infekcije različitim mikroorganizmima. Javljaju se bolovi pod desnim rebrenim lukom, mučnina i povraćanje, povišenje tjelesne temperature i povećan broj leukocita u krvnoj slici [6].

#### 4.2.3. *Clostridium perfringens*

Bakterije roda *Clostridium* su jako rasprostranjene u prirodi. One su štapićastog oblika što možemo vidjeti na slici 4. Većine vrsta produciraju egzotoksine i patogene su za čovjeka i životinje zbog primarne infekcije ili potencijalne apsorpcije egzotoksina. *Clostridium perfringens* je jedna od čestih patogenih klostridija. Izvori zaraza (plinska gangrena, sekundarne infekcije rana, enteritis, sepsa) su probavni sustav već zaraženih ljudi i životinja. Preko fecesa bakterija dolazi u vodu, zemlju, i živi organizam.



Slika 4. Prikaz štapićaste bakterije *Clostridium perfringens*

#### 4.2.4. *Pseudomonas aeruginosa*

Bakterija *Pseudomonas aeruginosa* pokazatelj je fekalnog onečišćenja i neadekvatnog vodovodnog sustava u objektima koji predstavljaju opasnost po zdravlje osjetljive populacije (djeca, trudnice, starije osobe). Izgled kolonija bakterija *Pseudomonas aeruginosa* može se vidjeti na slici 5. *Pseudomonas* je čest uzročnik infekcije kože i uha u bazenima i kontaminant voda u bocama što može dovesti do oboljenja kod osjetljivih populacija [8].



Slika 5. Prikaz kolonije bakterija *Pseudomonas aeruginosa*

*Pseudomonas aeruginosa* su oportunistički patogeni organizmi koji često uzrokuju hospitalne infekcije, osobito u bolesnika sa respiratoru, onih sa opeklinama i onih sa kroničnom iscrpljujućim bolestima. Odgovara im vlažni okoliš. Većina infekcija događa se kod hospitaliziranih osoba, najviše kod onih koji su oslabljeni ili imunokompromitirani. Jedan je od najčešćih uzroka infekcija u jedinicama intenzivne skrbi. Razvija se na mnogim mjestima, uključujući kožu, potkožno tkivo, uši, oči, mokraćni sustav i srčane zaliske, što ovisi o mjestu ulaska u organizam, ali i o osjetljivosti bolesnika [9].

## **Infekcije kože i mekih tkiva**

Duboke rane stopala i opekline su često zaražene *P. aeruginosa*. Moguće je otvaranje sinusa, celulitisa i osteomijelitisa. U dijabetičara se može razviti teži oblik koji zahvaća uho, a naziva se malignim vanjskim otitisom [9].

## **Infekcije dišnog sustava**

*P. aeruginosa* je najčešće uzročnik pneumonije povezane s respiratorom. Kod bolesnika zaraženih HIV-om, pseudomonas najčešće uzrokuje pneumoniju ili sinusitis. Također, česta je pojava pseudomonas bronhitisa koji se javlja u kasnom stadiju bolesti [9].

## **Ostale infekcije**

*Pseudomonas* je uzročnik uroinfekcija, osobito u bolesnika podvrgnutih urološkom zahvatu ili kad imaju uropatiju ili su primili antibiotike širokog spektra. Bakterija može zahvatiti i oko, no obično se to očituje nekim ozljedama ili kontaminacijom leća ili tekućina za njihovu pohranu. Rijetko može uzrokovati bakterijski endokarditis.

Liječenje ovisi o samom uzročniku te o krvi, promjeni na koži, iscjetku, mokraći ili oku. Lokalizirane infekcije može pratiti voćni miris, a gnoj može biti zelenkaste boje [9].

### **4.2.5. *Bacillus anthracis***

*Bacillus anthracis* je štapičasta bakterija dužine 4-8  $\mu\text{m}$  i širine 1-1,5  $\mu\text{m}$ . Većinom se nalaze pojedinačno ili u kratkim lancima, a nisu pokretljive. Ova bakterija stvara spore koje su smještene unutar središnjeg dijela stanice. Spore za vrijeme infekcije nikada ne nastaju u živom organizmu, dok u tkivu uginule životinje uz prisutnost kisika počinju sporulaciju za nekoliko sati. Na tvorbu spora utječu različiti čimbenici, kao što je temperatura. Spore predstavljaju metabolički neaktivne oblike bakterija kroz koje one

proživljavaju nepovoljne uvijete u okolišu. Na slici 6. može se vidjeti prikaz bakterije *Bacillus anthracis* [10].



Slika 6. Prikaz bakterije *Bacillus anthracis*

Bedrenica je septikemijska bolest različitih vrsta domaćih i divljih životinja te čovjeka. Uzročnik joj je *Bacillus anthracis*. Bolest se očituje iznenadnim uginućem, a ako dulje traje poremećenim općim stanjem, cijanozom sluznice, krvarenjem iz svih tjelesnih otvora i uginućem. U slučaju subakutnog i kroničnog oblika, najčešće se pojave endemi po koži i sluznicama. Najosjetljiviji su biljojedi (ovce, koze, goveda, bivoli), a svinje i konji umjereno su osjetljivi. Mesožderi su otporniji, a ptice i perad (osim nojeva i pataka) su u prirodnim uvjetima vrlo otporni prema toj bolesti. Kod ljudi je najčešći kožni oblik bedrenice, koji se na mjestu prodora uzročnika u kožu pojavljuje se nastankom tipičnih promjena, tzv. malignih pustula (crnog prišta). Najčešće obolijevaju osobe koje su zbog karakteristike radnih obveza u dodiru sa životinjama [10].

Za čovjeka je izvor infekcija oboljela životinja te se oni mogu zaraziti ako su u direktnom kontaktu sa oboljelom ili uginulom životinjom. Infekcija može nastati i ingestijom termički nedovoljno obrađenog mlijeka ili mesa oboljelih životinja [10].

Bolest se pojavljuje u Južnoj i Srednjoj Americi, subsaharskoj Africi, u srednjoj i jugozapadnoj Aziji i južnoj te istočnoj Europi [10].

Područja na kojima se pojavljuje bedrenica u Republici Hrvatskoj su sljedeća naselja:

- (1.) Područje Sisačko-moslavačke županije: naselje Bobovac (općina Sunja) i naselje Jesenovac (općina Jesenovac).
- (2.) Područje Splitsko-dalmatinske županije: naselje Ježević (općina Vrlika), naselje Glavice (općina Sinj) i naselje Otok (općina Otok).
- (3.) Područje Ličko-senjske županije: naselje Konjsko Brdo (općina Perušić), naselje Doljani (općina Donji Lapac), naselje Jošan (općina Udbina), naselje Staro Selo (općina Otočac).
- (4.) Područje Šibensko-kninske županije: naselje Kadina-glavica (općina Drniš)
- (5.) Područje Bjelovarsko-bilogorske županije: naselje Kajgana (općina Garešnica).
- (6.) Područje Zadarske županije: naselje Bilišane (općina Obrovac).

Na navedenim područjima se godinama na tlu talože spore *Bacillus anthracis* koje mogu nakon velikih oborina dospjeti u vodu za piće što je vrlo bitno za prijenos bolesti [11].

## 5. METODE UKLANJANJA MIKROORGANIZAMA IZ VODE

Mikroorganizmi koji se nalaze u otpadnoj vodi, najčešće su porijeklom iz vode i tla. Svi ti organizmi mogu obitavati u crijevima i kanalima, dok neki od njih mogu nagomilavati sumpor, mangan ili željezo, koji začepljuju cjevovode, ili sumporovodik koji ima intenzivan miris na trula jaja [12].

Bakteriološka kontrola pitkih voda je najbolji način utvrđivanja higijenske i zdravstvene ispravnosti. Tri su osnovna cilja bakteriološke pretrage: [12]

- (1.) Odrediti da li je voda onečišćena ljudskim fekalijama, dokazivanje i određivanje broja živih bakterija za indikatora fekalne kontaminacije.
- (2.) Odrediti stupanj zaštite vodonosnog sloja.
- (3.) Istražiti djelotvornost tehnološkog postupka pročišćavanja voda.

Za indikatore fekalne kontaminacije koriste se sojevi *Streptococcus faecalis*.

Dezinfekcija i membranski procesi su fizikalni i kemijski postupci koje koristimo sa ciljem uklanjanja mikroorganizama iz vode [12].

### 5.1. Dezinfekcija

Dezinfekcija je postupak uništavanja bakterija, virusa i protozoa u cilju sprječavanja bolesti koje se prenose vodom, tzv. hidričnih bolesti. Hidrične bolesti su dizenterija, trbušni tifus, kolera, infektivni hepatitis i dr. Također, dezinfekcija se koristi kao obavezan postupak u kriznim situacijama kao što su rat, poplave i drugo, ali i kada postoji potencijalna opasnost za onečišćenje vode te kod upotrebe novih objekata, transporta ili skladištenja vode [12].

Dezinfekcija se provodi kemijskim i fizikalnim postupcima. U kemijsku dezinfekciju spada dezinfekcija klorom, srebrom te dezinfekcija ozonom. Fizikalni postupci podrazumijevaju dezinfekciju toplinom, ultraljubičastim zračenjem, ultrazvukom i filtracijom [12].

### **5.1.1. Dezinfekcija klorom**

Dezinfekcija klorom i njegovim spojevima je najrašireniji postupak dezinfekcije vode. Provodi se elementarnim klorom ( $\text{Cl}_2$ ), klornim dioksidom ( $\text{ClO}_2$ ), kalcijevim i natrijevim hipokloritom ( $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ;  $\text{NaClO}$ ), kalcijevim klorid-hipokloritom ( $\text{CaCl}(\text{ClO})$ ) te kloraminom. Klor je otrovan žuto zeleni plin te se koristi kao bojni otrov (zagušljivac). Elektrolizom  $\text{NaCl}$  nastaje elementarni  $\text{Cl}_2$  i  $\text{NaOH}$ . Klor je jaki oksidans te u reakciji s vodom stvara hipokloritnu kiselinu koja je nestabilna i raspada se na  $\text{HCl}$  i na kisik ( $\text{O}$ ). Takav klor se skladišti u čeličnim bocama. Doza klora koja se dodaje u vodu kreće se od 0,5 do 1 mg/l. Važan utjecaj na djelovanje klora ima temperatura. Dezinfekcija je uspješnija što je temperatura viša, a također ovisi i o pH. Pri niskim pH vrijednostima dezinfekcija je uspješnija [12].

### **5.1.2. Dezinfekcija ozonom**

Ozon ( $\text{O}_3$ ) je alotropska modifikacija kisika. Toksičan je plin i snažan oksidans. Ozon spada u red najboljih kemijskih sredstava za dezinfekciju. Potpuno dezinficira vodu, inaktivira viruse, oksidira i razgrađuje organske tvari u vodi te oksidira mangan i željezo. Brzog je bakteriocidnog učinka već pri koncentracijama od 2 do 4 mg/l uz vrijeme kontakta od 4 do 10 minuta. Nedostaci ozona kao dezinfekcijskog sredstva su veliki pogonski ili investicijski troškovi (tri puta je skuplji od primjene elementarnog klora), te velika korozivnost i opasnost pri rukovanju. Rezidualni ozon ne djeluje dezinfekcijski u vodoopskrbnom sustavu [12].

### **5.1.3. Dezinfekcija srebrom**

Srebro djeluje baktericidno u koncentraciji iznad 0,015 mg Ag/l. Karakterizira ga oligodinamski efekt koji se definira kao toksično djelovanje iona metala u vrlo niskim koncentracijama na stanice nižih organizama (bakterija, algi, plijesni...). Primjenjuje se na način presvlačenja kamenog pijeska, neglaziranog porculana ili aktivnog ugljena

srebrom. Elektrokemijsko otapanje srebra, odnosno anodno otapanje srebra primjenjuje se u ribnjacima, bazenima i rashladnim sustavima. Nedostatak je u tome što djeluje sporo (15 minuta do 3 sata) i vrlo je skup postupak [12].

#### **5.1.4. Dezinfekcija UV zračenjem, toplinom i ultrazvukom**

Ultravioletno (ultraljubičasto) zračenje odnosno UV zračenje obuhvaća elektromagnetsko zračenje valnih duljina 200 – 295 nm (max. djelotvornosti 260 nm). Zračenje pri tim valnim duljinama razara protoplazme. Vrijeme kontakta se kreće od 0,5 do 5 sekundi. Prednosti ovog postupka dezinfekcije su jednostavnost rukovanja, mala potrošnja energije, ne dolazi do mijenjanja svojstava i kemijskog sastava vode te se ne doziraju kemikalije u vodi. Nedostaci su da nema zaštite od naknadne kontaminacije, brzo trošenje UV lampe te ne postoje pouzdani pokazatelji za kontrolu učinka dezinfekcije vode.

Toplina je jedan od najjednostavnijih i najsigurnijih postupaka dezinfekcije vode. Vrenjem vode minimalno 20 minuta uništavaju se mikroorganizmi u vodi. Ovakav način dezinfekcije koristi se samo u posebnim situacijama kao što su rat, elementarne nepogode, i ostalo. Razlog tome je jako visoka cijena energije koja je potrebna za dezinfekciju male količine vode.

Dezinfekcija vode ultrazvukom je noviji postupak te još u procesu ispitivanja za širu industrijsku primjenu. Temelji se na stvaranju ultrazvučne kavitacije. Potrebna je izolacija okoline pri stvaranju lokalnog pritiska od desetak 10000 bara. Posljedica su smrt životinjskih i biljnih stanica, protozoa i mikroorganizama [12].

## **5.2. Membranska dezinfekcija**

Membranska dezinfekcija je jedna od najznačajnijih tehnologija za obradu voda. Osnova membranskih procesa je u primjeni polupropusnih membrana u cilju odvajanja sastojaka otopine na permeat, odnosno dio koji je prošao kroz membranu, te na koncentrat. Cilj ove metode je izbjegavanje dodavanja kemikalija u vodu i nastanka



štetnih nusprodukta. Pore membrana u postupcima reverzne osmoze, nanofiltracije, ultrafiltracije manje su od stanica bakterija i čestica virusa te se u potpunosti zadržavaju na membrani, dok su pore mikrofiltracije manje od stanica bakterija, ali veće od virusa [12].

### **5.2.1. Reverzna osmoza**

Reverzna osmoza je membranski proces kod kojeg kroz semipermeabilnu membranu prolazi samo otapalo odnosno voda, a ne prolaze organski ioni i organske molekule. Manje organske molekule i anorganski ioni u vodenoj otopini razvijaju značajan osmotski tlak. Najčešće se ova metoda upotrebljava za desalinizaciju morske i bočate vode, za proizvodnju tehnološku vodu, za industriju (farmaceutska, voda za napajanje kotlova, bezalkoholna pića, jaka alkoholna pića...) te za obradu otpadnih voda i za koncentriranje vrijednih proizvoda (farmaceutska industrija, voćni sokovi, pivo...) [12].

### **5.2.2. Nanofiltracija**

Nanofiltracija je ekonomična varijanta reverzne osmoze. Ovaj proces je specifičan jer se na membrani pored većih molekula zadržavaju i manje molekule kao što su neke anorganske soli i manje organske poput molekula monosaharida i disaharida. Razlika u odnosu na reverznu osmozu je da permeat (filtrat, tekućina koja prođe kroz membranu/filtar) nije čista voda kao kod reverzne osmoze, već je sterilan. Princip same metode kod nanofiltracije i reverzne osmoze je isti samo što se razlikuju u veličini pora membrana i veličini molekula koje se zadržavaju na membrani. Velika uporaba nanofiltracije je kod proizvodnje vode za piće [12].

### **5.2.3. Ultrafiltracija**

Ultrafiltracija je membranski proces kod kojeg se na membrani zadržavaju makromolekule i koloidi. Kroz membranu prolazi otapalo (voda), anorganske soli i

manje organske molekule (kisljine, šećeri i dr.) dok se molekule čija je molekularna masa veća od 500 zadržavaju na membrani. Upotrebljava se kao zamjena za flotaciju pri uklanjanju većih organskih molekula, željeza i koloida [12].

#### **5.2.4. Mikrofiltracija**

Mikrofiltracija je membranski proces koji je najbliži konvencionalnoj filtraciji. Kroz membranu prolazi otapalo (voda) i otopljene anorganske i organske molekule, manje makromolekule (proteini), dok se na membrani zadržavaju veće makromolekule, čestice i mikroorganizmi koji su veći od 0,1  $\mu\text{m}$ . Mehanizam zadržavanja čestica je na principu sita. Kao i kod ultrafiltracije, molekule koje se zadržavaju na membrani imaju veliku molekularnu masu pa je njihov osmotski tlak zanemariv i nije potrebno primijeniti visoki tlak za savladavanje osmotskog tlaka. Ultrafiltracija i mikrofiltracija se razlikuju po veličini pora membrane, visini radnog tlaka, veličini čestica koje se zadržavaju na membrani i protoka permeata.

Mikrofiltracija se koristi za separaciju čestica većih od 0,1  $\mu\text{m}$ , koloida, suspenzija i emulzija, za hladnu sterilizaciju i bistrenje pića i napitaka (voćni sokovi, vino, pivo) i farmaceutskih preparata, za uklanjanje mikroorganizama iz vode i ostalih medija što je vrlo važno u biotehnologiji [12].

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj rada bio je prikazati i objasniti međusobnu povezanost između vode, mikroorganizama i njihovog utjecaja na zdravlje. Uz navedeno, naveli su se i opisali mikroorganizmi te hidrične bolesti koje oni prenose na ljude i životinje. Navedeni mikroorganizmi propisani su Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju. To su: enterovirusi, a od bakterija: *Escherichia coli*, enterokoki, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa*, uz dodatak potencijalno opasno i na nekim našim područjima (Sisačko-Moslavačka, Splitsko-dalmatinska, Ličko-senjska, Šibensko-kninska, Bjelovarsko-bilogorska i Zadarska županija) prisutnog *Bacillus anthracis-a*. Ovi mikroorganizmi uzrokuju hidrične bolesti koje su iznimno teške i opasne po život ljudi i životinja. Upravo zbog toga je vrlo važno pravilno obraditi vodu koja je namijenjena za piće, ali i za druge namjene poput pripreme hrane, održavanja higijene, navodnjavanja i slično. Posebnu pažnju potrebno je obratiti na kretanje spomenutih mikroorganizama od izvora infekcije/zaraze do mjesta ulaska u organizam čovjeka, odnosno životinje. O tome ovisi jačina i intenzitet potencijalne zaraze tj. epidemije. Pravovremena i pravilna intervencija može spriječiti i/ili sačuvati zdravlje ljudi i životinja. Čovjek, kao i životinje, mogu biti produktivni i dati najviše od sebe ako su zdravi.

Voda, kao medij prijenosa mikroorganizama uzročnika bolesti ljudi i životinja izuzetno je bitna i aktualna tema zbog svakodnevnog povećanja količine onečišćenih voda, odnosno manjka zdravstveno ispravne vode za piće koja mora zadovoljiti sve tražene zahtjeve za kakvoćom. Upravo zbog toga voda se treba posebnim metodama dezinficirati kako bi bila ispravna za korištenje. Navedeno samo po sebi iziskuje pronalazak novih postupaka dezinfekcije u svrhu povećanja kakvoće vode za piće odnosno odstranjenja štetnih bakterija i mikroorganizama, koji su opisani u ovom radu. Voda je najvažniji i najkorišteniji prirodni resurs na Zemlji, stoga je njezina zdravstvena ispravnost neophodna.

## 7. LITERATURA

[1] Loborec J. Sanitarni problemi okoliša – predavanja. Geotehnički fakultet Varaždin; ak. god. 2015./2016.

[2] Olsavszky V. *WHO – Svjetska zdravstvena organizacija*. Dostupno na: [http://ba.one.un.org/content/unct/bosnia\\_and\\_herzegovina/bs/home/un-agencies/who.html](http://ba.one.un.org/content/unct/bosnia_and_herzegovina/bs/home/un-agencies/who.html) Datum pristupa: 28.05.2017.

[3] Šimić I. *Uređenje voda*. 1.izd. Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada; 2013.

[4] *Pravilnik o parametrima sukladnosti metodama analize vode za ljudsku potrošnju*. Narodne novine. 2013. Broj [11.10.2013.] Dostupno na: [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013\\_10\\_125\\_2694.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_10_125_2694.html). Datum pristupa: 05.05.2017.

[5] Volner Z., Batinić D. *Opća medicinska mikrobiologija i imunologija*. Zagreb: Školska knjiga; 2005.

[6] Brozović D., Kovačec A., Ravlić S. *Leksikografski zavod Miroslava Krlež*e. Enciklopedija. Dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=18029>). Datum pristupa: 06.05.2017.

[7] Marinculić A., Habrun B., Barbić Lj., Beck R. *Biološke opasnosti u hrani*. Osijek: Hrvatska agencija za hranu; 2009.

[8] *Bakterije u vodi za piće – bakteriološka zagađenja*. Dostupno na: <http://www.hydrolux.info/english/06%20problemi/bakterije-u-vodi.html>. Datum pristupa: 06.05.2017.

[9] MSD priručnik dijagnostike i terapije, *Pseudomonasne i srodne infekcije*. Dostupno na: <http://www.msd-prirucnici.placebo.hr/msd-prirucnik/infektologija/gram-negativni-bacili/pseudomonasne-i-srodne-infekcije> Datum pristupa: 09.05.2017.

[10] Cvetnić Ž. *Bakterijske i gljivične zoonoze*. Zagreb: Medicinska naklada; 2013.

[11] Zakon o veterinarstvu, *Naredba o mjerama zaštite životinja od zaraznih i nametničkih bolesti i njihovom financiranju u 2017. godini*. Narodne novine, 2013. Broj 82 i 148. Dostupno na: <http://www.propisi.hr/print.php?id=14167>. Datum pristupa: 29.05.2017.

[12] Sonja P. *Prisutnost i uklanjanje mikroorganizama u vodama različitog podrijetla*. Završni rad. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Prehrambeno – tehnološki fakultet. 2014. Dostupno na: <https://repositorij.ptfos.hr/islandora/object/ptfos%3A58/datastream/PDF/view> Datum pristupa: 20.05.2017.

## 8. POPIS SLIKA

Slika 1. Građa virusa.

Slika.2. Kolonije *Echerichia coli* na hranjivoj podlozi u Petrijevoj zdjelici.

Slika 3. Prikaz kuglastih bakterija enterokoka.

Slika 4. Prikaz štapíaste bakterije *Clostridium perfringes*.

Slika 5. Prikaz kolonije bakterija *Pseudomonas aeruginosa*.

Slika 6. Prikaz bakterije *Bacillus anthracis*.

## **9. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Obavezni parametri ispitivanja u redovitom monitoringu