Antropogena onečišćenja u vodi za piće i njihov utjecaj na zdravlje

Gjirlić, Tea

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:105:092715

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET

Tea Gjirlić

Antropogena onečišćenja u vodi za piće i njihov utjecaj na zdravlje

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET

Tea Gjirlić

Antropogena onečišćenja u vodi za piće i njihov utjecaj na zdravlje

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Katedri za Zdravstvenu ekologiju i medicinu rada Škole narodnog zdravlja „Andrija Štampar“ Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom prof.dr.sc. Ankice Senta Marić i predan je na ocjenu u akademskoj 2015./2016.godini.

KRATICE

AD Alzheimers disease

CDC Center for disease control

EPA Environmental Protection Agency

IARC International Agency for Research on Cancer

IPCS International program for chemical safety

NN Narodne novine

POP Persistent Organic Polutant

SAD Sjedinjene Američke Države

SZO Svjetska Zdravstvena Organizacija (World Health Organization, WHO)

SŽS Središnji živčani sustav

SADRŽAJ

SAŽETAK I

SUMMARY II

1.UVOD 1

2. ONEČIŠĆENJE VODE ZA PIĆE 3

3. KEMIJSKA ONEČIŠĆENJA U VODI ZA PIĆE 7

3.1. Metali u vodi za piće 8

3.1.1. Olovo 8

3.1.2. Kadmij 10

3.1.3. ŽIVA 12

3.1.4. Krom 13

3.1.5. BAKAR 14

3 1.6. Željezo 16

3.1.7. Aluminij 17

3.1.8. Arsen 19

3.2. FLOUR 20

3.3. Dezinfekcija vode za piće i nusproizvodi dezinfekcije 22

3.4. Pesticidi u vodi za piće 26

4. MIKROBIOLOŠKA ONEČIŠĆENJA U VODI ZA PIĆE 29

4.1. Koliformne bakterije u vodi za piće 29

4.2. Patogene bakterije u vodi za piće 31

4.3. Paraziti u vodi za piće 32

4.2.4. Virusi u vodi za piće 34

5. ZAKLJUČAK 36

6. ZAHVALE 37

7. LITERATURA 38

8. ŽIVOTOPIS 43

SAŽETAK

Antropogena onečišćenja u vodi za piće i njihov utjecaj na zdravlje

Tea Gjirlić

Voda je jedna od najvažnijih molekula na Zemlji za održavanje života. Procijenjeno je da na Zemlji ima oko $1,4x10^9$ km^3 vode, no ne može se sva upotrijebiti za piće. Voda za piće potječe iz dva glavna izvora: površinskih voda i podzemnih voda.

Adekvatna opskrba kvalitetnom vodom za piće jedan je od osnovnih preduvjeta za zdrav život. Kvaliteta vode koju pijemo može radikalno utjecati na naše zdravlje. Upravo zato, od životne je važnosti piti samo najčišću vodu. No onečišćenja vode događaju se svakodnevno i to prirodnim putem i djelovanjem čovjeka. Antropogena onečišćenja u vodi za piće koja mogu bitno utjecati na zdravlje ljudi možemo podijeliti u dvije velike skupine: kemijska i biološka onečišćenja.

Štetni učinci na zdravlje kao posljedica prisutnosti brojnih kemijskih onečišćenja u vodi javljaju se obično iznad određenih koncentracija i zbog toga su u većini država propisane granične koncentracije tih tvari u vodi za piće. Kvaliteta vode ispituje se prema pravilnicima ,smjernicama i preporukama na državnoj i međudržavnoj razini. U Hrvatskoj je kvaliteta vode za piće propisana *Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* NN 141/13. Najvažnije su smjernice Svjetske Zdravstvene Organizacije.

Ključne riječi: voda za piće, antropogena onečišćenja, kvaliteta vode

SUMMARY

Anthropogenic drinking water contaminants and their health impacts

Tea Gjirlić

Water is one of the most important molecules on Earth for sustaining life. It is estimated that on Earth there is $1,4x10^9 km^3$ of water, but not all water can be used for drinking. Drinking water comes from two main sources: surface water and groundwater.

An adequate supply of quality drinking water is one of the main prerequisites for healthy life. The quality of drinking water can radically affect our health. For this reason, it is very important to drink only the purest water. But water pollution happens every day, naturally and by human activity. Anthropogenic contaminants in drinking water that can seriously affect our health can be devided in two main groups: chemical and biological contaminants.

Adverse health effects due to the presence of many chemical contaminants in water occur usually above certain concentrations, so most countries have standard gudeline values for concentration of these contaminants in drinking water. The quality of drinking water is monitored according to the regulations, guidelines and recommendations of the institutions on national and international levels.The most important are guidelines for drinking water quality of the World Health Organization. In Croatia, the quality of drinking water is regulated by the *Regulations on sanitary water drinking* NN 141/13.

Key words: water for drinking, anthropogenic contaminants, water quality

1. UVOD

Voda je, uz kisik, jedna od najvažnijih molekula na Zemlji za održavanje života. Voda čini 70% našeg tijela. Za sve što tijelo čini, potrebna mu je voda. Ona izgrađuje, regulira, prenosi, čisti i pomaže hraniti svaki pojedini dio tijela. Osnovni je sastojak svih tjelesnih tekućina i igra važnu ulogu u svim procesima našeg organizma: podmazuje organe i tkiva, regulira temperaturu, ispire otpadne tvari i toksine, vlaži kožu, hrani zglobove, kosti i mišiće, prenosi nutrijente do vitalnih organa.

Procijenjeno je da na Zemlji ima oko $1,4x10^9$ km^3 vode. Iako voda čini tri četvrtine zemljine površine, ne može se sva upotrijebiti za piće, jer oko 97% vode čini slana voda, oko 1,91% je voda na kopnu, 0,5% je podzemna voda, a 0,001% vode je u atmosferi (1). Voda za piće potječe od dvaju glavnih izvora: površinskih voda, poput rijeka i jezera, i podzemnih voda.

Opskrba zdravstveno ispravnom vodom jedan je od temeljnih uvjeta i načela društva i jedan je od osnovnih preduvjeta za zdrav život. Kvaliteta vode koju pijemo može radikalno utjecati na naše zdravlje. Upravo zato od životne je važnosti piti samo najčišću vodu (2).

Ne postoji savršeno čista voda. „Onečišćenje“ vode odvija se svakodnevno i to prirodnim putem i djelovanjem čovjeka. Sva voda sadrži određenu koncentraciju minerala iz sastava tla, dakle prirodnog porijekla, te u različitoj mjeri onečišćenja antropogenog porijekla, posebno mikroorganizme te kemijske spojeve (1,2). Generalno, podzemna voda je manje izložena onečišćenjima od površinske vode. Također, kvaliteta vode za piće i mogući povezani rizici po zdravlje variraju u različitim dijelovima svijeta. Neka područja, primjerice, pokazuju visoke koncentracije pojedinih štetnih spojeva i različitih patogena u vodi, dok su u drugim područjima koncentracije ovih onečišćenja vrlo niske i ne predstavljaju problem (2).

Kakvoća ili kvaliteta vode za piće ispituje se prema pravilnicima, preporukama i smjernicama i mjerodavnih ustanova i na državnoj i međudržavnoj razini. Najvažnije

su smjernice za kvalitetu vode za piće Svjetske Zdravstvene Organizacije (SZO) (2). U Hrvatskoj, kvaliteta vode za piće propisana je Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju NN 56/13, NN 64/15, te *Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama vode za ljudsku potrošnju* NN 125/13, NN 141/13 i 128/15 koji je u suglasju s istovrsnim pravilnicima Europske Unije.

Najvažnije su smjernice za kvalitetu vode za piće od SZO koja je svrstala kvalitetu vode za piće u dvanaest osnovnih indikatora zdravstvenog stanja stanovništva jedne zemlje, čime se i potvrđuje njena značajna uloga u zaštiti i unapređenju zdravlja (3).

2. ONEČIŠĆENJE VODE ZA PIĆE

Onečišćenje vode podrazumijeva promjenu kakvoće vode kojom se mijenja korisno svojstvo vode, pogoršava se stanje vodenih ekosustava i ograničuje namjenska uporaba vode (1).

Zagađenje vode podrazumijeva onečišćenje većeg razmjera u koncentracijama koje su iznad dopuštenih, čime se može dovesti u opasnost život i zdravlje ljudi i stanje okoliša (1).

Prema izvještajima SZO, oko 1,1 milijardi ljudi nema pristupa zdravstveno ispravnoj vodi, a zbog onečišćene vode godišnje obolijeva oko 1,2 milijarde ljudi, od čega 15 milijuna, poglavito djece, umire svake godine (4).

Mnoga područja podzemnih voda i površinskih voda su kontaminirana teškim metalima, postojanim organskim onečišćujućim tvarima, (Persistent Organic Pollutants POP), spojevima koji su otporni na fotolitičku, biološku i kemijsku razgradnju i koje se akumuliraju u živim organizmima te se lako prenose na velike udaljenosti. Također su prisutne i hranjive tvari koje imaju negativan utjecaj na zdravlje
U urbanim područjima voda se može kontaminirati na različite načine ili na samom izvoru vode ili sekundarno preko kondicioniranja vode, putem cijevi, industrijskim, komunalnim poljoprivrednim ili drugim izvorima zagađenja.

Onečišćenja u vodi koja mogu biti štetna po ljudsko zdravlje mogu se podijeliti u dvije skupine:
a) onečišćenja prirodnog podrijetla
b) onečišćenja antropogenog podrijetla.

Sastojci prirodnog podrijetla odraz su okoliša u kojem se voda nalazi, tj. odraz geološkog sastava tla s kojim voda dolazi u doticaj, dok sastojci antropogenog podrijetla potječu od ljudskih aktivnosti; od priljeva iz naselja, industrije, poljoprivrednih površina itd (1,2,4).

Antropogena onečišćenja koja mogu bitno utjecati na zdravlje ljudi možemo podijeliti u dvije glavne skupine:

a) kemijska onečišćenja
b) biološka onečišćenja (1).

A) Kemijska onečišćenja predstavljaju različite kemijske tvari koje na različite načine, a putem ljudskih aktivnosti, mogu dospjeti u vodu za piće te izazvati zdravstvene učinke kod ljudi. Bolesti koje te tvari uzrokuju obično se javljaju u kroničnom, a mnogo rjeđe i u akutnom obliku. Štetni učinci po zdravlje javljaju se obično iznad određenih koncentracija i zbog toga su u većini država propisane granične koncentracije tih tvari u vodi za piće (1). Postoji velik broj mogućih izvora antropogenih onečišćenja a mogu se svrstati u dvije osnovne vrste izvora, u točkaste i netočkaste (difuzne) izvore. Otpuštanje otpadnih tvari iz industrijskih postrojenja i putem sustava kanalizacije predstavljaju točkaste izvore i njih je lakše identificirati i kontrolirati. S druge strane, ispiranje otpadnih tvari sa poljoprivrednih površina ili sa tvrdih površina, kao što su prometnice, primjer su netočkastih izvora koje je teže identificirati i kontrolirati (2). Od mnogih uzroka antropogenih onečišćenja u vodi, kao najčešće treba navesti otpadne vode, poljoprivredu, prometnice, kemikalije korištene u samom procesu obrade i pročišćavanja vode za piće, sustave za distribuciju vode te onečišćenje koje dolazi iz zraka (1,4).

Otpadne vode otpuštaju se iz raznih industrija (tehnološke otpadne vode) i iz ljudskih naselja (komunalne otpadne vode), te mogu sadržavati brojna kemijska i mikrobiološka onečišćenja. Nepročišćene otpadne vode mogu dospjeti u podzemlje ili vodotokove te zagaditi sama izvorišta ili vodocrpilišta zbog čega predstavljaju opasan izvor zagađenja (4).

Poljoprivreda, točnije poljoprivredna zemljišta obrađena pesticidima i umjetnim gnojivima također predstavljaju veliki izvor zagađenja. Ovdje je važan utjecaj oborinskih voda koje, ispirući poljoprivredno zemljište, odvode u podzemlje velike količine umjetnih gnojiva, herbicida, pesticida. Na taj način, u konačnici, dolazi i do zagađenja podzemnih voda (4, 5).

Prometnice predstavljaju uzrok zagađenja jer otpadne vode prometnica koje sadrže mineralna ulja, teške metale i sl., odlaze u zemlju i dalje u vodotokove (2).

Kemikalije korištene u procesu obrade i pročišćavanja vode mogu predstavljati izvor zagađenja ako su prisutne u povećanim koncentracijama. Ovdje se misli prvenstveno na proces obrade i dezinfekcije vode prije same distribucije pri čemu se koriste kemikalije poput klora, natrij-fluorida, aluminij sulfata itd (1, 6).

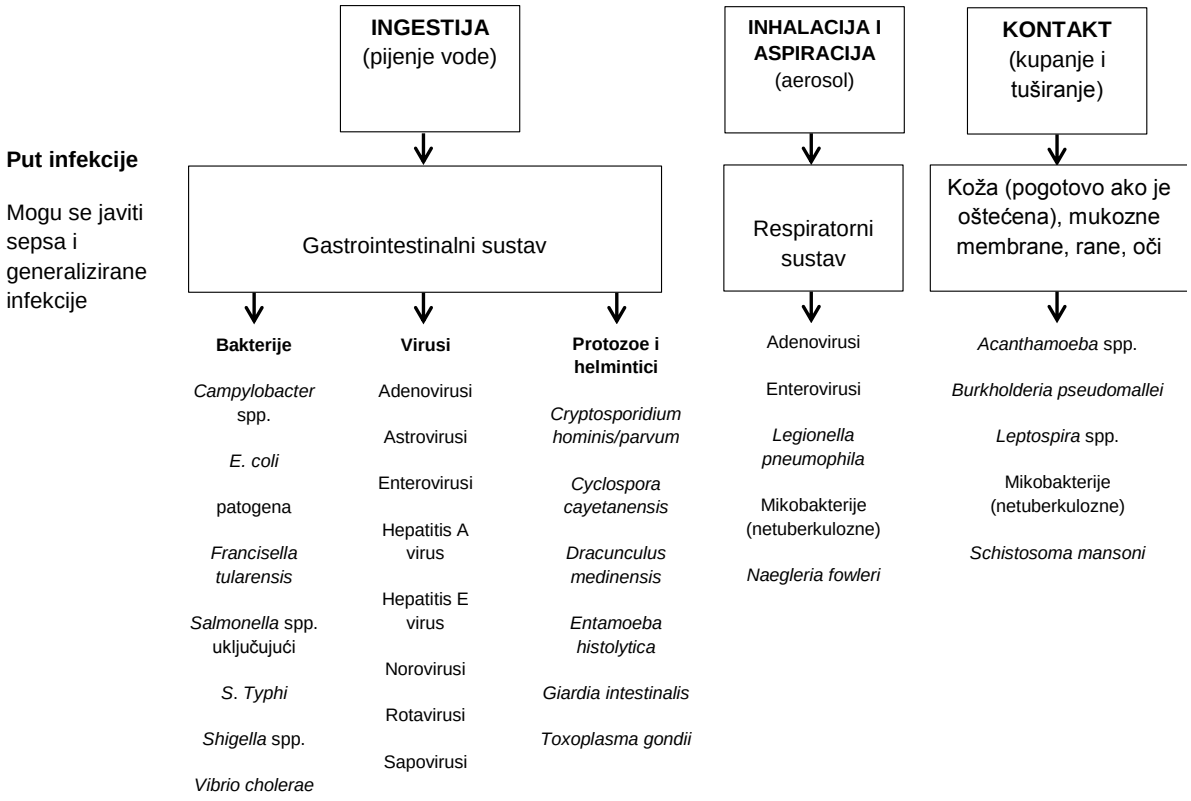
Sustavi za distribuciju vode još su jedan vid zagađenja vode koju svakodnevno konzumiramo. Naime poznato je da je voda jedan od najjačih agresivnih otapala na svijetu i tijekom distribucije do mjesta potrošnje, procesom korozije, u manjoj ili većoj mjeri dolazi do otapanja materijala od kojih su građene vodovodne cijevi. Na taj način se u vodi za piće mogu naći povećane koncentracije spojeva poput olova, bakra, željeza itd (5, 7).

Onečišćenje vode iz zraka doista je veliko. Štetne tvari iz zraka prije ili kasnije, dospijevaju na površinu zemlje, gdje se upijaju u tlo i prenose do podzemnih voda. Povećana količina kiselina i drugih tvari u zraku razlogom su povećane kiselosti površinskih i podzemnih voda (4).

B) Biološka onečišćenja predstavljaju biološki organizmi, točnije mikroorganizmi; bakterije, virusi i paraziti. U našem okruženju se nalazi mnogo bakterija koje generalno nisu štetne (apatogene), ali pod određenim uvjetima mogu izraziti nepoželjne efekte kod čovjeka (uvjetno patogeni), dok neki mikroorganizmi gotovo uvijek izazivaju bolesti (patogeni mikroorganizmi). Mikroorganizmi u vodu za piće dospijevaju najčešće iz tla ili putem fekalnog onečišćenja koje može izazvati

bolesti, a bolesti koje uzrokuju mogu se javiti kao endemije, epidemije ili sporadično (1, 4).

Tablica 1. Način prenošenja patogena na čovjeka putem vode.



Preuzeto od: Guidelines for drinking water quality fourth edition, 2011.

3. KEMIJSKA ONEČIŠĆENJA U VODI ZA PIĆE

Kemijski kontaminanti u vodi za piće mogu biti prirodnog (geološkog) podrijetla, no mnogo je veće značenje vezano uz antropogeno djelovanje, kontaminaciju vode prouzročenu čovjekovim djelatnostima (industrijska djelatnost, poljoprivreda, urbanizacija, promet, komunalne djelatnosti itd.). Kemijske tvari koje djelovanjem čovjeka mogu dospjeti u vodu predstavljaju ozbiljnu prijetnju za zalihe pitke vode na Zemlji. Iako mogu ozbiljno štetiti zdravlju, manje su proučavane od bioloških čimbenika. Bolesti koje te tvari izazivaju konzumacijom vode najčešće ne nastaju naglo već se češće vezuju uz kronična otrovanja i posljedice se osjećaju nakon duže kontinuirane izloženosti. Bolesti i simptomi otrovanja najčešće se javljaju iznad određenih koncentracija u vodi, pa se zaštita zdravlja provodi propisivanjem maksimalnih dopustivih koncentracija koje se još mogu tolerirati u vodi za piće (1,4).

Tablica 2. Kategorizacija izvora kemijskih onečišćenja

Izvor kemijskih onečišćenja	**Primjeri izvora kemijskih onečišćenja**
Izvori prirodnog podrijetla	Stijene, tla, učinci geološke sredine i klime; eutrofni organizmi u vodi (također pod utjecajem kanalizacije i ispiranja poljoprivrednih površina)
Industrijski izvori i naselja	Rudarstvo, proizvodne i prerađivačke industrije, kanalizacija, kruti otpad, curenje goriva, ispiranje urbanih površina
Poljoprivredne djelatnosti	Umjetna gnojiva, pesticidi, uzgoj životinja
Obrada vode za upotrebu i materijali koji dolaze u kontakt s vodom	Koagulanti, nusproizvodi dezinfekcije vode, materijali korišteni u izradi vodovodnih cijevi
Pesticidi korišteni za tretiranje prirodnih voda	Larvicidi koji se koriste u kontroli insekata koji su vektori za prijenos nekih bolesti

Izvor: Guidelines for drinking water quality fourth edition, 2011.

3.1 Metali u vodi za piće

3.1.1. Olovo

Olovo je kemijski element koji spada u skupinu teških metala (8). U prirodi je najčešći od teških metala i u Zemljinoj kori se nalazi u količini od 13 mg/kg (9). Bezbojan je metal, bez okusa i mirisa (7).

Olovo ima široku komercijalnu primjenu u raznim industrijama. Koristi se u proizvodnji vodovodnih cijevi, žica za lemljenje, boja, oružja, legura, kabelskih obloga, glazura, plastičnih stabilizatora itd. Tetraetil i tetrametil olovo učestalo su korišteni i kao antidetonatorski dodatak gorivu ali je njihova primjena u te svrhe zabranjena u zemljama Sjeverne Amerike i Zapadne Europe. Unatoč tome, velike količine olova koje su otpuštene u okoliš sagorijevanjem goriva i dalje su prisutne u okolišu i moguće dostupne za kruženje (4,6,9).

Otpadne tvari koje sadrže olovo iz industrije dospijevaju u okoliš pa tako i u vodu. No kada govorimo o vodi za piće, povećane količine olova najčešće potječu od olovnih vodovodnih cijevi i lemljivih spojeva cijevi u sustavu za distribuciju vode. U doticaju s vodovodnim cijevima, voda u manjoj ili većoj mjeri, procesom korozije, otapa olovni materijal od kojeg su građene i na taj način olovo dospijeva u vodu. Korištenje olovnih vodovodnih cijevi danas je zakonom ograničeno ali u vodovodima mnogih starijih kuća i gradova, voda još uvijek teče kroz olovne cijevi. Brzina otapanja olova iz olovnih cijevi ovisi o nekoliko čimbenika: koncentraciji klorida, vrijednosti pH, kisika, temperaturi, tvrdoći i vremenu zadržavanja vode u cijevima. Što je duže voda u dodiru s olovnom cijevi, to više tog otrovnog metala ona upija. Također, povećana kiselost vode, nizak sadržaj kalcijevog karbonata te smanjena tvrdoća vode pospješuju koroziju vodovodnih cijevi (7,9).

Budući da olovo nema korisnu svrhu u ljudskom tijelu, najbolje je da pitka voda sadrži što manje olova. Environmental Protection Agency (EPA) je postavila najvišu dopuštenu koncentraciju olova u vodi za piće od 15 µg/l (7), dok je prema

standardima SZO ta koncentracija 10 µg/l (5). Prema *Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* granična koncentracija također iznosi 10 µg/l (10).

Problem s olovom varira u različitim dijelovima svijeta. Garlford i Swistock navode kako je jedno istraživanje pitke vode u privatnim kućanstvima u Pennsylvaniji, 2006. i 2007. godine pokazalo je kako je čak 12% kućanstava sadržavalo nesigurne koncentracije olova u vodi i to preko 15 µg/l (7).

Prema dokumentu od SZO, novijim analizama koncentracije olova u vodi za piće u SAD-u nađena je geometrijska sredina od 2,8 µg/l. U uzorcima pitke vode prikupljenih u pet kanadskih gradova, srednja koncentracija olova bila je 2 µg/l. SZO navodi kako je jedna studija u Ontariju (Kanada) pokazala je kako je prosječna vrijednost olova u vodi potrošenoj za piće tijekom tjedan dana bila u rasponu od 1,1-30,7 µg/l, sa srednjom koncentracijom od 4,8 µg/l (9).

Olovo je kumulativni, sistemski otrov koji pokazuje učinke na gotovo sve organe i tkiva, te oštećuje stanične enzime i tako ometa metabolizam. Nešto olova naš organizam uspijeva izlučiti urinom, izmetom, znojem i majčinim mlijekom. Međutim, višak olova se taloži u organima i tkivima. Otrovanje olovom koje je posljedica konzumacije povećanih količina u vodi za piće uglavnom je tipično kronično otrovanje (1, 9, 11). Olovo može oštetiti reproduktivni sustav, centralni i periferni živčani sustav, može biti uzročni čimbenik za hipertenziju, oštećenje sluha, anemiju. Visoke koncentracije mogu uzrokovati i oštećenje bubrega (1, 7,9,11).

Anemija je posljedica učinaka na krvotvorni sustav. Olovo ometa aktivnost nekoliko enzima uključenih u biosintezu hema. Inhibira enzima dehidratazu delta aminolevulinske kiseline, ferokelatazu i intracelularni transport željeza. Osim toga, uzrokuje i hemolizu i skraćuje životni vijek eritrocita (1,9,12).

Učinak na središnji živčani sustav očituje se poremećajima u ponašanju i mentalnom razvoju djece (nesposobnošću za učenje). Djeca su zbog svoje manje tjelesne mase još osjetljivija. Oštećenje perifernog živčanog sustava odnosi se posebno na parezu

ili u težim slučajevima paralizu živca radijalisa (1,9).

Zatajenje rada bubrega posljedica je tubularne disfunkcije i poremećene glomerularne filtracije (1,11,12).

Reproduktivni učinci najčešće se očituju u vidu smanjenja broja spermija kod muškaraca, spontanih pobačaja kod žena i mogućih malformacija ploda (1,9).

SZO spominje da je kancerogenost olova u ljudi ispitana u nekoliko epidemioloških studija čiji su se rezultati pokazali ili negativnima ili su pokazali samo neznatno povećan mortalitet od povezan sa izloženosti olovu u vodi za piće.(9).

Zbog ograničenog broja studija i neuvjerljivih rezultata te na osnovu novijih eksperimentalnih istraživanja, olovo i njegovi anorganski spojevi svrstani su u skupinu 2, kao mogući kancerogeni za ljude (3).

3.1.2. Kadmij

Kadmij je kemijski element koji spada u skupinu teških metala (8). Kemijski je sličan cinku i u prirodi se javlja zajedno sa cinkom i olovom u sulfidnim rudama (13). U zemljinoj kori prisutan je u količini od 0,1-0,2 mg/kg (6).

Uporaba kadmija široko je rasprostranjena i uz olovo, jedan je od najvećih onečišćivača okoliša. Glavni izvor kontaminacije okoliša su industrijski i komunalni otpad. Kadmij se koristi u proizvodnji metala, legura, boja, nikal-kadmij baterija, kao stabilizator plastike, kao antikorozivno sredstvo, u proizvodnji električnih baterija, elektroničkih uređaja i nuklearnih reaktora, u legurama za lemljenje koje se koriste u kućnim instalacijama, bojlerima, rashladnicima vode, slavinama te u mnogim drugim namjenama (6, 13).

Kadmij dospijeva u vodu na više načina: otpuštanjem otpadnih tvari iz industrija i naselja ili iz vodovodnih instalacija koje sadrže kadmij. Iz dimnjaka spalionica smeća i

čeličana, kadmij u obliku kadmij oksida dospijeva i u zrak a zagađenje zraka podrazumijeva posljedično i zagađenje tla i vode (4, 13).

Prema standardima Svjetske zdravstvene organizacije, najviša dopuštena koncentracija kadmija u vodi za piće je 3 µg/l (5). Prema *Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* u Hrvatskoj, najviša dopuštena koncentracija je 5 µg/l (10). Koncentracije kadmija u nezagađenim prirodnim vodama su obično manje od 1µg/l (13).

Povećane koncentracije kadmija u vodi za piće možemo očekivati u onim područjima koja se opskrbljuju mekom vodom sniženog pH jer takva voda djeluje korozivnije na vodovodne instalacije koje sadrže kadmij. SZO navodi kako su u jednom istraživanju, u vodi za piće uzetoj iz plitkih bunara u nekim područjima u Švedskoj gdje su tla bila zakiseljena, koncentracije kadmija bile oko 5 µg/l (13).

Kod kronične izloženosti kadmiju putem hrane ili vode, najviše su pogođeni bubrezi (13). Kadmij oštećuje resorptivnu funkciju proksimalnih bubrežnih tubula što se očituje kao tubularna proteinurija, također oštećuje i bubrežne glomerule a može uzrokovati i aminoaciduriju, glikozuriju i fosfaturiju. Poremećaj u bubrežnom izlučivanju fosfata i kalcija može pak dovesti do resorpcije tih minerala iz kostiju što može rezultirati osteomalacijom i razvojem bubrežnih kamenaca. Mnogi slučajevi Itai-Itai bolesti (osteomalacija različitim stupnjevima osteoporoze udružena sa bolešću bubrežnih tubula), koja je primjer masovnog trovanja stanovništva kao posljedica antropogenog djelovanja, i proteinurije su zabilježeni među ljudima koji su živjeli u kontaminiranim područjima Japana i bili izloženi putem hrane i vode za piće. (1, 13, 12). Kronična izloženost kadmiju može povezati i sa pojavom arterijske hipertenzije (12). Pretpostavka je i kako kronična izloženost kadmiju može biti rizični čimbenik za razvoj karcinoma prostate, bubrega i pluća (12). SZO navodi kako postoje neki dokazi koji govore u prilog karcinomu ali su nedovoljno pouzdani te je zbog toga kadmij svrstan u skupinu 2A kao mogući kancerogen (13).

3.1.3. Živa

Živa je kemijski element iz skupine teških metala koji je prirodno rasprostranjen u okolišu (8). Gotova sva živa u prirodi i nezagađenim vodama prisutna je u obliku živinog iona i anorganskih soli tako da je malo vjerojatno da će se konzumacijom vode u organizam unijeti veće količine organskih živinih spojeva, poput metil žive, koji su iznimno toksični za organizam. Međutim, dokazano je kako se anorganska živa procesom metilacije, a djelovanjem mikroorganizama, može pretvoriti u metilnu i dimetilnu živu (1,4,14).

Živa je i prirodni i antropogeni onečišćivač okoliša. Prirodno se otpušta u okoliš kao posljedica vulkanske aktivnosti i erozijom prirodnih odlagališta (trošenjem tla). Antropogeni izvori žive uključuju fosilna goriva, komunalni otpad, tvornice celuloze, industrijski otpad, elektroničku opremu te različite instrumente (prekidači, termometri, barometri…). Živa se koristi i kao sirovina u proizvodnji pesticida (6, 14). Koristi se i u izradi legura, eksploziva, pri dobivanju zlata te u farmaceutskoj industriji (3). Putem otpadnih tvari i otpadnih voda iz industrija i naselja te ispiranjem poljoprivrednih zemljišta tretiranih pesticidima što sadrže živu, ona dospijeva u prirodne vode. Iako gradski vodovodi uglavnom uklanjaju živu prije distribucije vode naseljima, ljudi koji povlače vodu iz prirodnih bunara mogu ostati primjerice potpuno nezaštićeni, posebno u područjima razvijene poljoprivrede (6, 14).

SZO je postavila standard prema kojem je najviša dopuštena koncentracija u vodi za piće 6µg/l (5). Prema *Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* u RH, maksimalne dozvoljene koncentracije u vodi za piće iznose 1 µg/l (10).

Koncentracije žive u izvorima pitke vode su obično manje od 0,5 µg/l, a u neki slučajevima mogu se u podzemnim vodama naći i veće koncentracije (14).

Živa se u organizmu nakuplja prije svega u bubrezima koji su, uz središnji živčani sustav, glavna meta živinih spojeva. Biološko vrijeme poluraspada je dugačko, i do nekoliko godina. Živine soli izlučuju se putem bubrega, jetre, crijeva, putem žlijezda

znojnica, slinovnica i mlijeka, ali najviše putem urina i fecesa. Posebno su opasni organski živini spojevi (metilna živa) zbog nakupljanja u mozgu i polaganog izlučivanja iz tijela (12,14).

Živa će uzrokovati ozbiljno oštećenje bilo kojeg tkiva s kojim dođe u dodir u dovoljnim koncentracijama, no ipak, dvije glavne posljedice trovanja živom su neurološki i bubrežni poremećaji. Neurološki poremećaji vezuju se uz otrovanje metilnom i etilnom živom, i kod njih je oštećenje jetre i bubrega od manjeg značaja, dok su bubrežno i jetreno oštećenje vezani uglavnom uz trovanje anorganskom živom (14). Neurološki simptomi uključuju tremor, psihičke promjene, razdražljivost i smetnje ponašanja, dok je poremećaj bubrežne funkcije posljedica oštećenja proksimalnih bubrežnih tubula s mogućim razvojem nefrotskog sindroma ili zatajenja bubrega (12).

3.1.4. Krom

Krom je kemijski element iz skupine prijelaznih metala (8). Sivi je, tvrdi metal, bez okusa i mirisa te je široko rasprostranjen u Zemljinoj kori. Prirodno je prisutan u stijenama, biljkama, tlu, vulkanskoj prašini, itd. (4,15,16). Elementarni krom ne nalazimo u prirodi i biološki je inertan. Najčešći oblici koji se javljaju u prirodnim vodama su trovalentni i šesterovalentni krom. Gotovo sav krom iz prirodnih izvora nalazimo u trovalentnom obliku dok je podrijetlo šesterovalentnog kroma uglavnom industrijsko (17).

Krom-3 je bitan ljudski prehrambeni element i prirodno se nalazi u povrću, voću, mesu, žitaricama i kvascu (16). Krom-6 se pokazao kao jak oksidans, posebno u kiselim medijima gdje se veže s kisikom i stvara kromat ili dikromat koji imaju jak oksidacijski kapacitet (17).

U velikim količinama, krom se upotrebljava za postupak kromiranja (elektroničko presvlačenje površina metala i nemetala). Ima i široku primjenu u metalurgiji i kemijskoj industriji, kao sastojak legura jer povećava otpornost na koroziju, u proizvodnji stakla, keramike i porculana te u tekstilnoj i fotografskoj industriji (4,15).

Zbog lošeg skladištenja ili neadekvatne prakse zbrinjavanja industrijskog otpada, šesterovalentni krom može putem otpadnih voda dospjeti u prirodne vode i izazvati onečišćenje podzemnih voda. Ukoliko se ta voda koristi za piće, mogući su negativni učinci na zdravlje (16).

U ljudi se, nakon apsorpcije kroz gastrointestinalni trakt, krom najviše akumulira u limfnim čvorovima, slezeni, jetri i bubrezima (15). I dok krom-3 ima relativno nisku toksičnost i predstavlja opasnost samo u vrlo visokim koncentracijama, krom-6 je vrlo toksičan i predstavlja potencijalnu opasnost za zdravlje, posebno zbog svog karcinogenog djelovanja. Kao jak oksidans, krom-6 u ljudskom organizmu lako prolazi staničnu membranu, reagirajući s proteinima i nukleinskim kiselinama unutar stanice tijekom čega prelazi u trovalentni krom. Upravo pri kontaktu sa genetskim materijalom u stanici dolaze do izražaja njegova kancerogena svojstva. Trovalentni krom, s druge strane, nema sposobnost prelaska stanične membrane (4,15,17). Prema navedenom, krom-6 je svrstan u skupinu 1 (kancerogen za ljude), a krom-3 u skupinu 3 (neklasificiran s obzirom na karcinogenost) (15).

Prema standardima SZO, maksimalne dozvoljene koncentracije u vodi za piće određene su samo za ukupni krom od 50 µg/l (5).

3.1.5. Bakar

Bakar je kemijski element iz skupine prijelaznih metala. Elementarni bakar je crvene do crvenkastosmeđe boje, široko rasprostranjen u prirodi (8,18). Prirodno se javlja u stijenama, tlu, biljkama, životinjama i vodi. Rijeko se javlja u elementarnom stanju (6,19). Također pripada u esencijalne elemente za ljudski organizam kao važan sastavni element mnogih enzima (4).

Zahvaljujući svojim osobinama; otpornosti prema koroziji, dobrim mehaničkim svojstvima, visokoj električnoj vodljivosti i toplinskoj provodnosti, bakar je našao vrlo široku komercijalnu upotrebu (18,20). Bakar se koristi u industriji kabela za električne vodiče, u proizvodnji vodovodnih cijevi, ventila, armatura, kovanica, pribora za

kuhanje i građevinskog materijala. Prisutan je i u streljivu, legurama i premazima. Spojevi bakra koriste se i kao fungicidi, algicidi, insekticidi, u litografiji, preradi nafte i pirotehnici (6,20).

Razina bakra u površinskim i podzemnim vodama općenito je vrlo niska, no povećane količine bakra mogu dospjeti u vodu kao posljedica rudarenja, poljoprivrede, te otpuštanjem otpadnih voda iz naselja i industrija. Na ovaj način dolazi posredno i do zagađenja vode namijenjene za piće. No povećane koncentracije bakra u vodi za piće ipak su najčešće posljedica korozije bakrenih vodovodnih cijevi za distribuciju vode naseljima. Korozija cijevi je daleko najveći razlog za zabrinutost (19,21). Bakrene cijevi u širokoj su upotrebi no bez obzira na to, u većini slučajeva, koncentracije bakra će biti ispod maksimalnih dozvoljenih vrijednosti. Međutim, u prisutnosti kiselih i agresivnih voda koje nagrizaju bakrene cijevi, koncentracije bakra u vodi koju pijemo mogu biti značajno povišene. Čimbenici koji utječu na koroziju jesu nizak pH, povišena temperatura vode, niži sadržaj ukupno otopljenih tvari i velike količine otopljenog kisika i ugljičnog dioksida. Kako navodi SZO, rezultati brojnih istraživanja provedenih u Europi, Kanadi i SAD-u pokazuju kako vrijednosti bakra u vodi za piće variraju od <0,005 pa do >30 mg/l vode, a primarni izvor najčešće je korozija bakrenih vodovodnih cijevi (20).

Prema preporukama SZO i *Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* u RH, maksimalne dozvoljene koncentracije za bakar iznose 2mg/l (5,10).

Otopljeni bakar u vodi mijenja i organoleptička svojstva vode i može ju činiti odbojnom za piće. Pri koncentracijama većim od 2,5 mg/l daje vodi neželjeno gorak, metalni okus, a pri još višim koncentracijama boja vode se može mijenjati u svijetloplavu ili plavo-zelenu (20).

U organizmu čovjeka, bakar pripada u esencijalne elemente i neophodan je za pravilno funkcioniranje mnogih važnih enzimskih sustava. Enzimi koji sadrže bakar su ceruloplazmin, citokrom-oksidaza c, tirozinaza, monoaminooksidaza, liziloksidaza i fenilalaninhidroksilaza. Najviše koncentracije bakra u normalnim uvjetima prisutne su

u jetri, mozgu, srcu i bubrezima (20). Iz organizma se izlučuje ponajprije putem žuči (18).

Iako je potreban tijelu, višak bakra u organizmu može uzrokovati neželjene učinke. Pri akutnoj izloženosti većim koncentracijama javljaju se gastrointestinalno krvarenje, hematurija, intravaskularna hemoliza, methemoglobinemija, hepatocelularna toksičnost te akutno zatajenje bubrega i oligurija (20,18). Akutna izloženost nižim dozama rezultira simptomima tipičnim za trovanje hranom (glavobolja, mučnina, povraćanje, proljev (4,20). Prema podacima dobivenim na temelju istraživanja, najniža koncentracija bakra povezana s zdravstvenim učincima je oko 4 mg/l (20,21).

3.1.6. Željezo

Željezo je kemijski element iz skupine prijelaznih metala (8). Nakon aluminija, najrasprostranjeniji je element u zemljinoj kori sa masenim udjelom od oko 5% (22). Elementarno željezo rijetko se nalazi u prirodi jer je kemijski vrlo reaktivno. Željezni ioni, Fe^{2+} i Fe^{3+} pretežno reagiraju sa kisikom i spojevima koji sadrže sumpor formirajući oksidne, hidroksidne, karbonatne i sulfidne spojeve. U prirodi je najčešće prisutno u obliku željeznih oksida (22).

Željezo ima vrlo raširenu upotrebu. Poznato je od pradavnih vremena , najvažniji je tehnički metal i upotrebljava se na mnogo načina a najčešće se koristi kao čelik. (4).Željezo je neizostavni materijal u automobilskoj industriji, brodogradnji , graditeljstvu, u vodovodnim cijevima. Željezni oksidi koriste se kao pigmenti u proizvodnji boja i plastike, ostali spojevi koriste se kao dodaci prehrani i u liječenju raznih medicinskih stanja obilježenih nedostatkom željeza (22).

Povećane koncentracije željeza utječu na organoleptička svojstva vode, mijenjajući joj boju, miris i okus. Voda postaje zamućena, može poprimiti žućkastu do narančastu boju što se lako može vidjeti pusti li se da odstoji kratko vrijeme na zraku ili na rublju koje je prano u takvoj vodi, te joj daje gorak i metalan okus (1,22). Zamućenje i promjena boje vode mogu se javiti već pri koncentraciji od 0.05-0,1 mg/l (22). Željezo

također u vodovodnoj mreži potiče rast i razvoj određenih vrsta mikroorganizama i iako je važan mikroelement za ljude, te neophodan organizmu, dugotrajna konzumacija može štetno djelovati na zdravlje, te je stoga neophodno, u toku obrade vode za piće, ukloniti željezo (1,22).

Prema *Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* u RH najviša dopuštena koncentracija u vodi za piće iznosi 200µg/l (10).

Željezo je bitan element u tragovima u ljudskom organizmu. Najveći dio prisutan je u obliku hemoglobina, mioglobina i enzima koji sadrže hem. Zalihe željeza se nalaze u obliku feritina i hemosiderina pretežno u jetri i slezeni (4,22). Nema dokaza da povećane koncentracije željeza u vodi za piće bitno utječu na zdravlje. Činjenica je da prekoračena dozvoljena količina u vodi za piće nema direktnog utjecaja na zdravlje konzumenata, mada dugoročno konzumiranje vode sa bitno povećanim koncentracijama željeza može dovesti do taloženja u organizmu, a tada već može, u dugotrajnom taloženju imati i negativan-kancerogeni utjecaj na zdravlje (3).

3.1.7. Aluminij

Aluminij je kemijski element iz skupine slabih metala, srebrno-bijele, sjajne boje (4,8). Najrašireniji je metalni element u prirodi sa udjelom od oko 8% u Zemljinoj kor (6,23). Zbog svoje visoke reaktivnosti u prirodi ga nema u elementarnom stanju, ali je vrlo rasprostranjen u mnogobrojnim rudama i mineralima. Prirodno se javlja u obliku silikata, oksida, hidroksida te u kombinaciji s drugim elementima, kao što su natrij i fluorid te sa organskim tvarima (npr. humusna ili fulvinska kiselina) (24).

Zbog svojih prirodnih svojstava (fizikalnih svojstava pogodnih za kalupljenje te prirodne otpornosti na koroziju), ima široku primjenu u industrijama. Aluminij se koristi u industriji pakiranja (aluminijske folije, limenke), avioindustriji, brodogradnji, automobilskoj, informatičkoj industriji, elektroničkoj industriji, u izgradnji dalekovoda, proizvodnji boja, lakova, metalnih legura, u građevinarstvu itd. Spojevi aluminija koriste se kao antacidi, antiperspiranti i kao aditivi u proizvodnji hrane. Aluminijeve

soli su također i u širokoj upotrebi u procesu obrade i pročišćavanja vode za piće. Koriste se kao koagulanti u svrhu uklanjanja organskih tvari, boja, mikroorganizama te u svrhu bistrenja vode, odnosno uklanjanja mutnoće. Postupak se obično sastoji od dodavanja aluminijevog sulfata pri optimalnom pH i dozi, nakon čega slijedi proces flokulacije, sedimentacije i filtracije (23).

Prisutnost povećanih koncentracija aluminija u vodi za piće može biti posljedica otpuštanja aluminija i njegovih spojeva putem otpadnih voda iz industrija ali još češće kao posljedica samog procesa obrade vode za piće prije same distribucije (6,23).

Prema *Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* u RH, maksimalna dozvoljena vrijednost aluminija u vodi za piće iznosi 200µg/l (10). Procijenjeni dnevni unos aluminija putem vode za piće je oko 0,1µg/l vode (23).

Aluminij apsorbiran putem gastrointestinalnog trakta, raspoređuje se u većini organa u tijelu s najvišim koncentracijama u kostima. Učinkovito se izlučuje urinom. Aluminij do određenog stupnja može i prelaziti krvno-moždanu barijeru što upućuje na njegovo moguće neurotoksično djelovanje (23).

Iako je sveprisutan u hrani, vodi te mnogim antacidnim preparatima, malo je indikacija o njegovoj akutnoj toksičnosti prilikom oralne izloženost (24). SZO navodi da su neke studije pokazale da simptomi akutnog otrovanja mogu uključivati mučninu, povraćanje, proljev, ulkuse, osip te artritis. Simptomi su uglavnom blagi i kratkotrajni. Zbog dokazanog neurotoksičnog djelovanja na SŽS, već otprije je postavljena hipoteza da je izlaganje aluminiju povezano sa nastankom Alzheimerove bolesti. Prema dokumentu od SZO, ocijenjeno je 20 epidemioloških studija provedenih radi testiranja hipoteze da aluminij u vodi za piće predstavlja faktor rizika za razvoj Alzheimerove bolesti. Od 20 studija, njih 6, provedenih u Norveškoj, Kanadi, Francuskoj, Švicarskoj i Engleskoj, ocijenjeno je kao dovoljno pouzdano i kvalitetno da bi se na temelju njih moglo pretpostaviti o mogućim rizicima i povezanosti aluminija i AD (23). Studija provedena u Francuskoj pokazala je značajnu povezanost između aluminija i AD i ukazala da aluminij može biti jedan od faktora rizika

povezanih sa AD i demencijom (25). Doduše, od 6 studija, samo je 3 pokazalo pozitivan odnos između aluminija i AD (23). Možemo reći kako, na temelju dosadašnjeg znanja o AD i prikupljenim dokazima te na temelju proturječnih rezultata istraživanja, trenutačni dokazi ne podržavaju uzročnu povezanost između aluminija i AD.

3.1.8. Arsen

Arsen je kemijski element iz skupine polumetala (8). Široko je rasprostranjen u Zemljinoj kori, najčešće u obliku arsenovog sulfida ili u obliku spojeva arsenata i arsenida. U podzemnim i površinskim vodama najčešće je prisutan u obliku spojeva arsenata (26,27).

Arsen i njegovi spojevi u širokoj su komercijalnoj i industrijskoj uporabi. Koriste se kao legure u proizvodnji tranzistora, lasera i poluvodiča, kao i u procesu proizvodnje stakla, boja, tekstila, papira, streljiva te u drvnoj industrij 86,26). U ograničenoj mjeri koriste se i kao pesticidi, aditivi u hrani i za proizvodnju lijekova (4,26,27).

Osim što dospijeva u podzemne vode prirodnom erozijom stijena, minerala i ruda, veće količine arsena u vodi mogu potjecati i od odlagališta otpada farmaceutske industrije, industrije boja i pesticida (3). Razina arsena u prirodnim vodama općenito varira između 1 i 2 µg/l, a u blizini spomenutih antropogenih izvora onečišćenja, koncentracije mogu biti znatnije povišene. Najveća izloženost arsenu potječe od oralnog unosa putem hrane i pitke vode, uključujući i razna pića (26). Posebno su ugrožena kućanstva u blizini industrijskih ili poljoprivrednih postrojenja koja vodu crpe iz privatnih bunara (4).

Svjetska zdravstvena organizacija odredila je maksimalnu dozvoljenu koncentraciju u vodi za piće od 10 µg/ (5).

Kako arsen ne igra biološku ulogu u organizmu čovjeka i ne pripada u esencijalne elemente, njegova prisutnost u organizmu nije poželjna. Spojevi arsena uglavnom se

brzo apsorbiraju iz gastrointestinalnog trakta i dok se organski spojevi arsena učinkovito i gotovo u potpunosti eliminiraju putem bubrega, anorganski spojevi arsena, koji su kancerogeni te stoga opasniji od organskih spojeva, mogu se akumulirati u koži, kostima, jetri, bubrezima i mišićima (26).

Akutna intoksikacija arsenom može se javiti prilikom pijenja vode koja sadržava arsen u koncentracijama između 1,2 i 21 mg/l. Simptomi uključuju bol u trbuhu, povraćanje, proljev, slabost, bol u mišićima i ljuštenje kože. Ovi simptomi često su praćeni i ukočenošću i parestezijama ekstremiteta, grčevima u mišićima te pojavom papuloznog, eritematoznog osipa (26). Kronično trovanje arsenom povezano je s nizom negativnih učinaka na organizam. Glavni negativni učinci uključuju kožne promjene (hiperkeratoze, hiperpigmentacije i hipopigmentacije), neurotoksičnost (periferna neuropatija), karcinome kože, mokraćnog mjehura, pluća te kardiovaskularne bolesti („Blackfoot“ bolest, bolesti perifernih arterija, infarkt miokarda te povišen krvni tlak) (4,26). SZO navodi kako su brojne studije provedene među populacijama koje su svakodnevno konzumirale vodu zagađenu arsenom, pokazale su kako su najčešće zapažen simptom bile kožne lezije koje se javljaju nakon minimalnog razdoblja izloženosti od oko 5 godina. Provedene su i brojne epidemiološke studije u različitim dijelovima svijeta koje su proučavale rizik od pojave više vrsta raka povezanih sa izloženošću arsenu putem vode za piće, a koje su dale uvjerljive dokaze kako je arsen uzročno povezan s razvojem karcinoma, posebno kože, mokraćnog mjehura i pluća (26). Stoga su anorganski spojevi arsena klasificirani od strane Međunarodne agencije za istraživanje raka (IARC) u skupinu 1 (kancerogeni za ljude) (3,26).

3.2. Fluor

Fluor je kemijski element iz skupine halogenih elemenata. Široko je rasprostranjen u prirodi ali zbog svoje visoke reaktivnosti ne može se naći u elementarnom stanju već isključivo u spojevima (8). Spaja se gotovo sa svim elementima a najvažniji minerali su mu fluorit i kriolit i fluorapatit. Najvažniji su anorganski spojevi fluora fluorovodik, natrij-fluorid te silikofluoridna kiselina. Sva tri

spoja su dobro topiva u vodi, bez okusa, boje i mirisa (24). Izuzetno je otrovan kao i otopine fluorida. Spojevi fluora također su normalni sastojci zubne cakline i kostiju u organizmu životinja i čovjeka (28).

Anorganski spojevi fluora imaju široku primjenu u industrijskoj proizvodnji. Fluoridi se koriste u elektroničkoj proizvodnji, rafinaciji aluminija, u proizvodnji keramike, stakla, glazura, u obradi čelika, u proizvodnji fosfatnih gnojiva i ostalo. Natrij-fluorid i silikofluoridna kiselina upotrebljavaju se i kao dodatak u vodi za piće i zubnim pastama (24).

SZO je odredila maksimalne dozvoljene koncentracije fluorida u vodi za piće od 1,5 mg/l. Prema *Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* u RH, ova vrijednost također iznosi 1,5 mg/l (10).

Procijenjeni dnevni unos fluorida preko vode za piće je između 0,03 do 0,68 mg/dan i pastom za zube 0,2-0,3 mg/dan (28).

Veće koncentracije fluora i njegovih spojeva mogu se naći u podzemnim i površinskim vodama kao posljedica otpuštanja industrijskog otpada u prirodne vodne recipijente, dok je fluor u vodi za piće obično posljedica fluoriranja vode u svrhu prevencije karijesa i jačanja odnosno smanjenja demineralizacije zubne cakline (28). Fluoriranje vode je postupak dodavanja fluorida (fluorovih soli), posebno natrijevog fluorida u sustave javne vodoopskrbe u nekim zemljama. SAD je prva zemlja koje je uvela fluoriranje vode 1945.g. Kasnije ga je uvelo još niz zemalja diljem svijeta, no nakon niza provedenih studija o mogućim negativnim utjecajima fluora na zdravlje, postavila se sumnja u sigurnost i stvarnu vrijednost postupka fluoriranja vode (29). Hrvatska nema praksu dodavanja fluora u svoju vodu (4).

Fluor se u organizmu ponaša kao kumulativni otrov. Oko 50% fluora koji unosimo u organizam izlučuje se bubrezima a druga polovica se akumulira u našem tijelu, posebno u kostima, epifizi i još nekim tkivima. Zbog već spomenute visoke reaktivnosti, fluor gradi komplekse sa ostalim elementima u organizmu, posebno s kalcijem i magnezijem zbog čega može primjerice utjecati na neke enzime koji u sebi

sadrže magnezij. SZO navodi kako su provedene su mnoge studije o mogućim negativnim posljedicama dugotrajnog uzimanja fluora putem vode za piće kojima je utvrđeno da fluor prvenstveno djeluje na skeletna tkiva (kosti i zubi). U niskim koncentracijama djeluje protektivno u smislu prevencije zubnog karijesa, pogotovo u djece. Zaštitni učinci fluorida (koji uključuju ugradnju fluorida u matriks zuba tijekom njegovog formiranja, razvoj plićih žljebova zuba koji su time manje skloni propadanju i kontakt s površinskom caklinom) povećavaju se s koncentracijom do oko 2 mg/l vode. Međutim, fluorid može imati nepovoljan utjecaj na zubnu caklinu i može dovesti do blage dentalne fluoroze (uključuje pojavu žućkastih mrlja na zubima i pojačano raspadanje cakline) u koncentracijama između 0,9 i 1,2 mg/l vode. Razdoblje najveće osjetljivosti je u vrijeme mineralizacije sekundarnih gornjih središnjih sjekutića u dobi od oko 22-26 mjeseci starosti. Prema dokumentu od SZO to je potvrđeno u brojnim kasnijim studijama, uključujući i istraživanje provedeno u Kini koje je pokazalo da je, pijenjem vode koja je sadržavala 1 mg fluorida po litri, dentalna fluoroza bila otkrivena u 46% ispitivane populacije (28, 29). Povećan unos fluorida može rezultirati i štetnim učincima na skeletna tkiva. Skeletna fluoroza (nepovoljne promjene u strukturi kostiju, ukočenost zglobova, bolovi u kostima, slabljenje kostiju i veća učestalost prijeloma) može se razviti pri koncentracijama između 3-6 mg/l vode (28).

SZO navodi kako je provedeno i nekoliko epidemioloških studija o mogućoj povezanosti fluorida u vodi za piće i pojave osteosarkoma u ljudi međutim smatra se kako nisu pružile dovoljno pouzdanih dokaza o ovoj povezanosti i ne može se sa sigurnošću tvrditi kako povećan unos fluorida može uzrokovati karcinom u ljudi (28).

3.3. Dezinfekcija vode i nusproizvodi dezinfekcije

Dezinfekcija vode postupak je uništenja bakterija, virusa i protozoa s ciljem sprječavanja prenošenja bolesti. Daleko najčešći postupak dezinfekcije vode za piće jest dezinfekcija vode klorom i njegovim spojevima. Kloriranje vode redovna je pojava u javnim vodovodima kako bi se uništili mikroorganizmi, no s druge strane ono je sada odgovorno za stvaranje nove vrste opasnih zagađivača i danas predstavlja realnu opasnost po ljudsko zdravlje. Naime, klor u vodi reagira sa otopljenim

organskim tvarima te kao posljedica tih reakcija nastaju trihalometani kao nusproizvodi dezinfekcije vode. Zbog njihove otrovne prirode u vodi za piće, svaka pronađena prisutnost trihalometana je neprihvatljiva (1,30).

Klor je kemijski element iz skupine halogenih elemenata. Najrasprostranjeniji je halogeni element u prirodi no, kao i kod ostalih halogenih elemenata, zbog svoje visoke reaktivnosti u prirodi ga nema u elementarnom stanju (8). U vodi je najčešće prisutan u obliku hipokloritne kiseline i hipokloritnog iona. Elementarni klor je plin zelenkastožute boje, oštrog i neugodnog mirisa i vrlo je otrovan. Također je i snažan oksidans (8,31).

Klor je danas u širokoj upotrebi. Upotrebljava se kao izbjeljivač u industriji i za osobnu uporabu, u prehrambenoj industriji za kontrolu bakterija i neugodnih mirisa u hrani, ali svoju najširu primjenu našao je kao glavno sredstvo za dezinfekciju vode. Dezinfekcija vode klorom je zbog svoje relativno povoljne cijene i efikasnog učinka na mikroorganizme nezamjenjiva metoda koju koriste gotovo svi javni vodovodi (1,31,32).

SZO je odredila maksimalnu dozvoljenu koncentraciju klora u vodi za piće od 5 mg/l (5), a po njihovim procjenama, prosječna koncentracija klora u većine dezinficiranih voda za piće je oko 0,2-1 mg/l, što generalno znači da pijenje kontrolirane dezinficirane vode ne predstavlja rizik po zdravlje (31).

Prema dokumentu od SZO, istraživanja provedena na životinjama i ljudima izloženim kloru u vodi za piće, nisu dokazala specifične učinke koji su bili posljedica konzumacije vode. U jednoj studiji provedenoj na odraslim, zdravim muškim dobrovoljcima koji su bili progresivno izloženi sve većim dozama klora u vodi za piće, nije dokazana štetnost odnosno fiziološki značajni toksikološki učinci u svim studijskim grupama. Ista studija izvijestila je kako bi aktivacija astme mogla biti povezana sa izlaganjem kloriranoj vodi. Provedena su i istraživanja koja su pokazala kako ljudi koji piju vodu sa koncentracijama klora većim od dozvoljenih imaju i veći rizik od pojave želučanih tegoba. Još jedno istraživanje koje je uključivalo 46 zajednica u Wisconsinu, pokazalo je kako su serumske koncentracije kolesterola i

HDL-a bile više u zajednicama koje su koristile kloriranu vodu. Istraživači su nagađali da bi klor vjerojatno u interakciji s kalcijem na neki način mogao utjecati na vrijednosti lipida u krvi (31).

Nije sa sigurnošću dokazan ni kancerogeni učinak klora no postoje neka istraživanja koja su ovo dvoje dovela u vezu. Primjerice, jedna je studija, provedena na skupini odraslih ispitanika praćenih gotovo polovicu života, a od kojih je dio pio kloriranu vodu a dio nekloriranu, pokazala kako bi povećan rizik od od karcinoma mokraćnog mjehura mogao biti povezan sa konzumacijom klorirane vode (26).

Kloramin je klorni preparat koji nastaje reakcijom hipokloritnog iona u vodi sa amonijem te predstavlja vezani rezidualni klor. Za razliku od slobodnog rezidualnog klora (hipokloritna kiselina i hipokloritni ion), na bakterije i viruse u vodi djeluje slabije i sporije te u povećanim koncentracijama što predstavlja njegov nedostatak no s druge strane, za razliku od elementarnog klora daje manje štetnih klororganskih spojeva kao nusproizvoda dezinfekcije (1,32).

Istraživanja su pokazala kako povećane koncentracije kloramina u vodi za piće mogu povećati rizik od nastanka anemije i želučanih tegoba (32).

Klorov dioksid je također klorni preparat koji se koristi u dezinfekciji vode. Za razliku od elementarnog klora, u vodi ne stvara klororganske spojeve što mu je prednost. Koristi se uglavnom za dezinfekciju vodovodne vode (1).

Zdravstveni učinci klorovog dioksida očituju se u obliku methemoglobinemije. Naime, nakon sinteze klorovog dioksida u vodi mogu preostati kloriti koji su u povećanim koncentracijama odgovorni za ovaj učinak (1).

Trihalometani su štetni spojevi koji nastaju reakcijom klora i organskih tvari u onečišćenoj vodi (1). Najpoznatiji predstavnik je kloroform a u vodi se još mogu naći i metilkloroform, trikloretilen i tetrakloroetilen. Organske tvari od kojih nastaju trihalometani nazivaju se prekursori trihalometana. Organske tvari iz industrijskih otpadnih voda mogu dospijeti i u vode namijenjene za piće a isto tako u vodi mogu

biti prisutna i prirodna onečišćenja poput huminske ili fluvinskekiseline. Količina stvorenih trihalometana (THM) u vodi za piće ovisi od količini prekursora, primjenjenoj količini klora za dezinfekciju i dužini kontakta vode i klora(duži kontakt znači i veće stvaranje trihalometana (30).

Kloroform je najpoznatiji predstavnik ove skupine spojeva. Bezbojna je i bistra tekućina, lako hlapljiva, sa karakterističnim mirisom i slatkog okusa. Općenito se najčešće koristi u proizvodnji pesticida, drugih kemikalija i kao otapalo. Kemijskom razgradnjom kloroforma mogu nastati spojevi poput fosgena i solne kiseline (33).

Opća populacija izložena je kloroformu podjednako iz tri izvora, hrane, vode i zraka u zatvorenim prostorima. Prema općim procjenama, prosječni dnevni unos kloroforma iz vode za piće je manji od 0,5µg/kg tjelesne težine na dan (34).

Prema standardima SZO, najviša dozvoljena koncentracija kloroforma u vodi za piće piće je 300µg/l (5).

U organizmu, kloroform se distribuira po cijelom tijelu, a najviše koncentracije postiže u masnom tkivu, jetri, bubrezima, krvi, plućima, bubrezima i živčanom sustavu. Većina kloroforma unesenog oralnim putem nakuplja se i metabolizira u jetri. Biotransformaciju kloroforma metabolizira enzim citokrom P-450 čime nastaje spoj triklormetanol. Gubitkom kloridne kiseline iz triklormetanola nastaje fosgen, reaktivni intermedijer koji pokazuje sklonost vezanja na tkivne proteine što je povezano s oštećenjem i smrti stanica. Drugi štetni produkt nastao razgradnjom kloroforma je diklormetilni radikal koji se veže na tkivne lipide (34).

Kloroform izaziva vrlo slične simptome toksičnosti u životinja i ljudi. Jetra i bubrezi su glavni ciljni organi za toksično djelovanje kloroforma (33). Ovdje glavnu ulogu u oštećenju organa ima već spomenuti reaktivni intermedijer fosgen (34). Najznačajniji toksični učinak kloroforma je onaj hepatotoksični, posebno na centrolobularni dio jetre (33). Kloroform se dovodi u vezu sa renalnom tubularnom nekrozom i zatajenjem bubrega kod ljudi (33). U dokumentu od SZO se spominje kako je u nekim epidemiološkim studijama dokazana i povezanost između kloroforma i karcinoma

mokraćnog mjehura i debelog crijeva, no te studije imale su određene nedostatke zbog kojih se ne mogu smatrati relevantnima te možemo općenito reći kako su dokazi za kancerogenost kloroforma u vodi za piće u ljudi, iako prisutni, neadekvatni (34).

3.4. Pesticidi u vodi za piće

Pesticide možemo definirati kao bilo koje tvari ili mješavine tvari korištene za sprječavanje, uništavanje ili suzbijanje štetnik nametnika. Pod štetnim nametnicima ovdje se misli na bilo koje biljne ili životinjske organizme koji mogu uzrokovati štetu tijekom proizvodnje, preradbe, pohranjivanja, transporta ili trgovine hranom, poljodjelskim proizvodima, drvetom i drvenim proizvodima kao i stočnim hranom (4).

Pesticid za uporabu je pripravak kojeg čine dvije glavne sastavnice: djelatna tvar, tj. kemijski spoj pesticidnog djelovanja i nosač bez takvog djelovanja (vapno, gips, voda, ulje, alkohol, itd.) (1).

Pesticidi se primjenjuju u raznolikim područjima ljudske djelatnosti. Najčešće se koriste kao sredstva za zaštitu bilja u poljodjelstvu, za proizvodnju i pohranjivanje hrane te za zaštitu industrijskog i ukrasnog bilja. Primjenjuju se i u stočarstvu, peradarstvu te veterinarskoj djelatnosti. Drvna industrija, industrija papira, boja, pamučnih vlakana, kozmetike, te prehrambena industrija koriste pesticide da bi se sačuvala kakvoća sirovine i proizvoda. U komunalnim djelatnostima pesticidi se primjenjuju za održavanje zelenih i cvjetnih površina, prometnica, željezničkih pruga, aerodroma, sportskih terena. Često se koriste i u gradskim i seoskim kućanstvima radi zaštite od nametnika u stanu, na biljkama ili životinjama. Zbog široke uporabe u poljoprivredi, šumarstvu, industriji i kućanstvima, pesticidi su najrašireniji tip kemikalija s kojima ljudi dolaze svakodnevno u kontakt (1,4).

Uporaba pesticida općenito uzrokuje onečišćenje okoliša te ima negativne učinke na mnoge životinjske i biljne vrste, a u vodu pesticidi mogu dospjeti na nekoliko načina. Najčešći put je upijanjem u tlo sa većih poljoprivrednih površina kao posljedica

ispiranja oborinskim vodama ili prilikom navodnjavanja. Posebno su ugrožene populacije koje žive u blizini takvih poljoprivrednih površina, a vodom za piće opskrbljuju se iz privatnih bunara gdje je voda netretirana, tj. ne prolazi proces kondicioniranja. Pesticidi mogu i iz zraka dospjeti u neke površinske vodotokove koji se koriste za opskrbu vodom za piće, a nekada se i namjerno ispuštaju u prirodne vode radi kontrole vodenog bilja, insekata i riba (35).

Prema meti djelovanja, pesticide možemo podijeliti u nekoliko skupina: sredstva za uništavanje korova ili nepoželjnih biljaka (herbicidi), insekata (insekticidi), grinja (akaricidi), gljivica (fungicidi), glodavaca (rodenticidi), crva i glista (nematocidi), puževa (moluscidi) te sredstva za odbijanje napada insekata, ptica i divljači (repelenti). Prema kemijskoj strukturi djelatne tvari koriste se najčešće organski spojevi fosfora, karbamati, derivati karbonskih kiselina, dipiriduili, triazini, piretroidi te kumarini. Prije su se koristili i klorirani ugljikovodici te organski spojevi žive, no zbog visoke toksičnosti, većina ih je zabranjena u većini europskih zemalja (1,4).

Herbicidi su najčešće korištena skupina pesticida i čine od 50 pa čak do 90% uporabe svih pesticida u poljoprivredi, ovisno o potrebama i gospodarskoj razvijenosti. To su kemijski spojevi koji se rabe za uništavanje neželjenih biljaka a najčešće korišteni su: 2,4-diklorofenooctena kiselina, aminopiralid, atrazin, metolaklor i parakvat. Parakvat se smatra najtoksičnijim herbicidom za ljude (4).

Insekticidi su spojevi kemijskog ili biološkog podrijetla koji kontroli raju i djeluju na insekte. Ovdje se ubrajaju ovicidi i larvicidi za suzbijanje jajašaca i larva insekata. U širokoj su primjeni u poljoprivrednoj proizvodnji diljem svijeta, a gotovo svi insekticidi, zbog svojih karakteristika, imaju veliki potencijal za narušavanje ekološkog sustava te su mnogi toksični za ljude. Najvažniji predstavnici ove skupine su organoklorirani insekticidi, organofosforni insekticidi, te karbamati. Mnogi od njih povezni su s različitim štetnim učincima na zdravlje ljudi (4).

Organoklorirani insekticidi mogu ući u organizam inhalacijom, putem kože ali i ingestijom putem hrane i vode. Zbog visoke topljivosti u mastima, mogu se nakupljati u masnom tkivu u povećanim koncetracijama bez uočljivih posljedica (1).

No u uvjetima naglog metaboličkog korištenja masti, oslobođeni insekticidi mogu izazvati simptome trovanja djelujući prvenstveno na SŽS sisavaca. Simptomi akutnog otrovanja uključuju grčeve, mučninu, povraćanje, proljev, glavobolju, vrtoglavicu, pojačano lučenje sline, parestezije jezika i usana, hiperestezije lica i ekstremiteta te preosjetljivost na vanjske podražaje. Kronična otrovanja nastaju nakon dužeg perioda izloženosti manjim količinama insekticida a uključuju oštećenje jetre i bubrega. Nekim insekticidima, poput aldrina i lindana dokazan je i kancerogeni učinak te je stoga njihova uporaba zabranjena u mnogim zemljama (4).

Organofosforni insekticidi su najveća grupa pesticida koja se rabi za zaštitu poljoprivrednih usjeva radi većeg prinosa a najviše se upotrebljavaju: paration, malation, metil paration, klorinfos, diazinon, diklorvos, fosmer, tetraklorvinfos i azimfos metil (1,4). U organizmu, organski spojevi fosfora dovode do inhibicije kolinesteraze, enzima važnog za transmisiju živčanih impulsa u parasimpatičkom živčanom sustavu, na neuromuskularnim spojevima te u središnjem živčanom sustavu. Simptomi akutnog otrovanja mogu uključivati kontrakciju bronhalnog mišićja, pojačanu salivaciju, suzenje, znojenje, pojačan motilitet i sekreciju gastrointestinalnog sustava, a pri većim količinama mogu uzrokovati parestezije, nesanicu, poremećenu koordinaciju kretanja, kontrakcije mimične muskulature pa čak i komu, edem pluća i smrt (1).

Karbamati su po djelovanju na organizam analogni organofosfornim insekticidima, no za razliku od njih, reverzibilni su inhibitori kolinesteraze i izazivaju simptome u dozama koje su mnogo manje od opasnih pa se izložene osobe mogu na vrijeme ukloniti iz područja izloženosti. Slika otrovanja uključuje pojačano znojenje, lučenje sline, premorenost, podrhtavanje mišića i grčeve (4).

4. MIKROBIOLOŠKA ONEČIŠĆENJA U VODI ZA PIĆE

U nekim dijelovima svijeta do 80% svih oboljenja i oko trećine svih smrti vezano je upravo uz uporabu zdravstveno neispravne vode zagađene mikrobiolološkim kontaminantima. Mikroorganizmi u otpadnim vodama najčešće su fekalnog podrijetla (koliformne bakterije), ljudskog i životinjskog, i potječu od sanitarnih otpadnih voda naselja te iz septičkih jama u područjima gdje se one još uvijek koriste. Otpadne vode dospijevaju u prirodne vodne recipijente a fekalije iz septičkih jama upijaju se u tlo i dospijevaju u podzemne vode. U područjima s neadekvatnim vodoopskrbnim sustavom, pogotovo u područjima gdje se kontinuirano ne provodi ispitivanje zdravstvene ispravnosti vode ovi uzročnici mogu dospjeti i u vodu koja se koristi za piće. Ukoliko su u fekalijama prisutne i patogene bakterije, virusi i paraziti, oni će također dospjeti zajedno sa koliformnim bakterijama u otpadne i prirodne vode (4).

4.1. Koliformne bakterije u vodi za piće

Koliformne bakterije su primarno nepatogene bakterije koje su raširene u prirodi i mogu se normalno nalaziti u donjem intestinalnom traktu (debelom crijevu) čovjeka i toplokrvnih životinja, gdje imaju ulogu u pravilnoj probavi hrane. Uglavnom su uvjetni (oportunistički) patogeni, što znači da će infekcije uzrokovati u slučaju oslabljenog imuniteta zbog već postojeće bolesti ili predispozicije za oboljenje. Izlučuju se fekalijama kojima dospijevaju u otpadne vode a time i u prirodne vodne recipijente (36,37). Prisustvo ovih bakterija u vodi za piće obično je posljedica neadekvatnog sustava za pročišćavanje vode ili problema sa cijevima kojima se voda distribuira, i iako generalno nisu štetne, njihovo prisustvo ukazuje da voda može biti kontaminirana i patogenim uzročnicima koji mogu izazvati bolesti. Kako je, zbog niskih koncentracija u vodi, mnoge patogene uzročnike teško detektirati, koriste se tzv. indikatorske bakterije za detekciju vjerojatne prisutnosti patogenih uzročnika. Koliformne bakterije su najpogodnija grupa indikatorskih bakterija za procjenu higijenske ispravnosti vode jer se u velikim količinama svakodnevno izlučuju fecesom (36).

Prema *Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* u RH, prisutnost koliformnih bakterija u vodi za piće nije prihvatljiva ni u kojoj mjeri (10).

Postoje tri skupine koliformnih bakterija: ukupne koliformne bakterije, fekalne koliformne bakterije te Escherichia coli kao podgrupa fekalnih koliformnih bakterija (37).

Ukupne koliformne bakterije uključuju 15 vrsta bakterija iz porodice Enterobacteriaceae. Najznačajniji predstavnici fekalne skupine koliformnih bakterija su Escherichia coli i fekalni streptokoki (enterokoki) (37).

Escherichia coli je podgrupa fekalnih koliformnih bakterija. To su gram negativni bacili, a postoji preko stotinu sojeva. Većina sojeva E. coli su bezopasne i postoje u crijevima ljudi i toplokrvnih životinja, no neki sojevi mogu izazivati bolesti (38). E. coli O157:H7 je soj koji je najčešće odgovoran za nastanak bolesti. Infekcija ovim sojem često se javlja u obliku epidemija i uzrokuje enterokolitis sa krvavim proljevima praćen bolovima u trbuhu ili mučninom (36,37). Prisutnost E. coli u vodi uvijek je jak pokazatelj nedavnog zagađenja fekalijama iz kanalizacije ili putem životinjskog otpada (36).

Fekalni streptokoki (enterokoki) su gram pozitivni, jajoliko izduženi koki. Ovu grupu čine bakterije roda Enterococcus. Široko su rasprostranjeni u okolišu, a nalaze se i u fekalijama svih kralježnjaka. Ponekad mogu uzrokovati piogene infekcije. Fekalni steptokoki su najpogodnija grupa bakterija za procjenu higijenske ispravnosti vode jer njihov broj visoko korelira s prisutnošću brojnih patogenih bakterija (npr. Salmonella, Shigella, Campylobacter…), ukupnih koliformnih bakterija i enterovirusa (37).

4.2. Patogene bakterije u vodi za piće

Već je spomenuto kako se brojne patogene bakterije, u određenim situacijama, mogu naći u vodi za piće. Među najčešće patogene bakterije koje mogu izazvati bolesti putem vode za piće pripadaju salmonele, šigele, kampilobakter te kolera (33).

Vibrio cholerae uzročnik je kolere, akutne crijevne infekcije koja je najčešće uzrokovana konzumacijom zaražene vode, a rjeđe konzumacijom zagađene hrane. Procjenjuje se da se svake godine pojavi oko 1,4 do 4,3 milijuna novih slučajeva kolere i između 28-142 000 smrtnih slučajeva.

Kolera je izrazito zarazna bolest no klinička slika razvija se u samo 20% zaraženih. Ostalih 80% predstavlja izvor zaraze s mogućnošću širenja na druge ljude. Kod većine oboljelih, simptomi su umjereni do blagi, dok se kod manjeg broja oboljelih razvija teška klinička slika sa vodenastim proljevom praćenim teškom dehidracijom koja može dovesti do smrti ako se ne liječi. Zagađenje vode kolerom usko je povezano sa neadekvatnim upravljanjem okolišem. U područjima gdje osnovna infrastruktura nije dostupna i gdje nisu ispunjeni minimalni uvjeti za čistu vodu, kanalizaciju, primjerice u nekim sirotinjskim gradskim četvrtima ili u kampovima za izbjeglice, moguća je pojava epidemije kolere (39).

Campylobacter jejuni je gram negativni bacil koji predstavlja najčešći uzrok bakterijskog enterokolitisa kod ljudi. Rasprostranjen je posvuda u prirodi, u vodi, tlu, gdje dospijeva iz probavnog trakta domaćih životinja. Zaraza je moguća najčešće putem zaražene vode i hrane. Klinička slika enterokolitisa uključuje opće simptome i povišenu temperaturu, mučninu i proljev praćen bolovima u trbuhu. Bolest je samoograničavajuća i najčešće traje oko 4-5 dana (38).

Shigella species gram negativni je bacil koji uzrokuje akutni dizenterični sindrom. Prenosi se fekooralnim putem. Simptomi se javljaju nakon kratke inkubacije i uključuju opće simptome, povišenu temperaturu, grčevitu bol u trbuhu i vodenaste sluzavo-krvave stolice (38).

Salmonella species također je gram negativni bacil, čest uzročnik bakterijskog enterokolitisa kod ljudi. Uzrokuje klasičnu kliničku sliku enterokolitisa obilježenog proljevom, bolovima u trbuhu uz popratne opće simptome (38).

Legionella pneumophila je gram-negativna bakterija, važan uzročnik pneumonija i iz opće populacije kao i onih hospitalno stečenih (38). Legionele su ubikvitarni mikroorganizmi, posvuda rasprostranjeni a posebno lako opstaju i razmnožavaju se u vodi i vlažnom tlu. Zbog toga mogu u velikom broju kolonizirati različite vodoopskrbne sustave (vodovodi, tornjevi, rezervoari, klima uređaji, itd.). U uvjetima povoljnim za rast legionela, one se mogu namnožiti u dovoljnoj mjeri da vodeni aerosol iz vodoopskrbnih sustava postane infektivan za ljude i to je ujedno najčešći način prenošenja infekcije, a važno je napomenuti kako se infekcija ne prenosi s čovjeka na čovjeka.

Infekcija se najčešće pojavljuje u obliku manjih ili većih epidemija na mjestima gdje boravi veći broj ljudi koji udišu kontaminirani aerosol (hotelski gosti, radnici u poslovnim zgradama, itd.) , a konstantno je prisutna i kao sporadična pojava i kao značajan uzročnik hospitalnih infekcija (38). Legionela uzrokuje dva različita klinička oblika bolesti: pneumoniju nazvanu još i legionarska bolest, te kratkotrajnu febrilnu bolest bez upale pluća, tzv. pontijačnu vrućicu (38).

4.3. Paraziti u vodi za piće

Paraziti se u vodi za piće mogu javiti kao posljedica kontaminacije vode najčešće ljudskim ili životinjskim fekalijama. Među njima infekcije najčešće uzrokuju Cryptosporiduim, Giardia lamblia te Entamoeba histolytica (38).

Cryptosporidium je parazit koji u prirodne vode dospijeva putem kanalizacije i putem životinjskog otpada. Izaziva blagu gastrointestinalnu bolest koja najčešće gspontano prolazi kroz nekoliko dana. Najčešće se prenosi pijenjem zaražene vode (38).

Giardia lamblia je parazit čija je prisutnost u vodi za piće također najčešće posljedica fekalne kontaminacije. Uzrokuje gastrointestinalnu bolest obilježenu blagim simptomima (proljev, slabost, nadimanje). Bolest često poprima kronični tijek (38).

Entamoeba histolytica je jednostanični parazit koji u čovjekovom probavnom traktu uzrokuje amebijazu, crijevnu zaraznu bolest kod ljudi. Iako u čovjekovom probavnom traktu parazitira nekoliko vrsta ameba, samo se ovu vrstu povezuje sa patološkim procesima u crijevima (38).

Glavni rezervoar infekcije je čovjek, a asimptomatski parazitonoše su glavni izvor zaraze. Kronični parazitonoše mogu fecesom izlučivati i po nekoliko milijuna cista na dan koje se prenose fekooralnim putem, najčešće putem kontaminirane hrane ili vode onečišćene izmetom. Epidemije su rijetke, a kada se jave, najčešće su povezane sa visoko kontaminiranom vodom za piće (38).

Crijevna amebijaza rasprostranjena je po čitavom svijetu, a posebno je proširena u siromašnim zemljama sa toplom klimom pod uvjetima slabog higijenskog standarda. Nije međutim rijetka ni u razvijenim zemljama, osobito u područjima u kojim segmenti populacije žive u uvjetima slabijeg higijenskog standarda a time i slabije kontrole vodoopskrbnih sustava kada se amebe mogu naći i u vodi za piće (38).

Asimptomatsko cistonoštvo najčešća je posljedica infekcije histolitičnom amebom u oko 90% zaraženih, no pod određenim uvjetima cistonoštvo može prijeći u invazivnu bolest. Najčešći oblik simptomatske crijevne amebijaze je kronični amebni kolitis. Očituje se kroničnim nespecifičnim probavnim tegobama: grečevite boli u donjem dijelu trbuha, pretakanje, nadutost, flatulencija te povremeni proljevi sa nekoliko kašastih stolica na dan, ponekad sa primjesama sluzi, ali redovito bez krvi. Amebna dizenterija, fulminantni amebni kolitis te amebni jetreni apsces oblici su bolesti koji se rjeđe javljaju (38).

4.4. Virusi u vodi za piće

Pojava virusa u vodi za piće u razvijenim zemljama nije česta pojava, no u slabije razvijenim zemljama nižeg higijenskog standarda, virusne infekcije koje se prenose fekooralnim putem, kontaminiranom vodom i hranom, mogu biti veoma raširene. Među najčešće uzročnike ovdje ubrajamo skupinu enterovirusa, hepatitis A virus, rotavirus i adenovirus (38).

Enterovirusi su skupina iz porodice Pikornavirusa i prošireni su po cijelom svijetu. Uzročnici su seroznog meningitisa kod dojenčadi i male djece, a kod mlađih odraslih češće uzrokuju mioperikarditis. Incidencija enteroviroza uvelike ovisi o socioekonomskim prilikama pa je tako učestalost infekcija mnogo češća u područjima nižeg socioekonomskog standarda gdje se provodi slabija higijena i slaba ili nikakva kontrola zdravstvene ispravnosti vode za piće (38).

Hepatitis A virus uzročnik je virusne infekcije koja uglavnom zahvaća jetru. Simptomi akutne infekcije uključuju opće simptome poput umora, gubitka apetita, mučnine, povraćanja te žutice. Ovaj virus raširen je diljem svijeta, a prenosi se gotovo isključivo fekooralnim putem. Veće epidemije mogu biti posljedica konzumiranja hrane ili vode kontaminirane ljudskim fecesom (38).

Rotavirus je virus iz porodice Reovirusa. Prenosi se fekooralnim putem i uzrokuje virusne proljeve diljem svijeta. Bolest se manifestira obilnim vodenastim proljevom koji traje 6-7 dana, a praćen je vrućicom, povraćanjem te blažom do umjerenom dehidracijom. Iako mogu oboljeti osobe bilo koje životne dobi, najčešće se rotavirusne infekcije javljaju kod dojenčadi i male djece, kod kojih uzrokuju teže oblike bolesti sa jakim dehidracijama. Procjenjuje se da u svijetu godišnje oboli oko 140 milijun a djece a oko milijun umre (38).

Adenovirusi su kao uročnici proljeva, po učestalosti i važnosti, odmah iza rotavirusa. Proljev uzrokovan adenovirusima sličan je rotavirusnom, no simptomi su nešto blaži i traju dulje. Crijevni adenovirusi odgovorni su za oko 10% dijareja u djece mlađe od 2 godine. Rjeđe se mogu zaraziti i starija djeca i odrasli, a veliki broj

infekcija prolazi i asimptomatski (38).

5. ZAKLJUČAK

Svakodnevna zagađenja vode u svijetu predstavljaju ozbiljan javnozdravstveni problem. Iako je u svakoj vodi prisutna određena količina onečišćenja prirodnog podrijetla, ipak je zagađenje vodnog bogatstva u najvećoj mjeri posljedica ljudske aktivnosti.

Razvojem tehnologije, industrijskom proizvodnjom, poljoprivrednim aktivnostima i ubrzanom urbanizacijom narušavaju se izvori pitke vode te smanjuje količina prirodnih rezervi vode na koju se u budućnosti računa. Potrebe za vodom rastu, a raste i broj onečišćivača i zbog toga je nužna dobra ekološka osviještenost ljudi, trajno preventivno djelovanje te strogi nadzor nad pitkom vodom i vodovodnim objektima.

Za razliku od bioloških čimbenika, brojne kemijske tvari u vodi koje mogu škoditi zdravlju, nedovoljno su proučavane. Studije koje su provedene najčešće su nedovoljno kvalitetne i ne pružaju vjerodostojne dokaze što predstavlja opasnost jer jedino dovoljna količina kvalitetnih podataka o razinama onečišćenja i bolestima koje se uz njih vezuju može pomoći da se odrede prioriteti i postave sigurni standardi tih tvari u vodi za piće.

6. ZAHVALE

Zahvaljujem se mentorici prof.dr.sc. Ankici Senta Marić na susretljivosti i strpljivosti, te korisnim savjetima i preporukama koji su mi pomogli u pisanju ovog rada.

Veliko hvala i mojoj majci i baki koje su uvijek bile uz mene i svu svoju energiju, strpljenje i trud uložile upravo u moje akademsko obrazovanje. Bez njih ništa od ovoga ne bi bilo moguće.

7. LITERATURA

1. Valić F, Antonić K, Beritić-Stahuljak D, Brumen V, Cigula M, Doko-Jelinić J. Zdravstvena ekologija. U: Anđa Raič. Zagreb: Medicinska naklada; 2001.

2. Fawell J, J. Nieuwenhuijsen M. Contaminants in drinking water. Br Med Bull (2003) 68 (1): 199-208.

3. Rajković MB, Stojadinović MD, Lačnjevac ČM,.Tošković DV,.Stanojević DD. Detekcija i određivanje nekih teških metala u vodi gradske vodovodne mreže naselja Vidikovac-Beograd preko izdvojenog kamenca iz vode. Zaštita materijala. 2009; 50(1):35-34.

4. Puntarić D, Miškulin M, Bošnir J. Zdravstvena ekologija. U: Anđa Raič. Zagreb: Medicinska naklada; 2012.

5. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality fourth edition. [Internet]. 4 izd. Geneva: World Health Organization; 2011 [pristupljeno 15.06.2016.] Dostupno na: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf

6. Ritter L, Solomon K, Sibley P, Halll K, Keen P, Mattu G., i sur. Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: A perspective prepared for the Walkerton inquiry. J Toxicol Environ Health. 2002;65:1 (1), 1-142.

7. Garlford A, Swistock B. Lead in drinking water: EC416 [Internet]. The Pennsylvania State University; 2016 [pristupljeno15.06.2016.]. Dostupno na: http://extension.psu.edu/natural-resources/water/drinking-water/water-testing/pollutants/lead-in-drinking-water/pdf_factsheet

8. Filipović I, Lipanović S. Opća i anorganska kemija. Zagreb: Školska knjiga; 6 izdanje 2012.

9. Lead in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. [Internet] Geneva: World Health Organization; 2011 [pristupljeno 15.06.2016.]. Dostupno na: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/lead.pdf

10. Ministarstvo zdravlja. Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju. [Internet]. Narodne novine; broj 56/2013; 2013 [pristupljeno 15.06.2016.]. Dostupno na: http://narodne-

novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_10_125_2694.html

11. IPCS (1997) International programme on chemical safety. Lead. [Internet] Geneva. World Health Organization. International programme on chemical safety (Environmental health criteria 3). [pristupljeno 14.06,2016]. Dostupno na: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc003.htm

12. Beritić-Stahuljak D, Žuškin E, Valić F, Mustajbegović J. Kemijski čimbenici radne okoline. U: Anđa Raič. Medicina rada. Zagreb: Medicinska naklada;1999.Str. 43-69.

13. World Health Organization. Cadmium in Drinking-water: Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality.* [Internet] Geneva: World Health Organization ; 2011 [pristupljeno 15.06.2016.]. Dostupno na: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/cadmium.pdf

14. World Health Organization. Mercury in Drinking-water: Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality.* [Internet] Geneva: World Health Organization; 2005 [pristupljeno15.06.2016.]. Dostupno na:http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/mercuryfinal.pdf

15. World Health organization. Chromium in Drinking-water: Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality.* [Internet] Geneva: World HealthOrganization; 2003 [pristupljeno15.06.2016.]. Dostupno na: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/chromium.pdf

16. EPA United States Environmental Protection Agency. [Internet]. United States Environmental Protection Agency-Chromium; [pristupljeno15.06.2016.]. Dostupno na: https://safewater.zendesk.com/hc/en-us/sections/202366458

17. Hrvatski veterinarski institut. Krom-metabolizam i biološke funkcije [Internet]. Veterina portal. [pristupljeno 15.06.2016.]. Dostupno na: http://veterina.com.hr/?p=40074

18. IPCS (1998) International programme on chemical safety. Copper. [Internet] Geneva. World Health Organization. International programme on chemical safety (Environmental health criteria 200). [pristupljeno 14.06,2016]. Dostupno na: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc200.htm

19. CDC Center for Disease Control and Prevention. [Internet]. Center for Disease Control and Prevention-Copper and drinking water from private wells; [ažurirano 01.06.2015.; pristupljeno 15.06.2016.] Dostupno na: http://www.cdc.gov/healthywater/drinking/private/wells/disease/copper.html

20. World Health Organization. Copper in Drinking-water: Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality.* [Internet] Geneva: World Health Organization; 2004 [pristupljeno15.06.2016.]. Dostupno na: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/copper.pdf

21. EPA United States Environmental Protection Agency. [Internet]. United States Environmental Protection Agency- Copper. [pristupljeno15.06.2016.]. Dostupno na: https://safewater.zendesk.com/hc/en-us/sections/202346427

22. World Health Organization. Iron in Drinking-water: Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality.* [Internet] Geneva: World HealthOrganization; 2003 [pristupljeno15.06.2016.]. Dostupno na: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/iron.pdf

23. World Health Organization. Aluminium in Drinking-water: Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality.* [Internet] Geneva: World HealthOrganization; 2003 [pristupljeno15.06.2016.]. Dostupno na: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/aluminium.pdf

24. IPCS (1997) International programme on chemical safety. Aluminium. [Internet] Geneva. World Health Organization. International programme on chemical safety (Environmental health criteria 194). [pristupljeno 14.06,2016]. Dostupno na: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc194.htm

25. Rondeau V, Commenges D, Jacqmin-Gadda H, Dartigues JF. Relation between aluminium concentrations in drinking water and Alzheimers disease: an 8-year follow up study. Am J Epidemiol.2000; 152 (1): 59-66.

26. World Health Organization. Arsenic in Drinking-water: Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality.* [Internet] Geneva: World Health Organization; 2011 [pristupljeno15.06.2016.]. Dostupno na: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/arsenic.pdf

27. IPCS (1981) International programme on chemical safety. Arsenic. [Internet] Geneva. World Health Organization. International programme on chemical safety (Environmental health criteria 18). [pristupljeno 14.06,2016]. Dostupno na: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc018.htm

28. World Health Organization. Fluoride in Drinking-water: Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality.* [Internet] Geneva: World Health Organization; 2004 [pristupljeno15.06.2016.]. Dostupno na:

http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/fluoride.pdf

29. American Cancer Society. Water fluoridation and cancer risk. [Internet]. American cancer society; 2016 [ažurirano 28.07.2015; pristupljeno15.06.2016.]. Dostupno na: http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/othercarcinogens/athome/water - fluoridation-and-cancer-risk

30. IPCS (2000) International programme on chemical safety. Desinfectants and desinfectant by-products. [Internet] Geneva. World Health Organization. International programme on chemical safety (Environmental health criteria 216). [pristupljeno 14.06,2016]. Dostupno na: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc216.htm

31. World Health Organization. Chlorine in Drinking-water: Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality.* [Internet] Geneva: World HealthOrganization; 2003 [pristupljeno15.06.2016.]. Dostupno na: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/chlorine.pdf

32. EPA United States Environmental Protection Agency. [Internet]. United States Environmental Protection Agency-Chlorine. [pristupljeno15.06.2016.]. Dostupno na: https://safewater.zendesk.com/hc/en-us/sections/2023664

33. World Health Organization. Trihalomethanes in Drinking-water: Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality.* [Internet] Geneva: World Health Organization; 2004 [pristupljeno15.06.2016.]. Dostupno na: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/trihalo methanes.pdf

34. IPCS (1994) International programme on chemical safety. Chloroform. [Internet] Geneva. World Health Organization. International programme on chemical safety (Environmental health criteria 163). [pristupljeno 14.06,2016]. Dostupno na: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc163.htm

35. U.S. Environmental Protection Agency. Pesticides in drinking water.[Internet]. U.S. EPA. [ažurirano srpanj 2000., pristupljeno 14.06,2016]. Dostupno na: http://npic.orst.edu/factsheets/drinkingwater.pdf

36. R. Swistock B, Clemens S, Sharpe W. Coliform bakteria: Code XH0019 [Internet]. Penn State College of Agricultural Sciences ; 2016 [pristupljeno 17.06.2016]. Dostupno na: http://extension.psu.edu/natural-resources/water/drinking - water/water-testing/pollutants/coliform-bacteria

37. Hrenović J. Odgovori na postavljena pitanja-Biologija. [Internet]. Koliformne bakterije. [pristupljeno 15.06.2016.]. Dostupno na: http://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odgovor258.htm

38. Begovac J,Božinović D, Lisić M, Barišić B, Schoenwald S. . Infektologija. Zagreb: Profil International; 1. izdanje 2006.

39. World Health Organization. Cholera; Fact sheet N 107. [Internet]. World Health Organization; 2016 [ažurirano srpanj 2015.; pristupljeno 15.06.2016.]. Dostupno na: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs107/en/

8. ŽIVOTOPIS

Rođena sam 02.09.1986. godine u Zagrebu. Osnovnu školu Dobriša Cesarić i Klasičnu gimnaziju završila sam 2005.godine u Zagrebu. Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu upisala sam 2005. godine i trenutno sam studentica šeste godine.

Redovito radim studentske poslove preko student servisa, govorim engleski jezik, vrlo sam kolegijalna, komunikativna i uvijek spremna za timski rad.