Prisutnost i uklanjanje mikroorganizama u vodama različitog podrijetla

Pejić, Sonja

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:732821

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

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

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Sonja Pejić

Prisutnost i uklanjanje mikroorganizama u vodama različitog podrijetla

završni rad

Osijek, 2014.

SVEUČILIŠTE J. J. STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Završni rad

Prisutnost i uklanjanje mikroorganizama u vodama različitog podrijetla

Nastavni predmet
Opća mikrobiologija
Predmetni nastavnik: dr. sc. Lidija Lenart

Studentica: Sonja Pejić (MB: 3362/10)

Mentor: dr. sc. Lidija Lenart

Predano (datum):

Pregledano (datum):

Ocjena: **Potpis mentora:**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Preddiplomski studij Prehrambene tehnologije

Sonja Pejić

Prisutnost i uklanjanje mikroorganizama u vodama različitog podrijetla

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr. sc. Lidija Lenart

Osijek, listopad 2014.

Prisutnost i uklanjanje mikroorganizama u vodama različitog podrijetla

Sažetak

Voda je neprocjenjiv prirodni resurs te važno strateško i gospodarsko pitanje u svijetu. Povoljna je okolina za život i razvoj mikroorganizama. Mikrobiološki onečišćivači vode mogu biti brojne bakterije, virusi, protozoe i drugi, koji ne moraju nužno biti opasni za zdravlje. Oni mikroorganizmi koji mogu uzrokovati bolesti su patogeni mikroorganizmi. *Mycobabterium tuberculosis* izaziva tuberkulozu, *Vibrio cholearae* uzročnik kolere, *Poliovirus* uzročnik paralize i meningitisa te mnogi drugi. Većina bolesti prenosi se fekalnooralnim putem, odnosno konzumacijom vode, no neke od njih se prenose udisanjem vodenog aerosola (tuširanje, prskanje). Mikroorganizmi koji se nalaze u vrlo niskim koncentracijama detektiraju se pomoću indikatorskih bakterija, koje su primarno nepatogene i nalaze se u probavnom traktu ljudi i životinja. Jedna od najpoznatiji indikatorskih mikroorganizama je *E. Coli*, koja spada u grupu ukupnih koliforma kao indikatora fekalnog zagađenja voda. Vodu javnih vodoopskrbnih sustava, prirodnu izvorsku, prirodnu mineralnu vodu te stolnu vodu koristimo za piće. Voda za piće je zakonski regulirana Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/2013), Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013) i Pravilnikom o prirodnim mineralnim, prirodnim izvorskim i stolnim vodama (NN 81/2013). Voda za piće je bez boje, mirisa i okusa te mora ispunjavati zahtijeve za zdravstvenom ispravnošću. Otpadne vode nastaju postupcima čovjekovih djelatnosti. Svojstva otpadnih voda razlikuju se prema porijeklu, pa se mogu svrstati u kućanske, industrijske i poljoprivredne otpadne vode. Smanjenje zaliha vode za piće je bitan problem današnjice. Glavi razlozi su nagli porast potrošnje vode zbog velikog rasta populacije ljudi te povećanje zagađenosti vode. Na raspolaganju je sve manje postupaka koji onečišćenu vodu mogu dovesti do kvalitetne vode za piće. U svrhu odstranjivanja mikroorganizama iz voda koriste se membranski postupci (reverzna osmoza, nanofiltracija, ultrafiltracija i mikrofiltracija) koji zamjenjuju dodavanje štetnih kemikalija u vodu što je slučaj kod dezinfekcije vode. Dezinfekcija vode se provodi s ciljem uništavanja patogenih mikroorganizama vode, različitim kemijskim (elementarni klor, sredstva na bazi klora, ozon, srebro i jod) i fiziklanim postupcima (UV-zračenje, ultrazvuk i toplina).

Ključne riječi: voda, mikroorganizmi, dezinfekcija, membranski procesi.

The presence and removal of microorganisms in waters of different origins

Summary

Water is an invaluable natural resource and an important strategic and economic issue in the world. Water is favorable setting for the life and growth of microorganisms . Microbiological water contaminants may be a number of bacteria, viruses , protozoa and others who do not necessarily have to be hazardous to health.These micro-organisms that can cause disease are pathogenic microorganisms . *Mycobacterium tuberculosis* causes tuberculosis, pathogen *Vibrio cholerae* causes cholera, *poliovirus* cause paralysis and meningitis and many others. Most diseases transmitted through fecal-oral drinking of water , but some of them are transmitted by inhaling water aerosol (showering, spraying). Microorganisms that are found in very low concentrations are detectable using indicator bacteria , which are primarily non-pathogenic and can be found in the intestinal tract of humans and animals . One of the best known indicator microorganism is *E. coli* , which belongs to the group of total coli forms as an indicator of fecal contamination of water . Water from public water supply systems , natural spring , natural mineral water and table water are used for drinking. Drinking water is legally regulated by the Law of water for human consumption (NN 56/2013) , the Regulations on the parameters of assessment and methods for the analysis of water for human consumption (NN125/2013) and the Ordinance on natural mineral, natural spring and table waters (NN 81 /2013). Drinking water is colorless, odorless and tasteless and must meet health requirements for the safety of consumption. Wastewater is generated by processes of diferent human activity. Characteristics of wastewater vary according to their origin and could be classified as domestic, industrial and agricultural wastewater. Decrease in inventories of drinking water is an important issue today. Head causes for a sudden increase in water consumption is due to the large growth of population and increased water pollution .Today there is a lack of operations that can turn contaminated water into quality drinking water . In order to remove microorganisms from water different membrane processes are used (reverse osmosis , nanofiltration , ultrafiltration and microfiltration) which replace the addition of harmful chemicals into the water as is the case for water disinfection . Disinfection of water is carried out with aim to destroy pathogenic water microorganisms by various chemical (elemental clorine,chlorine-based agents , ozone, silver and iodine) and physical methods (UV-radiation , ultrasound and heat treating).

Keywords: water, microorganisms, disinfection, membrane processes.

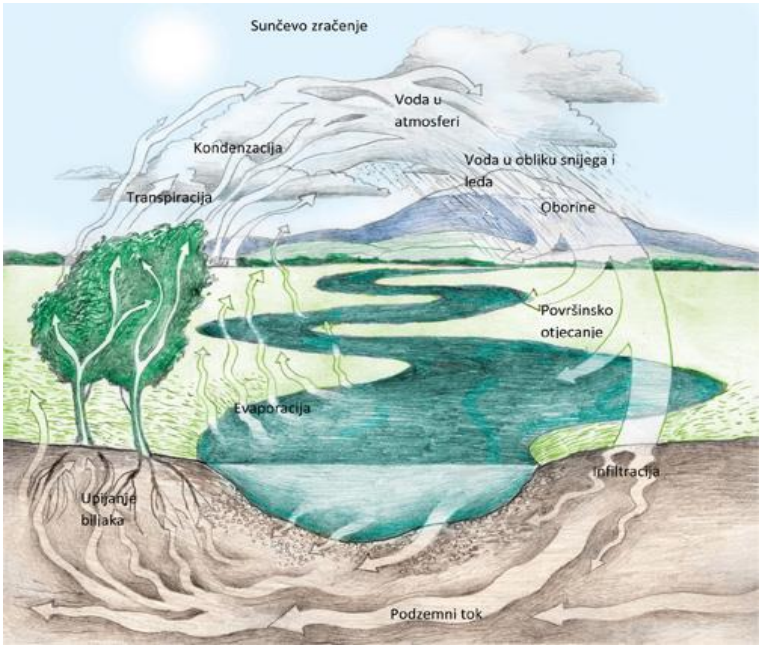
Sadržaj

1.UVOD 1
2. GLAVNI DIO 4
2.1. Mikrobiologija voda 5
2.1.1. Mikroorganizmi u vodi 6
2.1.2. Kontaminacija voda 7
2.1.2.1. Bakterije 8
2.1.2.2. Virusi 10
2.1.2.3. Protozoe 12
2.1.2.4. Alge 13
2.1.2.5. Gljive 14
2.1.3. Indikatorski mikroorganizmi i hidrične bolesti 14
2.2. Voda za piće 17
2.2.1. Javni vodoopskrbni sustavi 17
2.2.2. Prirodne mineralne vode 18
2.2.3. Prirodne izvorske vode 18
2.2.4. Stolna voda 18
2.3. Otpadne vode 19
2.3.1. Kućanske otpadne vode 19
2.3.2. Industrijske otpadne vode 20
2.3.3. Oborinske vode 20
2.4. Postupci uklanjanja mirkoorganizama iz voda za piće i otpadnih voda 21
2.4.1.Dezinfekcija 22
2.4.1.1. Dezinfekcija klorom i sredstvima na bazi klora 23
2.4.1.2. Dezinfekcija ozonom 24
2.4.1.3. Dezinfekcija srebrom i jodom 25
2.4.1.4. Dezinfekcija UV-zračenjem, toplinom i ultrazvukom 25
2.4.2. Membranski procesi – membranska dezinfekcija 26
2.4.2.1. Reverzna osmoza 28
2.4.2.2. Nanofiltracija 28
2.4.2.3. Ultrafiltracija 29
2.4.2.4. Mikrofiltracija 30
3.LITERATURA 31

1.UVOD

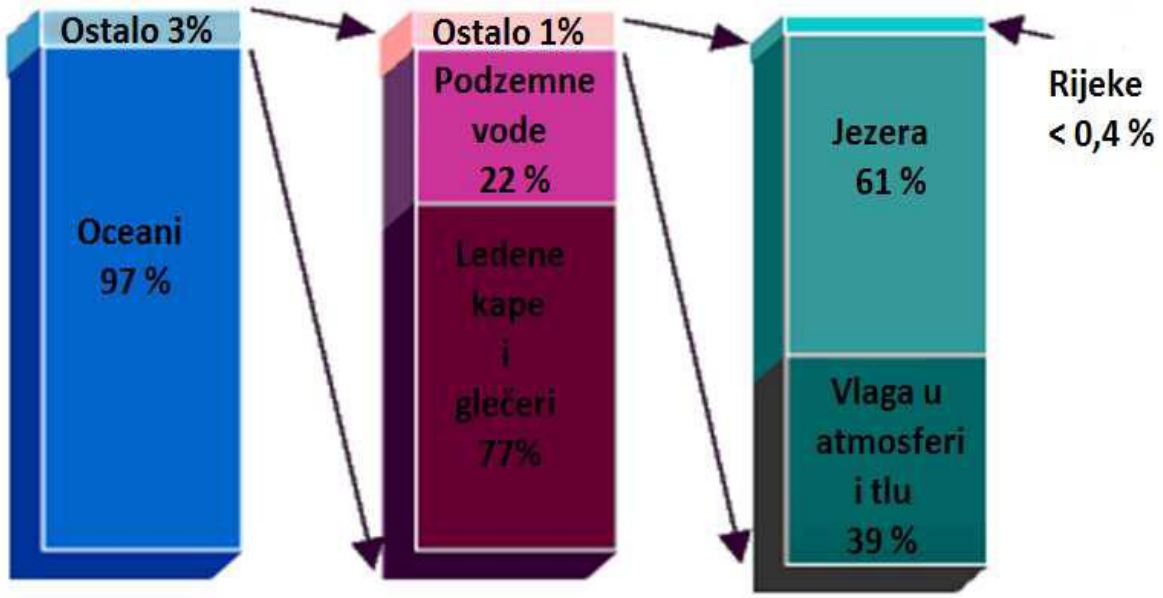
Na Zemlji se nalazi oko 1,4 milijarde km^3 vode, od kojih je tek oko 0,8% od ukupne količine dostupno za ljudsku uporabu. Od ukupnih zaliha vode na zemlji 97,5% otpada na slanu vodu, a 2,5% na slatke vode u koje spadaju rijeke i jezera (< 1%), podzemne vode 30%, te 69,9% je zamrznuto na polovima.

Budući da je nazvan ciklusom vode, taj se ciklus neprekidno odvija između zraka, zemlje i mora te između različitih oblika života i njegova okoliša. Osim toga, voda ima izuzetnu ulogu u okolišu. Ciklus vode uključuje isparavanje, tvorbu oblaka, otjecanje po površini i protjecanje kroz tlo. Ispravanje vode osigurava znatnu količinu vodene pare koja tvori oblake. Naknadna vlaga u atmosferi rezultat je procesa koji se odvija u biljkama, a naziva se *transpiracija*, kojom se vodena para oslobađa. To je ona voda što ju je biljka korijenjem izvukla iz zemlje. U karakterističnim atmosferskim uvjetima oslobađaju oblaci svoju vodu kao oborine u obliku kiše, snijega ili tuče. Velik dio tih voda prodre u tlo i filtrira se ili se cijedi (perkolira) kroz zemlju i pijesak te ulazi u podzemnu vodu. Ta podzemna voda, koja predstavlja jedan od dva glavna izvora vode, u pravilu je izvanredne kakvoće. Iako može sadržavati veliku količinu otopljenih minerala, pa je stoga obojena i mutna, ona sadrži vrlo mali broj živih mikroorganizama. Podzemna voda sadrži općenito najmanji broj mikoorganizama. Površinske vode, kao drugi glavni izvor vode, sadrže često velik broj mikoorganizama. One dolaze iz rijeka, jezera, ribnjaka i površinskih izvora (Duraković, 1996.).



Slika 1. Hidrološki ciklus

Voda je multifunkcionalni resurs. Ona je životni prostor za biljke i životinje, transportni medij, izvor i prenositelj energije, prijemnik i otpremnik nečistoća, sredstvo koje grije, hladi, pere, otapa, razrjeđuje, sredstvo za industrijsku i poljoprivrednu proizvodnju, prirodno i gospodarsko dobro i osnovni čimbenik gospodarskog i kulturnog razvoja. Čista voda jedinstven i neprocjenjiv je prirodni resurs, važno strateško i gospodarsko pitanje u svijetu. Zalihe vode za piće smanjuju se zbog povećanja zagađenosti vode, rasta potrošnje vode odnosno rasta populacije. Zbog čega su se razvili različiti postupci za pročišćavanje otpadne vode u svrhu dobivanja vode koja je pogodna za ljudsku uporabu. Za piće, pranje, navodnjavanje u poljoprivredi, industriji i za ostale potrebe (sport i rekreacija) (Habuda-Stanić i sur. 2007.).



Slika 2. Zalihe vode na Zemlji

2. GLAVNI DIO

2.1. Mikrobiologija voda

Voda je idealno mjesto za razvoj različitih mikroorganizama. Najčešći su aerobni mikroorganizmi, zatim fekalni mikroorganizmi od kojih su pojedini patogeni mikroorganizmi (virusi, bakterije, plijesni, protozoe..).

Neki mikroorganizmi sudjeluju u odvijanju biogeokemijskih ciklusa, a ostali su zanimljivi i važni zbog rasta u otpadnim vodama pa stoga predstavljaju potencijalne opasnosti po sigurnost zaliha vode. Ekološki rezervoari uzročnika infekcijskih bolesti ljudi uključuju tlo, spremnike vode, kanalizaciju i neke namirnice. Tisuće ostalih tvari koje se upotrebljavaju ili proizvode u ljudskom društvu uključene su u različite organizme, koji u vodi žive, prirodnim načinom, u industrijskim procesima i procesima u domaćinstvu. Mikrobna populacija u vodenom okolišu ovisi o različitim fizičkim i kemijskim faktorima, uključujući hidrostatski tlak, svjetlo, pH, koncentraciju soli i temperaturu. Različiti mikoorganizmi prirodna su osnova u slatkim i slanim vodama. Ostali ulaze u te vode iz prirodnih izvora, kao što su zrak, zemlja ili iz industrijskih procesa i domaćinstvu (Duraković, 1996.).

Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013) dani su mikrobiološki parametri zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju. Određuju se samo ako je voda za piće po porijeklu površinska voda, te u uzorcima vode uzetim na mjestu potrošnje. Određuju se jednom godišnje tijekom monitoringa, a po potrebi i naputku nadležne epidemiološke službe i češće (Habuda-Stanić i sur. 2007.).

Tablica 1. Mikrobiološki parametri zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju u trenutku punjenja u boce ili drugu ambalažu, koja se stavlja na tržište u bocama ili drugoj ambalaži

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

2.1.1. Mikroorganizmi u vodi

Mikroorganizmi (virusi, bakterije, plijesni, kvasci, alge, praživotinje) su jednostanični i višestanični organizmi koji se nalaze u svim otpadnim vodama. Za procese pročišćavanja otpadnih voda od naročitog su značenja sljedeće dvije skupine mikroorganizama. Mikroorganizmi razlagači (saprofagni mikroorganizmi) i mikroorganizmi iz probavnog trakta ljudi i životinja (fekalni mikroorganizmi).

Mikroorganizmi razlagači biološki razgrađuju organsku tvar do anorganske, troše otopljeni kisik, pa se može pojaviti neželjeni manjak (deficit) kisika, odnosno anaerobno stanje. Prema optimalnoj temperaturi, za razvoj, saprofagni mikroorganizmi se dijele na kriofilne (psikrofilne) s optimalnom temperaturom od 0 do 5 °C, mezofilne s optimalnom temperaturom od 20 do 40 °C i termofilne s optimalnom temperaturom > 40°C (najbolje 55 do 60 °C).

Mikroorganizmi iz probavnog trakta ljudi i životinja su temeljni pokazatelji kućanskih otpadnih voda ali ih ima i u industrijskim otpadnim vodama. Među ovom skupinom mikroorganizama su posebno značajni patogeni mikroorganizmi koji mogu biti uzročnici oboljenja (tifusa, paratifusa, hepatitisa, poliomijelitisa, kolere, tuberkuloze, dizenterije). Bolesti se mogu prenijeti kupanjem u nečistoj vodi (zbog dodira s kožom ili zbog gutanja vode) i naročito konzumiranjem proizvoda iz vode (npr. školjki koje se jedu sirove). Kao indikator zagađenja ovim mikroorganizmima obično služe bakterije normalne crijevne flore ljudi i životinja – koliformne bakterije, određene kao najvjerojatniji broj bakterija (NBB). Kad fekalni mikrooganizmi dospiju u prijemnik (okoliš) s drugačijim uvjetima za život (temperatura, koncentracija vodikovih iona, ultraljubičasto zračenje) postepeno isčezavaju. Vrijeme isčezavanja nije jednako za sve mikroorganizme, a prvenstveno ovisi o sadržaju otopljenih (hranjivih) soli u vodi (Habuda-Stanić i sur. 2007.).

Mikrobna flora slatkih voda

Mikrobna populacija slatkih voda naginje što djelotvornijem iskorištenju kisika i svjetlosti. U velikom je broju metabolizamskih putova mikroorganizmima svjetlost iznimno važna, jer su, primjerice, fotosintetičke alge važan izvor organske tvari, stoga i energije u jezerima. Ti su organizmi primarni producenti u jezeru, a primarna je produkcija temelj za populacije bakterija, protozoa, riba i svega ostalog života u vodi. U djelovima slatkih voda daleko od obale s dostatnom količinom kisika prevladavaju bakterije iz roda *Pseudomonas* i vrste *Cytophaga*, *Caulobacter* i *Hyphomicrobium*. Mikroorganizmi koji rastu u stajaćoj vodi brzo potroše u njoj otopljeni kisik. Zbog anaerobnog djelovanja mikroorganizama stvara se miris po H_2S i organskim kiselinama. Gibanje vodene mase povisuje razinu otopljenog kisika, povećava kvalitetu vode i razgradnju kontaminanata. Dublje vode sadrže malu količinu kisika

i do njih dopire mala količina svjetlosti. Rast algi u blizini površine često filtrira svjetlost, pa ona nije iskoristiva za fotosintetičke mikroorganizme koji obitavaju u dubljim zonama (grimizne i zelene sumporne bakterije) (Duraković, 1996.).

Mikrobna flora u morskoj vodi

Otvoreni ocean ima relativno visok osmotski tlak, nisku razinu nutrijenata i hladne velike dubine. Za rast najvećeg broja mikroorganizama, pH vrijednost oceanske vode viša je od optimalne. Velik broj mikroskopskih oblika života u oceanu sastoji se od fotosintetskih diatomeja i ostalih algi. Ti organizmi tvore morsku fitoplanktonsku zajednicu, koja je osnova hanidbenog lanca u moru. Oceanske bakterije koriste uginuli fitoplankton, a nastanjuju i žive organizme (Duraković, 1996.).

2.1.2. Kontaminacija voda

Tipovi kontaminacije vode:

- *Fizička kontaminacija* vode pojavljuje se kada se pijesak i zemlja u njoj suspendiraju i zamućuju je. U takvu kontaminaciju može biti uključena i živa tvar, kao što je primjerice „cvjetanje“ algi i cijanobakterija tijekom ljeta. U kombinaciji povišene temperature i nutrijenata, primjerice fosfata ili nitrata, zbiva se eksplozija rasta tih mikroorganizama.
- *Kemijska kontaminacija* rezultat je ulaska anorganskih i organskih kontaminanata u vodu. Primjerice, voda prelazi preko rude koja sadrži velike količine željeza ili bakra. Od ostalih kemijskih kontaminanata u vodi važno je spomenuti fosfate i nitrate iz detergenata praonica rublja, a i kiseline, kao što je primjerice sumporna kiselina. Još jedan od primjera kemijske kontaminacije su nuklearne elektrane koje ispuštaju radioaktivne otpadne vode, a medicinske institucije i tvornice također mogu u vodu ispuštati za ljude opasne kemijske tvari.
- *Ekološka kontaminacija* nastaje od mikroorganizama koji u vodu dolaze iz ljudskog fecesa, prerade hrane, mesne industrije, medicinskih institucija i sličnih izvora. U normalnim uvjetima voda može razgraditi biološki materijal, budući da heterotrofni mikroorganizmi razgrađuju organsku tvar do CO_2, vode i iskoristivih iona (fosfati, nitrati i sulfati). U brzom protoku vode aeracija je stalna, a otpadne se tvari brzo razgrađuju i uklanjaju. Kada, međutim, voda miruje ili prelazi preko otpadnih tvari, ona ne može razgraditi biološki materijal, pa se ubrzo pretvara u kontaminiranu vodu (Duraković, 1996.).

2.1.2.1. Bakterije

Neke od bakterija prisutnih u vodi su *Salmonella* koje ima preko 2200 serotipova te su svi patogeni za čovjeka. Izaziva gastrointestinalni poremećaj od kojeg oboli oko 0,1% populacije, većinom putem hrane. Prijenos *Salmonelle Typhimurium* je povezana s potrošnjom zagađene podzemne i površinske vode. *Salmonella spp.* je relativno osjetljiva na dezinfekciju. *Escherichia coli* je pouzdan pokazatelj prisutnosti *Salmonella spp.*

Acinetobacter spp. gram-negativni, nepokretni *coccobacilli* (kratki splasnuti štapići). Sveprisutni stanovnik tla, vode i kanalizacije. *Acinetobacter* je izoliran iz 97% uzoraka prirodne površinske vode u količini do 100 g/ml. Oportunistički je patogen koji može izazvati infekcije mokraćnog sustava, upalu pluća, bakterijemiju, sekundarni meningitis i infekcije rana.

Aeromonas spp. su gram-negativni, nesporogeni, fakultativno anaerobni bacili koji pripadaju obitelji *Vibrionaceae.* Vrlo su slični s *Escherichia coli.* Ove bakterije su normalni stanovnici svježih voda i tla. *Aeromonas spp*. može izazvati infekcije kod ljudi, uključujući septikemije, osobito u imunokompromitiranih bolesnika, infekcije rana i infekcije dišnih puteva. *Aeromonas spp.* općenito se lako nalazi u većini slatkih voda. Postupkom dezinfekcije se uspiješno uklanja iz vode.

Bacillus spp. su veliki (4-10 mm), gram-pozitivni, strogo aerobni ili fakultativno anaerobni inkapsulirani bacili. Oni imaju važnu ulogu u proizvodnji spora koje su iznimno otporne na nepovoljne uvjete*. Bacillus spp*. se svrstavaju u podskupine *B. polymyxa, B. subtilis* (što uključuje *B. cereus i B. licheniformis*), *B. brevis i B. anthracis* (World Health Organisation 2004.). Iako većina *Bacillus spp*. su bezopasne, neke su patogeni za ljude i životinje. *Bacillus cereus* izaziva trovanje hranom. Poznato je da *Bacillus cereus* uzrokuju bakterijemiju kod imunokompromitiranih bolesnika, popraćeno simptomima kao što su povraćanje i proljev. *Bacillus anthracis* uzročnici su antraksa kod ljudi i životinja.

Kod nedovoljno dezinficiranih izvora prisutna je *Shigella spp.. Shigella* može uzrokovati ozbiljne crijevne bolesti, uključujući bakterijske dizenterije. Njezina prisutnost u vodi za piće pokazuje da je došlo do onečišćenja vode ljudskim fekalijama (World Health Organisation 2004.)

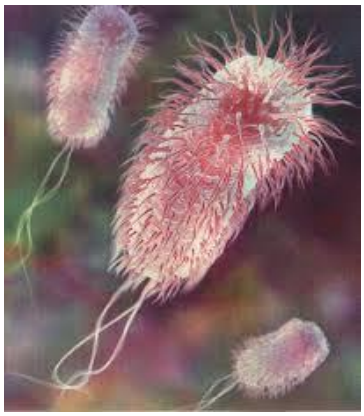
Legionela ima 25 podvrsta koje uzrokuju plućnu tzv. Legionarsku bolest sa 15% smrtnosti. Prenosi se udisanjem aerosola kontaminiranog mikroorganizmom, tuširanjem, korištenjem hidromasažnih kada. Učestali je stanovnik tornjeva za hlađenje vode, sustava za toplu vodu te lječilišta (toplica).

Escherichia coli je prisutna u velikom broju u normalnoj crijevnoj flori kod ljudi i životinja, gdje u pravilu ne uzrokuje nikakvu štetu. Međutim, u drugim dijelovima tijela*, Escherichia coli* može uzrokovati ozbiljne bolesti, kao što su infekcije mokraćnog sustava, bakterijemiju i meningitis. Indikator je nedavnog fekalnog zagađenja vode, značajno se smanjuje broj epidemija *E. coli* nakon primjene dezinfekcijskih metoda (World Health Organisation 2004.).

Vibrio cholerae je uzročnik kolere (jaki proljevi, mučnine, povraćanje, dehidratacija), ukoliko se ne liječi nastupa smrt nakon par sati. Zabilježene su epidemije nakon konzumacije ribe ili školjaka iz kontaminiranih voda.

Helicobacter pylori, izvorno klasificirana kao *Campylobacter pylori* je gram-negativna, spiralna, pokretna bakterija. Postoji najmanje 14 vrsta *Helicobacter*, ali samo *Helicobacter pylori* je identificiran kao ljudski patogen. *Helicobacter pylori* se nalazi u želucu čovjeka (World Health Organisation 2004.).

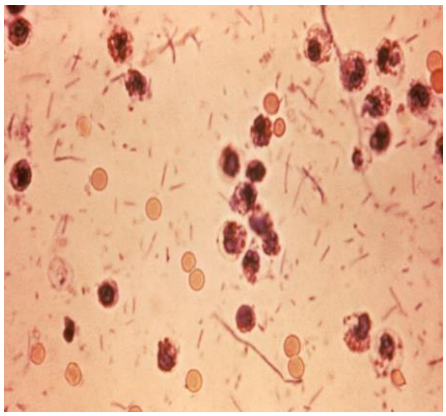
Uzročnik je želučanih "čireva", gastritisa i karcinoma probavnog trakta. Oko 50% svjetske populacije je inficirano njome. Infekcije su češće u zemljama u razvoju, a povezane su s prenapučenim životnim uvjetima (World Health Organisation 2004.).



Slika 3*. E. coli*



Slika 4. *Helicobacter pylori*



Slika 5. *Shigella spp.*

2.1.2.2. Virusi

Osim za bakterije voda je pogodno okruženje i za infektivne mikroorganizme, viruse. Veličine od 0,02 do 0,03 mikrometara. Virusi se pojavljuju u površinskim i podzemnim vodama. Najuobičajeniji su *Hepatitis A, Rotavirus, Enterovirusi*, *Adenovirus*i, itd... Virusi povezani s vodenim prijenosom su uglavnom oni koji mogu zaraziti gastrointestinalni trakt i izlučuju se izmetom zaraženih ljudi (enterički virusi). Viruse iz vode je moguće ukloniti primjenom klasičnih metoda obrade vode. Koagulacija – flokulacija – filtracija.

Rod *Norovirus* i *Sapovirus*. Danas je poznato pet osnovnih genetskih skupina unutar roda *Norovirus*, čiji se aminokiselinski sastav kapsidnog proteina VP1 može razlikovati međusobno i do 40%. U odraslih je ljudi u Europi i Australiji te u SAD preko 96% svih nebakterijskih gastroenteritisa uzrokovano infekcijom norovirusima. Infekcija norovirusima u ljudi najčešće nastaje nakon unosa kontaminirane hrane i vode. Najučestaliji dokazani izvori infekcije su kontaminirane školjke. Za razvoj znakova bolesti u pravilu su potrebne vrlo niske doze virusa (dovoljno je 10 do 100 virusnih čestica), a imunost nakon infekcije traje najviše do 18 mjeseci. Česte su i inaparentne infekcije pri kojima se virus nesmetano širi u populaciji. Premda su izolati norovirusa osim u ljudi izdvojeni i iz svinja, goveda, miševa i pasa, oni su specifični za domaćina te do danas nije dokazan njihov izravan prijenos sa životinje na čovjeka. Ipak, izolati norovirusa izdvojeni iz svinja genetski su najsrodniji ljudskim izolatima (World Health Organisation 2004.).

Rod *Rotavirus* pripada porodici *Reoviridae* i smatra se glavnim uzročnikom gastroenteritisa u novorođenčadi i djece do treće godine starosti. Epidemiološkim je istraživanjima utvrđeno da su gotovo sva djeca do 5. godine starosti bila u kontaktu s rotavirusima. Međutim, infekcija rotavirusima može imati i dramatične posljedice, naročito u zemalja u razvoju. Procijenjeno je da rotavirusni gastroenteritis godišnje diljem svijeta dovodi i do smrti preko 600 000 djece. Rotavirusi ne sadrže vanjsku ovojnicu, okruglog su oblika i pod elektronskim mikroskopom nalikuju kotaču po čemu je ovaj rod virusa i dobio naziv. Vrlo su otporni u vanjskoj sredini. Na rukama mogu biti infektivni i nekoliko sati, a u kontaminiranoj vodi i tjednima. Molekula RNK rotavirusa je segmentirana i dvolančana te kodira za šest nestrukturnih (NSP1 do NSP6) i šest strukturnih (VP1 do VP6) proteina. Do danas je prepoznato sedam serogrupa rotavirusa (A-G) temeljenih na razlikama u VP6 proteinu. Najučestalija serogrupa izdvojena iz ljudi i životinja je grupa A. Međutim, uzročnici gastroenteritisa u ljudi mogu biti i izolati serogrupa B i C (World Health Organisation 2004.).

Virusi roda *Enterovirus* su pripadnici porodice *Picornaviridae* u koju su još svrstani rodovi *Aphthovirus, Avihepatovitirus, Cardiovirus, Erbovirus, Hepatovirus, Parechovirus, Sapelovirus, Senecacirus, Teschovirus, Tremovirus* i *Kobuvirus*. Osim enterovirusa, i virusi

pripadnici nekih drugih rodova porodice *Picornaviridae* mogu uzrokovati gastroenteritis u ljudi (World Health Organisation 2004.).

Unutar roda *Enterovirus* svrstane su četiri osnovne podskupine: *Poliovirus, Coxackievirus A i B, Echovirus* i podskupina ostali *Enterovirusi,* čiji pripadnici mogu biti uzročnicima gastroenteritisa, pogotovo u djece, ali i težih kliničkih infekcija poput aseptičnog meningitisa, encefalitisa, neonatalne septikemije i paralize. *Enterovirusi* sadrže jednolančanu molekulu RNK, koja kodira za poliprotein koji se potom cijepa na strukturne i nestrukturne proteine virusa (World Health Organisation 2004.). Nemaju ovojnice, ikozaedralnog su oblika, izgrađeni od 60 podjedinica, od kojih svaka sadrži pet protomera. Svaki se protomer sastoji od četiri virusna proteina. *Enterovirusi* se šire fekalno-oralnim putem te nakon primarne replikacije u tonzilama dospijevaju do želudca i crijeva gdje se umnožavaju. Postoji i mogućnost njihova prijenosa putem aerosola. Način unosa enterovirusa u ljudski organizam može utjecati i na daljnji razvoj te intenzitet znakova bolesti. U vanjskoj su sredini vrlo otporni i do infekcije najčešće dolazi unosom kontaminiranog voća i povrća, ali i namirnica životinjskog podrijetla te školjaka kontaminiranih voda. *Enterovirusi* su najrašireniji od svih danas poznatih virusa. Oni su i uzročnici klinički vidljivih infekcija u životinja. *Enterovirusi* su i danas značajan javno-zdravstveni problem, ne samo zbog gastroenteritisa do kojeg dovode već i zbog težih oblika bolesti koje mogu prouzročiti (World Health Organisation 2004.).

Rod *Kobuviruse* iz porodice *Picornaviridae* sačinjavaju dvije podskupine RNK virusa, *Aichi* virus i kobuvirus goveda. Kobuvirus izdvojen iz svinja predstavlja kandidata za treću podskupinu unutar ovog roda. Svi se kobuvirusi ponajprije repliciraju u epitelnim stanicama probavnog sustava dovodeći time do gastroenteritisa. Međutim, znakovi infekcije mogu u cijelosti i izostati. Premda se smatralo da kobuvirusi ne ulaze u krv, novija istraživanja potvrđuju nalaz virusa i u krvi inficiranih svinja. Širenje i prijenos kobuvirusa nisu do danas u cijelosti razjašnjeni. Potvrđen je fekalno-oralni prijenos u ljudi, tj. unos kontaminiranom hranom, pogotovo školjkama iz kontaminiranih voda, ali ostaju otvorena pitanja o širenju infekcije kolostrumom, izravno sa životinja na ljude pa i putem krvi (World Health Organisation 2004.).

Virusi uzročnici hepatitisa A i hepatitisa E. Hepatitis A je prepoznat kao jedan od najučestalijih uzročnika gastroenteritisa. Premda su oba virusa pripadnici različitih porodica, te se razlikuju po replikativnim, morfološkim i biološkim svojstvima, znakovi infekcije, kao i načini širenja su vrlo srodni.

Virus hepatitisa A je jedini pripadnik roda *Hepacivirus* porodice *Picornaviridae.* Postoji jedinstven serotip za sve poznate izolate, premda su izdvojeni genetski različiti izolati, ne samo iz ljudi već i iz drugih primata. Vrlo je otporan u vanjskoj sredini i acidorezistentan.

Osnovna mu je razlika u odnosu na enteroviruse tropizam prema hepatocitima. Prenosi se fekalno-oralnim putem, ali i kontaminiranom hranom i vodom za piće. Učestala je pojava infekcije povezana s nehigijenskim rukovanjem prehrambenih namirnicama od strane inficiranih ljudi ili školjkama iz kontaminirane vode (World Health Organisation 2004.).

Uzročnik hepatitisa E je RNK virus, koji pripada rodu *Hepevirus*, porodici *Hepeviridae*. Pojava hepatitisa uzrokovanog hepatitis E virusom je naročito proširena u državama u razvoju gdje se javlja endemski, a do njegovog naglog širenja najčešće dolazi fekalno-oralnim prijenosom i to ponajprije kontaminiranom vodom za piće (World Health Organisation 2004.).

Porodicu *Adenoviridae* sačinjavaju DNK virusi svrstani u četiri roda: *Aviadenovirus* (predstavnik je adenovirus peradi A), *Siadenovirus* (predstavnik je adenovirus purana B), *Mastadenovirus* (predstavnik je ljudski adenovirus C i neki virusi izdvojeni iz sisavaca) i *Atadenonovirus* (predstavnik je adenovirus ovaca D).

Adenovirusi su vrlo rašireni virusi simetričnog ikozaedralnog oblika i promjera 60-90 nm. Sadrže nesegmentiranu dvolančanu molekulu DNK. Vrlo su prilagodljivi domaćinskim vrstama, ali i različitim tkivima. *Adenovirusi* su odgovorni za oko 10% od svih gastroenteritisa u djece od drugog mjeseca do dvije godine starosti. Često ih se može izdvojiti iz kanalizacijskog otpada, morske vode i školjaka. Nalaz adenovirusa u školjaka mogao bi biti indikator kontaminiranosti školjaka i drugim rodovima virusa (World Health Organisation 2004.).

Astrovirusi u djece dovode do blažih oblika gastroenteritisa, osim u slučaju koinfekcije s drugim virusima poput rotavirusa i norovirusa kada se klinička slika bolesti često komplicira. Do unosa u ljudski organizam dolazi fekalno-oralnim putem, a moguća je i izravna kontaminacija nakon uzimanja termički neobrađene hrane životinjskog podrijetla. Česti izvor kontaminacije su i kontaminirana voda u bazenima te školjke iz kontaminiranih voda (World Health Organisation 2004.).

2.1.2.3. Protozoe

Protozoe su jednostanični mikroorganizmi koje je moguće ukloniti na istom principu kao i viruse, primjenom klasičnih metoda obrade vode. Koagulacija – flokulacija –filtracija. Neke od protozoa prisutne u vodama su *Giardia lamblia* uzročnik gastrointestinalne bolesti. *Cryptosporidium parvum* koje značajno slabe imunološki sustav što može dovesti do smrti. Te *Cyclospora, Microspora, Toxoplasma* itd.. Pojavljuju se kod površinskih voda zagađenih

otpadnim vodama. Otporne su na kloriranje, ali se uspijevaju ukloniti iz vode postupkom klasične filtracije (Habuda-Stanić, Kalajdžić, Nujić 2007.).

2.1.2.4. Alge

Alge se u određenim uslovima u nekim sredinama javljaju kao toksični organizmi. Svi do sada poznati toksini algi pripadaju grupi endotoksina. To znači da u vodu dospjevaju tek nakon uginuća algi i razaranja njihovih ćelija. U pogledu kemijskog sastava toksini su alkaloidi, ciklički polipeptidi i drugo. Toksini algi se razlikuju i po fiziološkoj aktivnosti, tj. prema tome kako djeluju na druge organizme. U današnje vrijeme sve je veći broj zagađenih voda koje su pogodne za masovno razvijanje nekih mikroskopskih predstavnika algi koji dovode do intoksikacije takve vode. Intoksikaciju slatkovodnih sustava najčešće izazivaju predstavnici roda *Cyanoprocaryota*, a u manjoj mjeri i neki predstavnici roda *Chlorophyta.* Intoksikaciju morskih sustava najčešće izazivaju predstavnici roda *Cryptophyta* i *Dinophyta,* a bočatih voda predstavnici roda *Chrysophyta*. Intoksikacija slatke vode često je bila uzrok masovnog uginuća stoke, riba, vodenih ptica i drugih životinja koje takvu vodu koriste za piće ili u njoj žive. Do sada je dosta dobro proučeno djelovanje vrste iz roda zlatnih algi - *Prymnesium parvum,* koja izaziva pomor riba u ribnjacima, a čiji toksin koji je nazvan primnezin narušava diferencijalnu propustljivost ćelijskih membrana. Među zelenim algama do danas je najbolje proučeno djelovanje toksina predstavnika rodova *Coelastrum* i *Scenedesmus*. Najpoznatije i dobro proučene alge uzročnici toksikacije morskih vodenih sustava su vrste rodova *Gonyaulax i Gymnodinium*. One se najčešće masovno javljaju u vodama tropske i subtropske zone, ali ih ima i na pojedinim mjestima u vodama umjerene zone kao na primjer u priobalnom području Engleske i Kanade. Od toksina tih algi najčešće stradaju morske životinje (ponajviše ribe) i vodene ptice. S obzirom da se mnoge toksične supstance akumuliraju u organizmima životinja, one mogu posredno izazvati trovanje ljudi, ukoliko ljudi kao hranu koriste zatrovane životinje



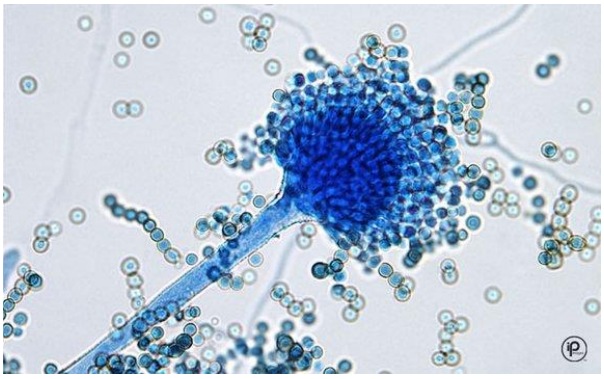
Slika 6. *Prymnesium parvum*



Slika 7. *Scenedesmus*

2.1.2.5. Gljive

Gljivice su jednostanični mikroorganizmi koji negativno utječu na miris i okus vode. Izolirano ih je preko 900 različitih vrsta iz podzemnih voda (*Aspergillus, Penicillium, Cladosporium*..). Samo udisanje uzročnika može dovesti do meningoencefalitisa i upale pluća. Različite vrste gljiva su često prisutne u distribucijskim sustavima pitke vode i vode iz slavine. Od teških gljivičnih infekcija oboljevaju pacijenati s oslabljenim imunološkim sustavom (primjerice od HIV/AIDS-a, kemoterapije i druga stanja). Međutim, posljedice za opću populaciju od gljiva prisutnih u vodi su još uvijek nejasne (Habuda-Stanić i sur. 2007.).



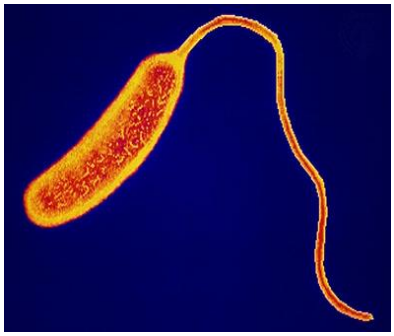
Slika 8. *Aspergillus sp.*

2.1.3. Indikatorski mikroorganizmi i hidrične bolesti

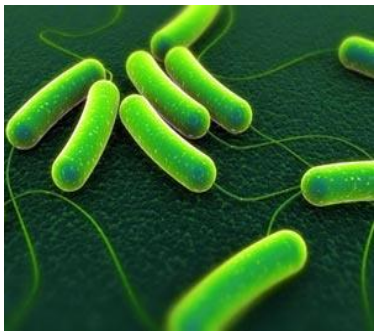
Mnoge patogene bakterije prisutne su u okolišu u niskim koncentracijama, te je njihova detekcija otežana. Stoga se koriste tzv. indikatorske bakterije za detekciju vjerojatne prisutnosti patogenih bakterija. Indikatorske bakterije su primarno nepatogene i prirodno se izlučuju u velikom broju iz ljudskog i životinjskog intestinalnog trakta. Koliformne bakterije su najpodobnija skupina indikatorskih bakterija za ocjenu higijenske kvalitete vode. One su gram-negativne, štapićaste, nesporogene, aerobne ili fakultativno anaerobne, koje imaju sposobnost cijepanja laktoze. Njihovo dokazivanje provodi se primjenom kolimetrije koja se sastoji od 3 testa: prethodni, potvrdni i završni te od IMV i C testa (biokemijski test). Pripremljeni uzorci se nacijepljuju metodom širenja razmaza na četiri različite hranjive podloge: EC-X Gluc agar, Endo agar, Mac Conkey agar i m-Faecal Coliform agar (Biolife, Italija). Svaka hranjiva podloga pripremljena je u jednoj seriji. Nacijepljene podloge su inkubirane u termostatu na 35±0,5 °C kroz 48 h. Nakon inkubacije izbrojane su porasle kolonije koliformnih bakterija, te kolonije *E. coli.* Broj bakterija izražen je kao broj kolonija (CFU) po jednom mL uzorka. Kao pozitivna kontrola u istraživanju je korištena čista kultura *E. coli* DSM . Na osnovu broja ukupnih koliformnih bakterija u uzorku vode, određena je vrsta vode prema Uredbi o klasifikaciji voda Republike Hrvatske (NN 77/98).

Koliformne bakterije su primarno nepatogene bakterije koje normalno obitavaju u donjem intestinalnom traktu (debelom crijevu) čovjeka i toplokrvnih životinja. Štite crijevo od infekcija patogenim bakterijama te osiguravaju pravilnu probavu hrane i sintezu vitamina grupe B (Bitton, 2005.). Koliformne bakterije se izlučuju fekalijama iz organizma, dospijevaju u komunalne otpadne vode, a preko otpadnih voda i u prirodne vode. U jednom gramu ljudskog fecesa nalazi se od 10^6 do 10^9 koliformnih bakterija.

Koncentracija koliformnih bakterija u kućanskim otpadnim vodama kreće se od 10^{11} do 10^{13} u 100 mL otpadne vode (Henze, 2008.). Ukoliko fekalije potječu iz oboljelog čovjeka ili životinje, u njima će biti prisutne i patogene bakterije, koje uzrokuju crijevne infekcije i teška oboljenja, poznata kao hidričke infekcije (prenose se vodom). Od patogenih bakterija mogu biti prisutni uzročnici: kolere (*Vibrio cholerae*), tifusa (*Salmonella typhi*), salmoneloza (*Salmonella sp.),* dizenterije (*Shigella dysenteriae*), gastroenteritisa (*Campylobacter jejuni*) i dr. Mnoge patogene bakterije prisutne su u okolišu u niskim brojčanim vrijednostima te je njihova detekcija teška. Zbog navedenog, koliformne se bakterije koriste u sanitarnoj analizi vode od 1912. godine kao indikatori fekalnog zagađenja i moguće prisutnosti patogenih crijevnih bakterija. Koliformne bakterije su fakultativno anaerobne, gram-negativne, štapićaste, nesporogene bakterije koje fermentiraju laktozu stvarajući kiselinu i plin. Uključuju vrstu *Escherichia coli* i srodne vrste, koje normalno obitavaju u debelom crijevu, kao što su vrste rodova *Citrobacter, Enterobacter i Klebsiella* (Holt, 1994.) Koliformne bakterije se prema otpornosti na temperaturu dijele na ukupne i fekalne koliformne bakterije. Ukupne koliformne bakterije fermentiraju laktozu na 35±0,5 °C kroz 48 h, a fekalne koliformne bakterije na 44,5±0,2 °C kroz 24 h. Smatra se da nalaz termotolerantnih fekalnih koliforma ukazuje sa sigurnošću na svježa fekalna zagađenja sredine. Ukupni koliformi izgubili su boraveći u vanjskoj sredini sposobnost tolerancije temperature od 44,5 °C i znak su starijih fekalnih zagađenja (Stilinović i Hrenović, 2009.).



Slika 9. *Vibrio cholerae*



Slika 10. *Salmonella typhi*



Slika 11. Campylobacter jejuni

Sva onečišćenja vode pa tako i mikrobiološka mogu biti prirodnog ili antropogenog porijekla ovisno o tome da li su kontaminanti u vodu dospjeli kao posljedica prirodnih procesa u kruženju vode u prirodi, ili su pak posljedica aktivnosti čovjeka kao što su industrija, poljoprivreda, sanitacija i td. Mikrobiološki onečišćivači vode mogu biti brojne bakterije, virusi, protozoe i drugi, koji ne moraju nužno biti opasni za zdravlje, dapače, većina mikroorganizama koje možemo naći u vodi nisu opasni za zdravlje. One koje mogu uzrokovati bolest nazivamo patogeni mikroorganizmi, dok bolesti koje uzrokuju, a njihov prijenos je na neki način povezan s vodom, nazivamo bolesti koje se prenose vodom - hidrične bolesti (Valić i sur., 2001.).

Tablica 2. Bolesti hidričnog podrijetla izazvane biološkim uzročnicima (Habuda-Stanić i sur. 2007.).

Patogeni organizmi	Bolesti
Bakterije: • *Salamonella paratyphi (A, B, C)* • *Salamonella Typhi* • *Shigellae vrste* • *Vibrio cholearae* • *Leptospirae* • *Mycobabterium tuberculosis* • *Pseudomonas Aeruginosa*	• Paratifus • Tifus • Dizenterija • Kolera • Leptospiroza • Tuberkuloza • Infekcije rana, infekcije oka, meningitis
Virusi: • *Poliovirus* • *Echovirus* • *Coxsackievirus (A, B)* • *Hepatitis A* • *Rotavirus* • *Adenovirus*	• Paraliza, meningitis • Meningitis, dišne bolesti • Meningitis, dišne bolesti, groznice • Miokarditis • Infektivna žutica • Povraćanje, proljev, naročito kod djece, dišne bolesti, infekcije oka
Protozoe: • *Entamoeba histolytica* • *Giardia lamblia*	• Amebijaza • Lambliaza
Helminti: • *Ascaris lumbricoides* • *Ankylostoma duodenale* • *Echinococus* • *Schistosoma*	• Askaridoza • Ankilostooza • Ehinokokoza • shistosomoza

Većina navedenih bolesti prenosi se fekalnooralnim putem, odnosno konzumacijom vode, no neke od njih se prenose udisanjem vodenog aerosola (tuširanje, prskanje), kao legionarska bolest, ili preko kože, kao leptospiroza, ili je povezanost bolesti s vodom uvjetovana razvojnim ciklusom insekta prijenosnika u vodi, kao što je to kod bolesti koje prenose komarci. Općenito gledajući, najveći rizik za zdravlje predstavlja voda koja je kontaminirana ljudskim ili životinjskim ekskretima (fecesom) jer su oni najčešći izvor mikroorganizama patogenih za ljude. Srećom, većina mikroorganizama se u vodi ne može razmnožavati, nego se onečišćenje razrjeđuje, što s jedne strane smanjuje epidemiološki potencijal vode kao prijenosnika zaraznih bolesti, dok s druge strane, epidemiološki potencijal raste s brojem konzumenata iz istog vodoopskrbnog objekta, te kod velikih vodovoda isti može biti ogroman.

2.2. Voda za piće

Voda za piće osim što mora biti bez boje, mirisa i okusa, ona mora ispunjavati zahtjeve za zdravstvenom ispravnošću, odnosno ne smije sadržavati mikroorganizme, parazite i njihove razvojne oblike u broju koji predstavlja opasnost po zdravlje ljudi. Također tvari u koncentracijama koje same ili zajedno s drugim tvarima predstavljaju opasnost za zdravlje ljudi. Te ne smije prelazi maksimalne vrijednosti pojedinih pokazatelja, odnosno njihove maksimalno dopuštene koncentracije (MDK) (Habuda-Stanić, 2004.)

Vodu za piće dijelimo na vodu javnih vodoopskrbnih sustava, prirodna mineralna voda, izvorska voda i stolna voda. Voda za piće je zakonski regulirana zakonom o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/2013), pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013) i pravilnikom o prirodnim mineralnim, prirodnim izvorskim i stolnim vodama (NN 81/2013) (Habuda-Stanić i sur. 2007.).

2.2.1. Javni vodoopskrbni sustavi

Voda javnih vodoopskrbnih sustava potječe iz podzemnih ili površinskih vodotokova. Promjenjivih je fizikalno-kemijska svojstava te je dozvoljena uporaba različitih tehnologija odrade vode s tim da je dezinfekcija obavezan postupak u obradi. Regulirana je pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013).

2.2.2. Prirodne mineralne vode

Prirodna mineralna voda se crpi iz zaštićenih podzemnih ležišta, odlikuje se organoleptičkim i fizikalno kemijskim karakteristikama, bakteriološki je ispravna te ima blagotvoran učinak na ljudski organizam. Karakterističnog je sadržaja otopljenih mineralnih tvari i tvari u tragovima.

Karakterizirana je stanjem svoje prirodne čistoće te kao takva ne smije se tretirati kemijskim sredstvima niti dezinficirati. Jedini postupak koji je dozvoljen u obradi priroden mineralne vode je filtracija kojom se uklanjaju nestabilni elemenati (željezo, sump. spojevi,mangan) uz prethodnu oksidaciju (zrak, kisik, ozon).

2.2.3. Prirodne izvorske vode

Prirodne izvorske vode dobivaju se iz podzemnih ležišta, jednog ili više prirodnih ili bušenih izvora zaštićenih od svakog onečišćenja. Sastav, temperatura i ostale značajke moraju biti konstantne i ne smiju se mijenjati s izdašnosti izvora. Te kao i kod prirodih mineralnih voda nije dopuštena nikakva tehnologija obrade osim filtracije.

Ispitivanja koja se provode na prirodnoj mineralnoj vodi i prirodnoj izvorskoj vodi su geološka, hidrogeološka, fizikalna, kemijska, fizikalno kemijska, mikrobiološka i farmakološka.

2.2.4. Stolna voda

Stolna voda je proizvedena od vode za piće uz dodatak jedne ili više dopuštenih tvari u svrhu poboljšanja organoleptičkih svojstava. Najčešće se proizvodi primjenom membranskih procesa. Dopušteno je dodavanje 10 tvari kao što su NaCl, CaCl, Na_2SO_4, NaF, $NaHCO_3$, Na_2CO_2, $CaCl_2$, $CaCO_3$, $MgCO_3$, $MgSO_4$. Uz neophodni atest o upotrebljivosti dodanih tvari u prehrambenoj industriji.

Voda za piće, prirodna mineralna, prirodna izvorska te stolna voda su regulirana pravilnikom o prirodnim mineralnim, prirodnim izvorskim i stolnim vodama (NN 81/2013)

2.3. Otpadne vode

Otpadna tvar i otpadna energija nastaju u postupcima čovjekovih djelatnosti, a za samog korisnika predstavljaju nekoristan i nepoželjan otpad. Otpadne tvari pojavljuju se u tekućem, krutom i plinovitom obliku. Otpadne tvari koje se pojavljuju u tekućem obliku nazivaju se otpadnim vodama. Svojstva otpadnih voda razlikuju se prema porijeklu, pa se mogu svrstati u kućanske, industrijske i poljoprivredne otpadne vode. Prema načinu unošenja otpadnih voda u velike sustave, razlikuju se "točkasti" ispust koji je koncentriran putem kanalskih ispusta ili "raspršeni" ispust odnosno oborinske vode. Nadzor je moguć samo nad točkastim ispustima.

2.3.1. Kućanske otpadne vode

Kućanske otpadne vode nastaju u seoskim i gradskim naseljima nastale u kućanstvima, ugostiteljskim objektima, uslužnim i drugim neproizvodnim djelatnostima. Temeljno svojstvo kućanskih otpadnih voda je biološka razgradivost odnosno one sadrže visoke udjele organskih tvari koje se počinju razgrađivati čim dospiju u vodu. Kućanske otpadne vode dijele se u tri kategorije, a to su svježe otpadne vode koje sadrže kisik potom odstajale vode koje ne sadrže kisik, te trule (septičke) vode u kojima se odvija anaerobna razgradnja.

Sastav otpadne vode iz kućanstva je različit i ovisi o nizu čimbenika kao što su način života, klima, vodoopskrbnom sustavu i drugo. Te vode obiluju mikroorganizmima posebno bakterijama i virusima (koliformne bakterije po stanovniku cca. $2{,}5\times10^{12}$). Kućanske otpadne vode su viših temperatura u odnosu na vodovodnu vodu (16-20°C) zbog uporabe tople vode u kuhinjama i kupaonicama te u kanalizacijskom sustavu zbog procesa biorazgradnje što pogoduje ubrzavanju bioloških procesa industrijske otpadne vode.

Kada govorimo o podjeli kućanskih otpadnih voda razlikujemo:

- sive vode - predstavljaju otpadne vode iz kupaonica, tuševa, praonica i bazena; ne sadržavaju mnogo krutih tvari i postoji mogućnost prenamjene te ako postoji razdjelni sustav odvodnje kućanskih otpadnih voda, mogu se koristiti za zalijevnje vrtova. Sive se vode mogu pročišćavati, no to nije baš u širokoj primjeni zbog problema koji nastaju u tijeku pročišćavanja što poskupljuje i otežava proces,
- crne vode - otpadne vode iz kuhinja i sanitarnih čvorova.

2.3.2. Industrijske otpadne vode

Industrijske otpadne vode nastaju pri tehnološkim postupcima i proizvodnji energije. Dijele se u dvije kategorije prema sastavu industrijske otpadne vode. Prva kategorija predstavlja biološki razgradive ili vode spojive s kućnim otpadnim vodama, naprimjer prehrambena industrija. Druga kategorija je biološki nerazgradive industrijske vode ili nespojive s kućnim otpadnim vodama, naprimjer metalna industrija. Utjecaj industrijskih otpadnih voda manifestira se povećanje KPK (kemijska potrošnja kisika), povišenje ili sniženje pH, povećanje koncentracije metala u vodi.

U industrijke vode spadaju rashladne vode i kotlovinske vode. Rashladne vode odvode višak topline u industrijskim ili energetskim postrojenjima odnosno one su "toplinski onečišćene". Promjena prirodne temperature vodnog sustava utječe na fizikalno-kemijska svojstva i ekološke prilike vodnog sustava.

Posljedice su manja količina otopljenog kisika, povećanje otrovnosti određenih tvari, ubrzano taloženje čestica i drugo. Kotlovinske vode su vode koje imaju odličan toplinski kapacitet, apsorbiraju najviše topline po jedinici povećanja temperature pri zagrijavanju. Time su idealni medij za procese izmjene topline. Velika energija isparavanja je karakteristična za kotlovinsku vodu, odnosno pri isparavanju ekspandira do 1600 puta. Zagrijavanje se odvija u kotlovskim postrojenjima (Habuda-Stanić i sur. 2007.).

Prije nego što se industrijske otpadne vode priključe na gradsku kanalizacijsku mrežu potrebno ih je prethodno pročistiti iz nekoliko razloga:

- kako bi se uklonile toksične i postojane tvari koje se gomilaju u živom organizmu i sprečavaju biološku razgradnju,
- kako bi se iz otpadnih voda izdvojile eksplozivne, korozivne i zapaljive tvari koje oštećuju kanalizacijske objekte i cijevi,
- kako bi se uklonili inhibitori koji onemogućavaju rad uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda.

2.3.3. Oborinske vode

Oborinske vode, uvjetno "otpadne" vode. Promjene u sastavu se događaju uslijed zagađivanja atmosfere što doprinosi nastanku "kiselih kiša". Prilikom urbanizacije smanjeno je prirodno procjeđivanje i neutralizacija oborinskih voda. Oborinske vode ispiru poljoprivredna zemljišta te su vode bogate hranjivim tvarima i pesticidima. Dok vode koje ispiru prometne površine sadrže otopljene ispušne plinove, sol i druga onečišćenja. Stoga se

sastav oborinskih voda naselja i gradova razlikuje, ali je pri početnom ispiranju sastav oborinskih voda jednak kućanskim otpadnim vodama (Habuda-Stanići sur. 2007.).

2.4. Postupci uklanjanja mirkoorganizama iz voda za piće i otpadnih voda

Mikroorganizmi u otpadnim vodama uključuju bakterije porijeklom iz probavnog sistema sisavaca kao što su *Bacteroides spp., Bifidobacterium spp., Clostridium prefringens, Enterobacter aerogenes, Escherichia coli, Lactobacillus spp. i Streptococcus fecalis*.

Budući da je veliki broj voda porijeklom iz domaćinstva, katkad se i u mulju nalaze ljudski patogeni. U tablici 3 su navedeni su neki od tih mikroorganizama.

Tablica 3. Mikroorganizmi u otpadnim vodama

Bakterije	Protozoa	Virusi
• *Campilobacter sp.* • *Leptospira spp.* • *Salmonella paratyphi* • *Salmonella typhi* • *Salmonella typhimurium* • *Sahigella dysenteriae* • *Vibro cholerae*	• *Entamoeba histolytica* • *Giardia (lambia) intestinalis*	• *Adenovirusi* • *Enterovirusi (coxsacikievirusi, ehovirusi i poliovirusi)* • *Parvovirusi (hepatitis Avirus) Reovirusi*

Stoga je jedan od najvažnijih zadataka tijekom obrade otpadnih voda ukloniti takve potencijalne opasnosti za zdaravlje potrošača. Mnogi mikroorganizmi koji se nalaze u otpadnoj vodi, prvenstveno su porijeklom iz vode i tla. Tu su uključeni rodovi bakterija *Sphaeritilus, Crenotrix, Beggiatoa* i gljive npr. *Saprolegina* i *Leptonitus*. Svi ti organizmi mogu obitavati u crijevima i kanalima. Neki od njih mogu nagomilavati željezo, sumpor ili mangan, koji začepljuju cjevovode ili pak sumporvodik, koji ima intenzivan miris na trula jaja. Ostale bakterije koje se nalaze u otpadnim vodama uključuju *vrste Cytophaga, Micrococcus, Pseudomanas, Bdellovibrio, Chromobacterium, Aeromonas, Rhodospirillium* i mnoge druge ptogene mikroorganizme. Bakteriološka kontrola pitkih voda je najbolji način utvrđivanja higijenske i zdravstvene ispravnosti. Dokazivanjem patogenih mikroorganizama koji se prenose vodom. Tri su osnovna cilja bakteriološke pretrage. Prvi je odrediti dali je voda onečišćena ljudskim fekalijama odnosno dokazivanje i određivanje broja živih bakterija; indikatora fekalne kontaminacije. Potom odrediti stupanj zaštite vodonosnog sloja te istražiti

djelotvornost tehnološkog postupka pročišćavanja vode. A to se postiže određivanjem broja živih bakterija. Izuzev koliformnih bakterija koje se dokazuju kolimetrijom. Prethodnim, potvrdnim i završnim testom.

Kao indikatori fekalne kontaminacije koriste se sojevi *Streptococcus faecalis* .

Dokazuje se membranskom filtracijom i određivanjem MPN – vrijednosti tj. Most probable number – najvjerojatniji broj kolifomnih bakterija/100 mL. Za određivanje bakterija iz obitelji *Enterobacteriaceae* koriste se IMV i C test.

Postupci koje koristimo s ciljem ukljanjanja mirkorganizama iz vode su dezinfekcija i membranski procesi. Dezinfekcija je postupak uništavanja bakterija, virusa i protozoa u cilju sprječavanja prenošenja bolesti putem vode koje su poznate pod nazivom hidrične epidemije, kao što su dizenterija, trbušni tifus, kolera, infektivni hepatitis i drugo. Dezinfekcija se koristi kao obavezan postupak u kriznim stanjima kao što su rat, poplave i drugo. Te kada postoji potencijalna opasnost za zagađenje vode, kod upotrebe novih objekata, kod transporta i skladištenja vode.

2.4.1.Dezinfekcija

Dezinfekcija se provodi kemijskim i fiziklanim postupcima. Kemijskim postupcima se postiže visoka primarna učinkovitost te imaju mogućnost naknadnog djelovanja. U to spada dezinfekcija klorom i njegovim spojevima. Taj se postupak koristi u 90% slučajeva. Nadalje ozonom, srebrom i jodom. Od fiziklanih postupaka dezinfekcije prvodi se dezinfekcija toplinom, ultraljubičastim zračenjem, ultrazvukom i filtracijom. Budućnost dezinfekcije vode leži u kombinaciji fizikalnih i kemijskih postupaka (Habuda-Stanić, Kalajdžić, Nujić 2007.).

Uvjeti koje treba zadovoljiti kod odabira sredstva za dezinfekciju:

- da uništi sve patogene i fakultativno patogene mikroorganizme u vodi (uključujući i njihove sporogene oblike),
- da se ovo efikasno obavi u najkraćem mogućem vremenu uzimajući u obzir očekivanu promjenu temperature vode,
- da u propisanim koncentracijama ne izazove dodatne toksične promjene kao i promjenu senzorskih osobina vode,
- da osigura mikrobiološku ispravnost vode kroz dulje razdoblje štiteći vodu od naknadnog onečišćenja,
- da je moguće brzo, jeftino i nekomplicirano odrediti koncentraciju sredstva u vodi,
- da je ekonomski isplativo, pogodno za rukovanje i pristupačno,
- da nije potrebna visoka stručnost i komplicirana aparatura.

Svako dezinfekcijsko sredstvo osim svoje korisnosti i temeljne uloge (sprječavanje pojave hidričnih oboljenja i nastanak epidemija) ima i svoje nedostatke. Zbog toga se treba savjetovati sa stručnjacima zavoda za javno zdravstvo i povremeno kontrolirati zdravstvenu ispravnost vode (Capak i sur. 2012.).

2.4.1.1. Dezinfekcija klorom i sredstvima na bazi klora

Dezinfekcija vode klorom i njegovim spojevima kao najčešći postupak provodi se elementarnim klorom (Cl_2), klornim dioksidom (ClO_2), kalcijevim i natrijevim hipokloritom ($Ca(ClO)_2$; NaClO), kalcijevim klorid-hipokloritom (CaCl(ClO)) te kloraminom. Dezinfekcija klorom najraširenija je postupak dezinfekcije vode. Klor je žuto zeleni plin, otrovan te se koristio kao bojni otrov (zagušljivac). Elektrolizom NaCl nastaje elementarni Cl_2 i NaOH. Klor je jaki oksidans te u reakciji s vodom se stvara hipokloritna kiselina koja je nestabilna te se raspada na HCl i nascentni kisik (O•). Klor se skladišti u čelićnim bocama. Doza klora koja se dodaje u vodu se kreće od 0,5 do 1 mg/L (Habuda-Stanić, Kalajdžić, Nujić 2007.).

Potreba vode za klorom je količina klora izražena u mg/L, koja je potrebna za reakciju klora s tvarima koje se mogu oksidirati u vodi. Odnosno količina klora kojeg je potrebno dodati vodi do pojave rezidualnog klora, tj. koncentracije klora izražena u mg/L koja je zaostala u vodi kao višak nakon reakcije klora s tvarima iz vode. Važan utjecaj na djelovanje klora ima temperatura. Što je viša temperatura, uspješnija je dezinfekcija. Zatim pH-vrijednost, pri niskim pH vrijednostima dezinfekcija je uspješnija. Pri pH 6,7 – 90 % klora daje O•, dok pri pH 9 – 4,5 % klora daje O•. Vrijeme kontakta je vrlo bitan čimbenik o kojem ovisi uspješnost dezinfekcije jer klor ne djeluje trenutno, potreban je određeni period kontakta klora s vodom, najmanje 30 minuta.

Postupak uklanjanja viška klora zaostalog nakon procesa dezinfekcije vode kada je koncentracija rezidualnog klora veća od dozvoljene (0,5 mg/L) naziva se dekloriranje. Neugodan miris po kloru je jedan od pokazatelja zaostalog klora u vodi. On se uklanja pomoću aktivnog ugljena, natrijevog sulfita te alternativnim postupcima kao što su provjetravanje, primjenom vitamina C i vinobrana.

Jednostavna nabava elementarnog klora, mogućnost skladištenja potrebnih rezervi, mogućnost transporta, jednostavnost rukovanja, doziranje i mjerenje koncentracije su prednosti primjene klora u dezinfekciji klora. Nedostaci primjene klora su nastanak kancerogenih trihalogenmetana pri reakciji klora s organskim tvarima u vodi. Klor reagira s amonijakom, fenolima, bromom i drugim tvarima u vodi pri čemu se troši dodatna količina klora i nastaju štetni nusprodukti.

Sredstva na bazi klora koja se koriste za dezinfekciju vode su klorni dioksid, hipokloriti i kloramini. Klorni dioksid (ClO_2) po dezinfekcijskom djelovanju je najefikasnije sredstvo na bazi klora za dezinfekciju vode. Otrovan je plin, proizvodi se na mjestu uporabe u obliku 2%-tne vodene otopine. Nestabilan je te se ne može skladištiti ni transportirati. 2,5 puta je jači oksidans od klora. Količina koja se dodaje u vodu je od 0,1 do 0,4 mg ClO_2/L vode.

Vrijeme dezinfekcije klornim dioksidom iznosi 15 minuta, a pH ne utječe na aktivnost. Rezidualni klorni dioksid duže se zadržava u vodi i ne stvara klorirane organske spojeve niti klor-fenole. Kao jako oksidacijsko sredstvo klorni dioksid služi i za uklanjanje željeza, mangana, boje, te za poboljšavanje mirisa i okusa (Habuda-Stanić i sur. 2007.).

Hipokloriti su još jedno sredstvao na bazi klora koje se koristi za dezinfekciju vode. Djeluju istim kemizmom kao elementarni klor, nastaje hipokloritna kiselina. Neki hipokloriti koji se koriste kao dezinfekcijska sredstva su natrijev hipoklorit, kalcijev hipoklorit, kalcijev klorid-hipoklorit.

Kloramini sadrže >25% aktivnog klora te su stabilniji od hipoklorita. Sporo i postupno otpuštaju klor u vodu. Doziranje se vrši dodavanjem klora u vodu s amonijakom. Istovremenim dodavanje klora i amonijaka u vodu ili dodavanje gotovih kloramina kao što su trikloramin, dikloramin i monokloramin (Habuda-Stanić i sur. 2007.).

2.4.1.2. Dezinfekcija ozonom

Ozon (O_3) je alotropska modifikacija kisika. Vrlo je toksičan plin i snažan oksidans. 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.

Pridonosi poboljšanju okusa i mirisa vode. Uklanja boju vode, ne mjenjajući mineralni sastav vode i ne stvara trihalogenmetane. Brzog je baktericidnog učinka već pri koncentracijama od 2 do 4 mg/L uz vrijeme kontakta od 4 do 10 minuta. Propuštanjem struje suhog zraka i kisika između dvije elektrode pod visokim naponom 14-19 kV i pri frekvenciji od 50 do 60 Hz industrijski se proizvodi ozon. Nedostaci primjene ozona kao dezinfekcijsko sredstvo su veliki investicijski ili pogonski troškovi, tri puta je skuplji od primjene elementarnog klora, te velika korozivnost i opasnost pri rukovanju. Rezidualni ozon ne djeluje dezinfekcijski u vodoopskrbnom sustavu (Habuda-Stanić i sur. 2007.).

2.4.1.3. Dezinfekcija srebrom i jodom

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...). Te antimikrobno djelovanje odnosno denaturacija staničnih proteina (enzima) zbog reakcije srebra s SH skupinama što uzrokuje prestanak rasta bakterija. Način na koji se primjenjuje je presvlačenje kamenog pijeska, neglaziranog porculana ili aktivnog ugljena srebrom. I elektrokemijsko otapanje srebra, odnosno anodno otapanje srebra. Taj način se primjenjuje u ribnjacima, bazenima i rashladnim sustavima. Jedini nedostatak je u tome što djeluje sporo (15 minuta do 3 sata) i poprilično je skup postupak.

Jod, skup ali i učinkovit dezificijens. Upotrebljava se u obliku tablete na bazi trijodida i 2%-tne otopine joda čije je djelovanje oko 20 min. Uporaba joda kao dezinfekcijskog sredstva je individualna (Habuda-Stanić i sur. 2007.).

2.4.1.4. Dezinfekcija UV-zračenjem, toplinom i ultrazvukom

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

Toplina je najjednostavniji i najsigurniji postupak dezinfekcije vode. Vrenjem vode minimalno 20 minuta uništavaju se mikroorganizmi u vodi. Ovakav način dezinfekcije se koristi samo u posebnim okolnostim kao što su rat, elementarne nepogode i ostalo. Razlog tome je vrlo visoka cijena energije koja je potrebna za dezinfekciju male količine vode.

Dezinfekcija vode ultrazvukom je relativno novi postupak te je u procesu ispitivanja za širu industrijsku primjenu. Temelji se na stvaranju kavitacije oko objekta tj. stvaranje ultrazvučne kavitacije. Potrebna je izolacija okoline pri stvaranju lokalnog pritiska od desetak tisuća bara. Ultrazvučnom oscilacijom se postiže mehaničko razaranje stanica. Posljedice su smrt životinjskim oblicima, stanicama biljaka, protozoama i mikroorganizmima (Habuda-Stanić i sur. 2007.).



Slika 9. Dezinfekcija UV zračenjem

Čimbenici koji mogu utjecati na učinkovitost dezinfekcije:

- Mutnoća, a osobito ona uzrokovana povećanim sadržajem organske tvari, obrnuto razmjerno utječe na efikasnost kloriranja. To znači da mutne vode treba izbistriti nekim od postupaka (taloženje, koagulacija, sedimentacija, filtracija) i tek nakon toga obaviti dezinfekciju. Dezinfekcija mutnih voda ne samo što neće biti efikasna, već u takvoj vodi mogu nastati toksične tvari kojih prije nije u njoj bilo.
- Temperatura je proporcionalna baktericidnoj moći dezinfekcijskog sredstva. To znači da će do uništenje bakterija prije doći u toploj nego u hladnoj vodi.
- pH-vrijednost – najbolji učinak dezinfekcije dokazan je u vodama koje su bile slabo kisele do neutralne. pH-vrijednost se može korigirati dodavanjem raznih ciljanih kemikalija prije dezinfekcije.
- Meteorološki utjecaj – ultraljubičaste zrake dnevnog svjetla ubrzavaju proces dezinfekcije, ali u isto vrijeme utječu na gubitak aktivnog klora (Capak i sur. 2012.).

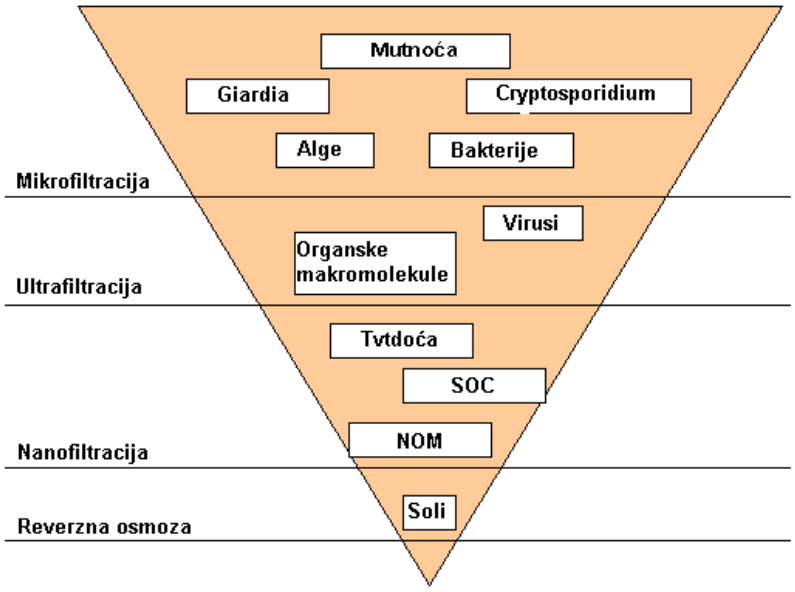
2.4.2. Membranski procesi – membranska dezinfekcija

Danas jedna od najznačajnijih tehnologija obrade vode. Sve do sada primjenjivane tehnologije stavlja u drugi plan. 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, dio vode sa koncentriranim otopljenim tvarima. Primjena membranskih procesa je vrlo široka u prehrambenoj industriji, te u postupcima obrade voda (tehnološke vode, voda za piće i otpadne vode).

Osnovni ciljevi procesa su pročišćavanje, uklanjanje nepoželjnih sastojaka iz vode. Koncentriranje, izdvajanje neke komponente koja je u početnoj otopini prisutna u niskoj koncentraciji. Odjeljivanje dva željena dijela (izdvajanje sirutke). Posredovanje u reakciji

odnosno provođenje kemijske ili biokemijske reakcije uz kontinuirano odvođenje produkta kroz membranu s ciljem povećanja brzine reakcije (bioreaktor za obradu otpadne vode).

Membranska dezinfekcija je sve češće u primjeni zbog niza prednosti. Cilj je izbjegavanje dodavanja kemikalija u vodu i nastanka štetnih nusprodukata. Pore membrana reverzne osmoze, nanofiltracije, ulrafiltracije su manje od stanica bakterija i virusa te se u potpunosti zadržavaju na membrani. Dok pore membrane mikrofiltracije su manje od stanica bakterija, ali veće od virusa. Unatoč tome virusi se rijetko nalaze u permeatu. Jedini nedostatak je smanjeno dezinfekcijsko djelovanje te je time moguča naknadna kontaminacija kod zadržavanja vode u opskrbnoj mreži. Riješenje tog problema proizlazi u dodavanju manje količine klora u vodu (Habuda-Stanić i sur. 2007.).



Slika 2. Prolaz tvari kroz membrane različitih filtracija

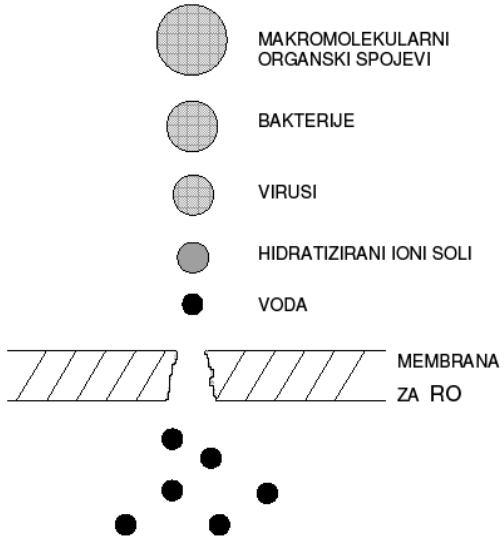
Najčešća podjela membranskih procesa je prema veličini pora i primijenjenom tlaku na membrani. U te procese spada reverzna osmoza (RO), nanofiltracija (NF), ultrafiltracija (UF) i mikrofiltracija (MF).

Tablica 4. Veličina pora i primijenjen tlak kod membranskih procesa

Membranski proces	veličina pora (nm)	Tlak (bar)
Reverzna osmoza	0,1 – 1	10 - 100
Nanofiltracija	0,5 – 5	5,0 - 10
Ultrafiltracija	5 - 100	1,0 - 5,0
Mikrofiltracija	> 100	< 1,0

2.4.2.1. Reverzna osmoza

Reverzna osmoza membranski proces kod kojeg kroz semipermeabilnu membranu prolazi samo otapalo odnosno voda, a ne prolaze organski ioni i organske molekule. Anorganski ioni i manje organske molekule u vodenoj otopini razvijaju značajan osmotski tlak. Osmotski tlak se javlja kada su dvije otopine različitih koncentracija (ili čisto otapalo i otopina) međusobno odijeljene polupropusnom membranom koja je permeabilna za otapalo, a nepropusna za otopljenu tvar. Kod reverzne osmoze potrebno je primijeniti tlak od 30 do 120 bara, a veličina pora membrana za reverznu osmozu je 0,1 – 1 nm. Na membrani zaostaju organski spojevi, bakterije, virusi, hidratizirani ioni soli. Jedino što prolazi kroz pore membrane je voda (Pozderović, 2011.).



slika 3. Propusnost membrane reverzne osmoze

Reverzna osmoza se upotrebljava za desalinaciju morske i bočate vode, za proizvodnju procesne vode za industriju (farmaceutska, voda za napajanje kotlova, bezalkoholna pića, jaka alkoholna pića...). Zatim za obradu otpadnih voda te za koncentriranje vrijednih proizvoda (farmaceutska industrija, voćni sokovi, pivo...).

2.4.2.2. Nanofiltracija

Nanofiltracija, ekonomična varijanta reverzne osmoze. Membranski proces kod kojeg se na membrani zadržavaju pored većih molekula i manje molekule kao što su neke anorganske soli i manje organske molekule kao što su šećeri monosaharidi i disaharidi, pa permeat nije čista voda kao kod RO, već je sterilan. Princip separacije kod NF i RO je isti a razlikuju se u veličini pora membrana i veličini molekula koje se zadržavaju na membrani.

Veličina pora membrana za nanofiltraciju (NF) je od 1 nm do 10 nm po tome je ovaj proces dobio naziv nanofiltracija. Nanofiltracijske membrane imaju veće pore i veću propusnost od membrana za reverznu osmozu pa je potrebno primijeniti manji procesni tlak 10 - 40 bara a time i manja potrošnja energije (Pozderović, 2011.). Nanofiltracija se koristi za pročišćavanje i djelomičnu demineralizaciju vode i za koncentriranje otopina kiselina i šećera (voćni sokovi, otopine šećera i drugo). Nanofiltracija se koristi za dobivanje pitke vode bez mikroorganizama, smanjene tvrdoće i bez organskih zagađenja. Velika upotreba nanofiltracije u proizvodnji vode za piće (Finska, Florida, Pariz) .

2.4.2.3. 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 (kiseline, šećeri i dr.) dok se molekule čija je molekularna masa veća od 500 zadržavaju na membrani. Veličina pora membrana za ultrafiltraciju je od 10 do 100 nm, protok permeata je proporcionalan primijenjenom tlaku (1 do 10 bara) (Pozderović, 2011.). Manja je cijena membrane i opreme za ultrfiltraciju. Uporebljava se kao zamjena za flotaciju pri uklanjanju većih organskih molekula, željeza i koloida. Te na membranama ultrafiltracije zaostaju mikroorganizmi prisutni u vodi.



Slika 10. Ultrafiltracija

2.4.2.4. Mikrofiltracija

Mikrofiltracija, membranski proces najbliži konvencionalnoj filtraciji, kroz membranu prolazi otapalo (voda) i otopljene anorganske i organske molekule, manje makromolekule (proteini), na membrani se zadržavaju veće makromolekule čestice i mikroorganizmi koji su veći od 0,1 μm. Mehanizam zadržavanja čestica na membrani je na principu sita. Molekule koje se zadržavaju na membrani kao i kod ultrafiltracije imaju veliku molekularnu masu pa je njihov osmotski tlak zanemariv i nije potrebno primijeniti visoki tlak za svladavanje osmotskog tlaka. Ultrafiltracija i mikrofiltracija se razlikuju po veličini pora membrane, visini radnog tlaka, veličini čestica koje se zadržavaju na membrani i protoka permeata. Radni tlak kod mikrofiltracije je od 0,1 do 2 bara. Veličina pora membrana je od 0,1 do 10 μm. Protok permeata je direktno proporcionalan primijenjenom tlaku ali ovisi i o polarizaciji koncentracije i začepljenju membrane (stvaranju taloga na membrani) (Pozderović, 2011.).

Problem kod mikrofiltracije je opadanje protoka permeata tijekom filtracije uslijed polarizacije koncentracije i začepljenja membrane uslijed taloženja čestica na površini i u porama membrane, te adsorpcijom otopljenih tvari na polarne grupe tvari membrane, što se može izbjeći izborom odgovarajućih materijala membrane. Membrana se regenerira povremenim pranjem i ispiranjem otopinama lužina i kiselina. Koristi se za separaciju čestica većih od 0,1 μm, 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. Za obradu vode za piće (Giardia) i za pročišćavanje otpadnih voda, uklanjajući samo vrlo velike čestice (viruse, bakterije, koloide i grube nečistoće) (Habuda-Stanić i sur. 2007.).



Slika 11. Mikrofiltracija

3.LITERATURA

Bitton G., *Wastewater Microbiology*, New Jersey, 2005.,

Capak K., Ljubičić M., Doko Jelinić J. Zdravstvena ekologija, odabrana poglavlja, skripta za studente, Mostar, 2012.,

Duraković S., Primjenjena mikrobiologija, Zagreb, 1996.,

Habuda-Stanić M., B. Kalajdžić, M. Nujić, *Tehnologija vode i obrada otpadnih voda, interna skripta*, PTF, Osijek, 2007.,

Henze M., Loosdrecht van M. C. M., Ekama G.A., Brdjanovic D., *Biological Wastewater Treatment. Principles, Modelling and Design*, IWA, London, 2008.,

Holt J. G., Krieg N. R., Sneath P. H. A., Staley J. T., Williams S. T. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, Williams and Wilkins, Baltimore 1994.,

Pravilnik o sanitarno tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta, te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda, Narodne novine 107, 2012. (1.10.2014.)

Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, Narodne novine 47,2008. http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/339082.html (25.4. 2008.) (1.10.2014.)

Stilinović B., Hrenović J., Praktikum iz bakteriologije, Kugler, Zagreb, 2009.

Uredba o klasifikaciji voda Republike Hrvatske, Narodne novine 77/98, 1998.

Valić F. i sur. *Zdravstvena ekologija*, Medicinska naklada, Zagreb, 2001.

World Health Organisation, Guidelines for Drinking-water Quality, Third edition, Volume 1, Recommendations, World Health Organisation, Geneva, 2004. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.pdf (1.10.2014.)