

KEMIKALIJE V PITNI VODI

Ivanka Gale

Povzetek. Zahteve, ki jih mora izpolnjevati pitna voda z namenom varovanja zdravja ljudi določa Pravilnik o pitni vodi, ki povzema direktivo Evropske komisije za pitno vodo. Monitoring pitne vode ne vključuje sistemov, ki oskrbujejo manj kot 50 oseb (192.000 prebivalcev leta 2014), vendar jih mora lokalna skupnost o tem obvestiti, poučiti o ukrepih za varovanje zdravja in posredovati priporočila, kadar je to potrebno. V Sloveniji je kakovost pitne vode praviloma ustrežna na večjih oskrbovalnih območjih. Iz zdravstveno preventivnega vidika so problematična mala oskrbovalna območja, ki oskrbujejo po 50–1.000 prebivalcev (zlasti 50–500) in površinski viri, med katere prištevamo kraške vire, zaradi velikega deleža fekalne onesnaženosti (z bakterijo *Escherichia coli*). Meritve kažejo na onesnaženost pitne vode s pesticidi in nitrati, predvsem na severovzhodu Slovenije. Kemijska kakovost parametrov, pomembnih za zdravje ljudi, v letu 2014, ni bila znana skupno za okoli 278.000 prebivalcev. Na spletni strani NIJZ so z vidika javnega zdravja podani kratki opisi parametrov, ki se določajo v pitni vodi, z dodano kratko oceno glede tveganja za zdravje ljudi in priporočenimi ukrepi za zmanjšanje onesnaženosti vode. Po metodologiji Svetovne zdravstvene organizacije lahko izračunamo tudi specifične priporočene mejne vrednosti (glede na telesno težo in starost) za posamezno onesnaževalo v pitni vodi.

UVOD

Pitna voda je bistra tekočina brez barve, vonja in okusa ter brez škodljivih učinkov na zdravje ljudi zaradi kakršnega koli onesnaženja [1–3]. V njenem prvotnem stanju ali po pripravi je namenjena pitju, kuhanju, pripravi hrane ali za druge gospodinjske namene ne glede na vir pitne vode, ali če se dobavlja iz vodovodnega omrežja sistema za oskrbo s pitno vodo – vodo-voda, cistern ali kot predpakirana voda [3]. Eden osnovnih ciljev javnega zdravja je, da je varna pitna voda dostopna vsakomur, vedno, povsod, v zadostnih količinah. Poraba je odvisna od količine, dostopnosti in kakovosti. V Evropski zvezi (EU) se v izračunih predvideva poraba pitne vode 200 l/dan/prebivalca [4]. Z vodo nadomeščamo tekočino, ki jo izgubljammo iz telesa skozi kožo, ledvice, dihala in prebavila. Ne smemo zanemariti večjih izgub v določenih okoliščinah: večja telesna dejavnost, višja zunanja temperatura, stanja in bolezni [1, 2].

Pravilnik o pitni vodi (v nadaljevanju: Pravilnik) določa zahteve za zagotavljanje skladne in zdravstveno ustrezne pitne vode [3], povzema *Council Directive 98/83/EC* o kakovosti pitne vode, namenjene za ljudi [4]. Tudi Parnska deklaracija o okolju in zdravju je podala Regionalni prednostni cilj 1: Zagotavljanje zdravja prebivalcev z izboljšanjem dostopa do varne pitne vode ter ustreznega ravnanja s komunalnimi odpadnimi vodami [5].

Skladnost s predpisi in zdravstveno ustreznost pitne vode zagotavlja upravljavec sistema za oskrbo s pitno vodo oziroma oskrbovalnega območja. Oskrbovalno območje je v glede na Pravilnik zemljepisno določeno območje,

ki se oskrbuje s pitno vodo iz enega ali več vodnih virov in znotraj katerega so vrednosti preskušanih parametrov v pitni vodi približno enake; oskrbovalno območje je lahko sistem za oskrbo s pitno vodo, lahko pa se sistem deli v več oskrbovalnih območij. Pravilnik ureja oskrbovalna območja v velikostne razrede glede na število prebivalcev na oskrbovalnem območju, ki jih združujemo v mala, srednja in velika (50–1000, 1001–10.000 in >10.000 prebivalcev) [3].

Skladnost pomeni, da je pitna voda skladna z zahtevami za mejne vrednosti parametrov iz priloge I, ki se po potrebi dopolni z dodatnimi parametri in njihovimi mejnimi vrednostmi [3]. Nekateri sistemi za oskrbo s pitno vodo se lahko delijo na več oskrbovalnih območij. To so zemljepisno določena območja, ki se oskrbujejo s pitno vodo iz enega ali več virov in znotraj katerega so vrednosti preskušanih parametrov v pitni vodi približno enake [3].

PРАВNA UREDITEV KEMIKALIJ V PITNI VODI

S pravnega vidika je v Sloveniji pitna voda živo. Zahteve, ki jih mora izpolnjevati pitna voda z namenom varovanja zdravja ljudi pred škodljivimi učinki zaradi kakršnegakoli onesnaženja pitne vode, določa Pravilnik, ki je usklajen z direktivo Evropske komisije o pitni vodi [3, 4]. V obdobju 2004–2016 zagotavlja Ministrstvo za zdravje redno spremljanje pitne vode (*monitoring*), ki se izvaja na pipi uporabnika. Izvajanje zahtev Pravilnika nadzoruje Zdravstveni inšpektorat RS [3].

Pitna voda je zdravstveno ustrezna, kadar ne vsebuje mikroorganizmov, parazitov in njihovih razvojnih oblik v številu, ki bi lahko ogrozilo zdravje ljudi, ter kadar ne vsebuje snovi v koncentracijah, ki so same ali skupaj z drugimi snovmi lahko nevarnost za zdravje ljudi, in je skladna z zahtevami, določenimi v delih A in B priloge I Pravilnika. V prilogi I Pravilnika so določeni parametri in mejne vrednosti parametrov za preskušanje oziroma spremljanje pitne vode (*monitoring*), ali pitna voda izpolnjuje zahteve Pravilnika ter zlasti zahteve za mejne vrednosti parametrov, določenih v prilogi I. V delu A priloge I so določeni mikrobiološki parametri, v delu B kemijski parametri in v delu C indikatorski parametri. Parametri iz priloge I se po potrebi dopolnijo z dodatnimi parametri in njihovimi mejnimi vrednostmi [3].

Pravilnik (4. člen) se ne uporablja za sisteme za oskrbo s pitno vodo, ki oskrbujejo manj kot 50 oseb, razen če se voda uporablja tudi za oskrbo javnih objektov ter objektov za proizvodnjo in promet živil in za pakiranje pitne vode. Lokalna skupnost mora prebivalce o tem obvestiti in jih poučiti o možnih ukrepih za varovanje zdravja pred škodljivimi učinki zaradi onesnaževanja vode, ki se uporablja kot pitna voda, poleg tega mora v primeru utemeljenega suma, da je voda potencialno nevarna za zdravje, prebivalcem takoj podati priporočila za ravnanje [3].

V okviru monitoringa (14. člen) se, od primera do primera, izvaja tudi dodatni monitoring za snovi in mikroorganizme, za katere ni določena mejna vrednost parametra iz priloge I, če obstaja utemeljen sum, da so lahko navzoče v koncentracijah ali številu, ki sta potencialna nevarnost za zdravje ljudi. Za vsak posamezni sistem je v program monitoringa treba najmanj na vsakih 5 let vključiti tudi identifikacijo organskih spojin z ustrežno metodo preskušanja [3].

Pred vključitvijo novega vodnega vira v sistem za oskrbo s pitno vodo (15. člen) mora upravljavec najmanj eno leto spremljati skladnost vode vodnega vira z zahtevami Pravilnika. Upravljavec mora najmanj štirikrat, v približno enakih časovnih intervalih, zagotoviti vzorčenje in preskuse parametrov iz priloge I, dopolnjene z identifikacijo organskih spojin z ustrežno metodo ob prvem preskušanju. V preskuse je treba vključiti tudi druge snovi in mikroorganizme, ki niso vpisane v prilogi I, če je utemeljen sum, da so lahko v koncentracijah ali številu, ki sta potencialno nevarna za zdravje ljudi. Tudi pred ponovno uporabo vodnega vira, ki ni bil v uporabi najmanj 6 mesecev, mora upravljavec zagotoviti, da se opravi enkratno preskušanje parametrov iz priloge I [3].

Kadar se pri notranjem nadzoru ali monitoringu ugotovi, da pitna voda ni skladna (20. člen), mora upravljavec nemudoma ugotoviti vzroke neskladnosti in izvesti ukrepe za njihovo odpravo. Ukrepi morajo upoštevati stopnjo prekoračitve mejne vrednosti parametra in potencialno nevarnost za zdravje ljudi [3].

Ne glede na to, ali je voda neskladna ali ne (21. člen), jo mora upravljavec prenehati dobavljati ali omejiti njeno uporabo ali pa sprejeti ukrep, ki je potreben za varovanje zdravja ljudi, če je uporaba vode potencialno nevarna za zdravje ljudi. Pri izbiri ukrepov mora upoštevati tveganje za zdravje ljudi, ki bi jih povzročila prekinitev dobave ali omejitev uporabe pitne vode. V primerih omejitve ali prepovedi uporabe pitne vode mora upravljavec takoj obvestiti uporabnike in jim podati ustrezna priporočila. Če je dobava prekinjena več kot 24 ur, mora upravljavec zagotoviti nadomestno oskrbo s pitno vodo [3].

Če se oceni (24. člen), da bo ugotovljena neskladnost z mejnimi vrednostmi kemijskih parametrov iz dela B priloge I trajala dalj časa ali se bo ponavljala oziroma bo do take neskladnosti prišlo, se opozori upravljavca, da mora pridobiti dovoljenje za odstopanje od mejnih vrednostih parametrov (del B priloge I). Na podlagi vloge upravljavca lahko minister, pristojen za zdravje, dovoli uporabo pitne vode, v kateri koncentracije posameznih snovi iz dela B priloge I presegajo predpisano mejno vrednost, če to ne pomeni potencialne nevarnosti za zdravje ljudi in če ni mogoče na drugačen sprejemljiv

način zagotoviti oskrbe s pitno vodo. Te določbe se ne uporabljajo za vodo, namenjeno pakiranju [3].

Priprava vode (32. člen) je obdelava vode, s katero se zagotovi njena skladnost s Pravilnikom in zdravstvena ustreznost. Pri izbiri vode za oskrbo s pitno vodo ima prednost voda, za katero priprava ni potrebna. Vodi se ne smejo dodati nobene druge snovi, razen tistih, ki so potrebne za pripravo. Snovi, ki se uporabljajo za pripravo, in nečistoče, ki jih te snovi vsebujejo, ne smejo biti v pitni vodi v višji koncentraciji, kot določa Pravilnik, in ne smejo, posredno ali neposredno, vplivati na zdravje ljudi. Kjer je razkuževanje del priprave ali distribucije pitne vode, mora upravljavec preverjati učinkovitost uporabljenega postopka in zagotoviti, da je vsako onesnaženje s stranskimi produkti razkuževanja kolikor mogoče na nizki ravni, ne da bi bil pri tem ogrožen učinek razkuževanja [3].

Materiali in snovi (33. člen), ki so v stiku s pitno vodo, ne smejo glede fizikalnih, kemijskih ali mikrobioloških lastnosti vplivati na kakovost pitne, kot jo določa Pravilnik [3].

V Tabeli 1, ki je del B priloge I Pravilnika, so prikazani kemijski parametri [3]. Preskušanje vzorca pitne vode na posamezne kemijske parametre pokaže obseg in stopnjo onesnaženosti pitne vode s kemičnimi snovmi, ki so lahko grožnja za zdravje ljudi. Kljub velikemu številu kemikalij v okolju so v normativih vključene le nekatere, s katerimi si pomagamo pri oceni. Glede na tveganje zaradi rakotvornosti posameznih snovi je za ta prispevek dodana tudi razvrstitev po Mednarodni agenciji za raziskovanje raka (*International Agency for Research on Cancer, IARC*) [8]. V skupino 1 (snov je rakotvorna za človeka) po IARC so razvrščeni: arzen, benzen, benzo(a)piren, kadmij krom VI, nikelj in vinilklorid [10].

Glede na parameter *pesticidi* je v monitoring pitne vode v letu 2016 vključenih 45 pesticidov, trije presnovki atrazina in dva presnovka metolaklora. Od pesticidov, ki so vključeni v monitoring pitne vode, jih je po IARC razvrščenih 7, in sicer v skupine: malation v skupino 2A (snov je verjetno rakotvorna za človeka), 2,4-diaminoanizol in 2,4 D-klorofenoksi-herbicidi v skupino 2B (snov je morda rakotvorna za človeka) ter atrazin, monuron, simazin, 2,4,5-trimetilanilin v skupino 3 (ni mogoče razvrstiti glede rakotvornosti za človeka), ostali niso razvrščeni [10].

Tabela 1. Kemijska onesnaževala, njihove mejne vrednosti v vodi in razvrstitev njihove karcinogenosti po IARC [3,10]

Onesnaževalo	Mejna vrednost	Enota	Razvrstitev po IARC
Akrilamid	0,10	µg/l	2A
Antimon	5,0	µg/l	trioksid – 2B, trisulfid – 3
Arzen	10	µg/l	1
Baker	2,0 ¹	mg/l	-
Benzen	1,0	µg/l	1
Benzo(a)piren	0,010	µg/l	1
Bor	1,0	mg/l	-
Bromat	10 ²	µg/l	-
Cianid	50	µg/l	-
1,2-dikloroetan	3,0	µg/l	2B
Epiklorohidrin	0,10 ³	µg/l	2A
Fluorid	1,5	mg/l	3
Kadmij	3,0	µg/l	1
Krom	50	µg/l	kovinski – 3, Cr ³⁺ – 3, Cr ⁶⁺ – 1
Nikelj	20 ¹	µg/l	1
Nitrat ⁴	50 ⁵	mg/l	2A – endog. nitrozacija
Nitrit ⁴	0,50 ⁵	mg/l	2A – endog. nitrozacija
Pesticidi	0,10 ^{6, 7}	µg/l	2A(1), 2B(2), 3(4), -(38)
Pesticidi – vsota	0,50 ^{6, 8}	µg/l	
Policiklični aromatski ogjikovodiki	0,10 ⁹	µg/l	benzo(b)fluoranten – 2B, benzo(k)fluoranten – 2B, benzo(ghi)perilen – 3, indeno(1,2,3-cd)piren – 2B
Selen	10	µg/l	3
Svinec	10 ¹	µg/l	2B (anorg. – 2A, org. – 3)
Tetra- in trikloroeten	10 ¹⁰	µg/l	-
Trihalometani – vsota	100 ¹¹	µg/l	2B – kloroform, 3 – bromoform, 2B – bromodiklorometan, dibromoklorometan
Vinilklorid	0,50	µg/l	1
Živo srebro	1,0	µg/l	3

- 1 Mejna vrednost velja za vzorec pitne vode, ki je bil odvzet po ustrezni metodi vzorčenja iz pipe, tako da pomeni tedensko povprečno koncentracijo, ki jo zaužijejo uporabniki. Pri vzorčenju mora biti upoštevan pojav najvišjih ravni obremenitve, ki lahko škoduje zdravju.
- 2 Upravljaivec vodovoda mora zagotavljati čim nižjo vrednost, pod pogojem, da to ne vpliva na uspešnost dezinfekcije.
- 3 Mejna vrednost se nanaša na koncentracijo preostalega monomera v pitni vodi, izračunano v skladu s specifikacijami glede na najvišje sprostitve iz ustreznega polimera v stiku z vodo.
- 4 Uživanje pod pogoji, ki povzročajo endogeno nitrozacijo.

- 5 *Pogoj za mejno vrednost je $[\text{nitrat}]/50 + [\text{nitrit}]/3 < 1$, pri čemer je vrednost za nitrat (NO_3) in nitrit (NO_2), v oglatih oklepajih, izražena v mg/l. Za nitrite mora biti dosežena vrednost 0,10 mg/l v vodi pri izstopu iz naprave za pripravo vode.*
- 6 *"Pesticidi" (IARC1): organski insekticidi, organski herbicidi, organski fungicidi, organski nematocidi, organski akaricidi, organski algicidi, organski rodenticidi, organski pripravki, ki preprečujejo nastajanje sluzi (slimacidi), sorodni proizvodi (med drugim regulatorji rasti) in njihovi relevantni presnovni, razgradni in reakcijski produkti. Spremljajo se samo tisti pesticidi, ki so lahko v posameznem sistemu za oskrbo s pitno vodo.*
- 7 *Mejna vrednost velja za vsak posamezni pesticid. Za aldrin, dieldrin, heptaklor in heptaklor epoksid je mejna vrednost 0,030 $\mu\text{g/l}$.*
- 8 *"Pesticidi – vsota" pomeni vsoto vseh posameznih najdenih in količinsko določenih pesticidov.*
- 9 *Izbrane spojine so: benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(ghi)perilen, indeno(1,2,3-cd)piren.*
- 10 *Vsota koncentracij izbranih parametrov.*
- 11 *Upravljevec vodovoda mora zagotavljati čim nižjo vrednost, vendar ne da bi le-ta zmanjšala uspešnost dezinfekcije. Izbrane spojine so: kloroform, bromoform, dibromoklorometan, bromodiklorometan. Upravljevec vodovoda mora zagotoviti, da se sprejmejo vsi potrebni ukrepi za čim večje zmanjšanje koncentracije trihalometanov (THM) v pitni vodi. Pri doseganju te vrednosti mora upravljevec vodovoda dati prednost tistim območjem, kjer so koncentracije THM v pitni vodi najvišje.*

DOSTOPNOST DO PITNE VODE IN NJENA KAKOVOST – MONITORING PITNE VODE

Dostopnost do pitne vode v Sloveniji

V Sloveniji je v letu 2014 91 % prebivalcev dobivalo pitno vodo na oskrbovalnih območjih, ki so bila vključena v monitoring pitne vode (spremljanje kakovosti) in nadzor. Zanje so znani podatki o njeni kakovosti. V monitoring niso vključeni vodovodi, ki oskrbujejo manj kot 50 oseb (okoli 192.000 prebivalcev v letu 2014), oziroma lastna oskrba s pitno vodo (lastni viri, kapnice), razen kadar oskrbujejo javne objekte, kot so šole, vrtci ipd. Delež prebivalcev, ki imajo dostop do pitne vode, se v obdobju 2004–2014 v splošnem ni zvečal. Število evidentiranih oskrbovalnih območij, ki so oskrbovala 50 ali več prebivalcev, se je v obdobju 2004–2014 gibalo med 844 leta 2014 in 977 leta 2004. Razlike so opazne tudi med posameznimi razredi, pojavljajo se zaradi izboljševanja evidence, ukinjanja malih oskrbovalnih območij in priključitve manjših območij k večjim [6–8].

Kakovost pitne vode v Sloveniji

Z vodo se lahko prenašajo povzročitelji okužb (bakterije, virusi, praživali). Fekalna onesnaženost pitne vode je najpogostejša akutna grožnja zdravju ljudi, predvsem zaradi akutnih okužb prebavil (driska, bruhanje ...). Akutne

okužbe se pojavljajo posamično ali kot izbruhi, ki lahko zajamejo tudi veliko število ljudi. Kemijsko onesnaženje pitne vode pa je – s koncentracijami onesnaževal, ki jih ugotavljamo, nevarno za zdravje zaradi možnih dolgoročnih učinkov (kemični povzročitelj hormonskih motenj, rakotvornost) [2].

Kakovost pitne vode je močno odvisna od velikosti oskrbovalnega območja oziroma vodovoda. Veliki in srednji vodovodi imajo praviloma kakovostno pitno vodo in ustrezno strokovno upravljanje in nadzor. Mali vodovodi, zlasti najmanjši, ki oskrbujejo 50–500 ljudi, so v velikem deležu problematični zaradi mikrobiološke, zlasti fekalne onesnaženosti (onesnaženi viri, neustrezna priprava vode); podatki o njihovi kemijski kakovosti so navadno pomanjkljivi. Problematična so tudi območja, ki se oskrbujejo s površinsko vodo; z vidika ogroženosti zdravja mednje prištevamo kraške vire pitne vode, saj so občasno fekalno onesnaženi [6–8].

Rezultati kemijskih analiz vsako leto dokažejo onesnaženost pitne vode s pesticidi in nitrati, in to predvsem na severovzhodu Slovenije. V obdobju 2004–2014 je bilo zaradi kemijskih onesnaževal (nitrati, pesticidi, arzen in svinec) neskladnih s Pravilnikom okoli 2–6 % vzorcev: v letu 2014 4 % vzorcev zaradi nitratov, pesticidov in svinca. V obdobju 2004–2014 sta vsako leto presejala mejno vrednost (0,10 µg/l) pesticida atrazin in desetilatrazin, večinoma tudi bentazon in metolaklor, nekateri pa le v posameznem letu (metazaklor, bromacil, dikamba, dimetenamid, klortoluron, mekoprop, mezo-trion, permetrin, terbutilazin). V letu 2014 je bilo preseženim koncentracijam pesticidov izpostavljenih okoli 6.500 uporabnikov, preseženim koncentracijam nitratov pa okoli 3.000 uporabnikov, vsi v Prekmurju. Število prebivalcev, izpostavljenih preseženim mejnim vrednostim koncentracij pesticidov, niha, saj so ponekod koncentracije ves čas blizu mejne vrednosti, merijo pa se le v enem vzorcu letno. Presežena koncentracija arzena je bila ugotovljena leta 2006 in 2007, izpostavljenih je bilo 1.713 prebivalcev v Prekmurju; onesnaženi vir je bil ukinjen. V letu 2014 je bila pri treh oskrbovalnih območjih v Osrednjeslovenski statistični regiji presežena koncentracija svinca (mejna vrednost je 10,0 µg/l). Svinec v pitni vodi je praviloma posledica stika vode z materiali, ki so z njo v stiku in vsebujejo svinec, najpogosteje z ostanki svinčene vodovodne napeljave [2]. V monitoringu pitne vode je bila maksimalna izmerjena koncentracija svinca 41 µg/l; po izpiranju hišnega vodovodnega omrežja je bila ugotovljena skladnost pitne vode. V letu 2014 ni bila znana kakovost pitne vode glede kemijskih onesnaževal za okoli 278.000 prebivalcev (sistemi z do 50 ter večina s 50–500 oseb) [6, 7, 9].

Na vodovodih s preseženimi koncentracijami nitratov se izvaja ukrep nadomeščanja pitne vode za dojenčke ter noseče in doječe matere [1].

Na osnovi rezultatov monitoringa se ob mikrobiološki onesnaženosti vode izvajajo nekateri ukrepi, kot je npr. prekuhavanje pitne vode zaradi fekalne onesnaženosti ali nadomeščanje pitne vode za dojenčke ter noseče in doječe matere zaradi preseženih koncentracij nitratov [1]. V splošnem ti ukrepi niso zadostni za zmanjšanje ali odpravo nadaljnega tveganja, saj ne prispevajo k izboljšanju kakovosti pitne vode. Na onesnaženih območjih namreč koncentracije pesticidov v posameznih letih v glavnem minimalno nihajo okoli mejnih vrednosti, zato včasih ujamemo presežene koncentracije, saj se večinoma odvzame le po en vzorec na leto. Zato v posameznih letih ne moremo govoriti o izboljšanju, ki bi temeljilo na podlagi opravljenih sanacijskih ukrepov [1, 9].

Ocena ogroženosti zdravja

Leta 2015 je Evropska komisija sprejela spremembo Direktive o pitni vodi in dodala novo poglavje z naslovom Ocena tveganja. Po novem države članice Evropske skupnosti lahko dovolijo odstopanje od kemijskih parametrov in pogostosti vzorčenja iz dela B Priloge II, če se opravi ocena tveganja v skladu s tem delom [11]. Med drugim ocena tveganja temelji na splošnih načelih ocenjevanja tveganja, določenih glede na mednarodne standarde o zanesljivosti oskrbe s pitno vodo, na upoštevanju rezultatov programov spremljanja stanja, na podlagi razširjenega seznama parametrov in večje pogostosti vzorčenja, pod določenimi pogoji pa se lahko tudi zmanjša seznam parametrov in pogostost vzorčenja [11].

Pri oceni tveganja se države članice lahko sklicujejo na Smernice o kakovosti pitne vode [2], metodologijo za izvajanje načrta za zagotavljanje varnosti pitne vode – *Water Safety Plan* [12] – in na druge, zlasti o zanesljivosti oskrbe s pitno vodo in o načrtu za zagotavljanje varnosti pitne vode za stavbe [11].

V smernicah Svetovne zdravstvene organizacije (SZO) je opredeljeno sprejemljivo breme bolezni kot zgornja meja 10^{-6} DALY¹ na osebo na leto [2]. Ta zgornja meja je približno enaka do 10^{-5} presežka dosmrtnega tveganja za raka, to je 1 dodaten primer raka na 100.000 ljudi, ki uživajo pitno vodo vsak dan 70 let, kar je raven tveganja v teh smernicah za določitev priporočene vrednosti za genotoksične rakotvorne snovi [2].

Na spletni strani NIJZ so z vidika javnega zdravja podani kratki opisi posameznih parametrov iz priloge I Pravilnika z nekaterimi dodanimi snovmi in mikroorganizmi (npr. azbest, virusi), z dodano osnovno oceno glede tveganja

¹ *Disability-Adjusted Life Years* (DALY) je zbirno merilo, ki v enem številu združuje informacijo o številu izgubljenih "zdravih" let življenja zaradi prezgodnje smrti in zmanjšane telesne sposobnosti zaradi bolezni, poškodb in drugih stanj. Temelji na predpostavki, da je najboljši način merjenja bremena bolezni računanje izgubljenih časovnih enot.

za zdravje ljudi, urejanje doma in, ponekod v svetu, možni ukrepi idr. [1, 2, 13, 14]. Pripravljeni so glede na strokovno literaturo, primerjavo ureditev v nekaterih državah, okoljske agencije, predpise [1]. Namenjeni so primarno splošni javnosti, uporablja pa jih lahko tudi strokovna javnost. V nadaljevanju je prikazan primer za atrazin in njegove presnovke, ki se v monitoringu pitne vode ponekod v Sloveniji pojavljajo vsako leto v preseženih mejnih vrednostih [6–9].

Primer ocene tveganja zaradi atrazina in njegovih kloro-s-triazinskih presnovkov – desetilatrazina, desizopropilatrazina, diaminoklorotriazina [1, 2]

Atrazin je klorotriazinski selektivni herbicid, ki so ga uporabljali za zatiranje letnih širokolistnih in travnatih plevelov v kmetijstvu (na poljih s koruzo, sladkornim trsom idr.), pri pogozdovanju in v nekmetske namene (npr. na cestah, železnici, pokopališčih), in to pred vznikom plevelov in po njem (razpršeni vir). V okolje lahko pride tudi iz točkovnih virov (odstranjevanje, razlitja). V Sloveniji je bil prepovedan leta 2003. Atrazin in njegove kloro-s-triazinske presnovke najdemo v površinski in podzemni vodi zaradi mobilnosti v zemljini. Presnovek hidroksiatrazin je manj mobilan, zato je v podzemni vodi redkejši.

V površinski vodi se razgradi s fotolizo in mikroorganizmi, razpolovna doba je 10–105 dni. V prsti se razgradi s hidrolizo in mikroorganizmi, odvisno zlasti od temperature, vlage in pH; razpolovna doba je 16–77 dni; daljša je v zelo suhih ali mokrih pogojih, pri nižji temperaturi in v večjih globinah. V podzemni vodi je atrazin dokaj stabilen, našli so ga več let (desetletje) po uporabi; razpolovna doba je $105 \geq 200$ dni. V telesu se presnovi predvsem v desetilatrazin in desizopropilatrazin. Raven in pojavnost atrazina in njegovih presnovkov pada v zadnjih 20 letih v EU, ZDA in drugih delih sveta zaradi omejitev uporabe in uvedbe dobrih kmetijskih praks.

Atrazin se hitro in skoraj v celoti absorbira iz prebavil in porazdeli po telesu (največ v eritrocite, jetra, ledvice) in se skupaj s presnovki večinoma izloča z urinom. Izmerjene koncentracije v pitni vodi (običajno 0,1–2 µg/l) so menda za ljudi zdravstveno zanemarljive. Atrazin je za podgane akutno malo toksičen. Kratkoročne raziskave na živalih so pri visokih koncentracijah pokazale slabše pridobivanje telesne teže in manjši vnos hrane, rahle učinke na eritrocite, strupenost za srce. Ob najnižjem odmerku 2 mg/kg/dan pri živalih niso našli poškodb organskih sistemov. Tako imenovani *no-observed-adverse-effect level*, NOAEL, je pri podganah 1,8 mg/kg/dan; *lowest-observed-adverse-effect level*, LOAEL, pa 3,65 mg/kg/dan pri podganah, kar je primerljivo tudi s karcinogenim učinkom (za raka dojke je NOAEL 1,5 mg/kg/dan in LOAEL 3,1 mg/kg/dan).

Pri visokih koncentracijah je atrazin povzročitelj endokrinih motenj; moti delovanje luteinizirajočega hormona, kar povzroči disrupcijo estrogenskega ciklusa. V raziskavah vpliva na moško plodnost je bilo zaradi velikih odmerkov atrazina težko razlikovati neposredne toksične od specifičnih hormonskih učinkov. Po mnenju skupnega odbora SZO in Organizacije za prehrano in poljedelstvo Združenih narodov (*The Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues*, JMPR) je atrazin malo verjetno genotoksičen, ni verjetno, da ljudi ogroža z rakom, in ni teratogen. IARC uvršča atrazin v 3. skupino (ni mogoče razvrstiti glede rakotvornosti za človeka). Možno je, da bi ob istovrstni izpostavljenosti nitratom nastajal v želodcu karcinogeni nitrozoatrazin. V želodcu so poleg kislosti pomembni še drugi dejavniki, npr. hkratno zaužitje drugih hranil, in specifičnost organizma. Doslej še nobena raziskava ni dokazala rakotvornega delovanja nitrozoatrazina [1, 2].

Zanesljive epidemiološke raziskave niso potrdile, da je izpostavljenost atrazinu vzročno povezana z rakom pri ljudeh. Pri človeku lahko desetilatrazin zmanjša maso nekaterih organov pri ženskah (maternice, timusa) in škoduje delovanju srca. Pri zarodku lahko povzroči nenormalno spolno in/ali hormonsko dozorevanje. Dojenčki mater, izpostavljenih atrazinu, rastejo počasneje. Pri mladičih živali, ki so bile v času brejosti izpostavljene visokim ravnom atrazina, so našli okvare jeter, ledvic in poškodbe srca. Le malo je znanega o učinkih atrazina na otroke. Izpostavljenost nosečnice atrazinu v pitni vodi je bila povezana z manjšo maso ploda in srca, napakami sečil in udov. Ni znano, ali atrazin in njegovi presnovki lahko prehajajo skozi posteljico ali v materino mleko [2].

Določanje mejnih vrednosti atrazina in njegovih presnovkov v pitni vodi je izhajalo iz previdnostnega načela, po katerem naj v pitni vodi sploh ne bi bilo pesticidov. V Pravilniku je atrazin tako uvrščen v Prilogo I, del B, kjer je njegova mejna vrednost v pitni vodi 0,10 µg/l. Po SZO zdravje ljudi ni ogroženo pri skupnem dnevnem zaužitju atrazina in kloro-s-triazinskih presnovkov v količini (*Acceptable Daily Intake*, ADI) 0–0,02 mg/kg/dan (20 µg/kg/dan); mejno vrednost za pitno vodo, zaokroženo po metodologiji izračuna za odraslo osebo, pa je določila pri 100 µg/l (za 10 kg težkega otroka bi bila priporočena mejna vrednost za pitno vodo 40 µg/l). Desetilatrazin in desizopropilatrazin, ki ju določamo v pitni vodi, sta relevantna presnovna in razgradna produkta atrazina. Zanju veljajo enaki toksikološki zaključki in enake zahteve kot za atrazin. Njune izmerjene koncentracije se v parametru »Pesticidi–vsota« seštevajo [1–3].

Ukrepi za zmanjšanje koncentracije pesticidov v pitni vodi morajo biti prvenstveno usmerjeni v izbiro in zaščito vodnega vira, če ne gre drugače, pa je rešitev tudi zamenjava vira pitne vode. Dolgoročno je potrebno preventivno delovanje glede uporabe fitofarmaceutskih sredstev. Začasna dopustitev uporabe pitne vode s koncentracijo atrazina ali njegovih presnovkov nad

mejno vrednostjo (0,10 µg/l) je možna, vendar le po predpisanem postopku [3]. V postopku priprave pitne vode je možno zmanjšati koncentracijo atrazina v njej s filtracijo skozi aktivno oglje, z membransko filtracijo ali z nanofiltracijo [2].

Iz smernic SZO smo povzeli metodologijo izračuna priporočene mejne vrednosti za pitno vodo (*Guideline value*, GV) na osnovi referenčnih vrednosti, ki ne pomenijo grožnje za zdravje ljudi: NOAEL, ADI, [2].

Za atrazin in njegove kloro-s-triazinske presnovke je po SZO sprejemljivi skupinski dnevni vnos (ADI) za ljudi 0–0,02 mg/kg/dan (20 µg/kg/dan) (na osnovi NOAEL 1,8 mg/kg/dan, varnostni faktor je 100), pri katerem ne pričakujemo škodljivih učinkov na zdravje ljudi. ADI je odmerek, ki smo mu lahko, na podlagi vseh znanih podatkov, izpostavljeni vse življenje brez grožnje za zdravje. Izračunan sprejemljivi dnevni vnos s pitno vodo je 240 µg na dan ob zaužitju 2 l vode (za 60 kg težkega človeka, ob predpostavki, da znaša vnos s pitno vodo iz lokalnega vodnega vira 20 % zgornje meje ADI), za 10 kg težkega otroka pa je 40 µg ob zaužitju enega litra vode na dan. Sledi, da je priporočena mejna vrednost za pitno vodo 120 µg/l, zaokroženo 100 µg/l [2].

Od leta 2004 v državah EU ni več dovoljeno prodajati in uporabljati fitofarmaceutskih sredstev, ki vsebujejo atrazin [13]. Prav zato tudi ni več novih raziskav o njegovem vplivu na zdravje ljudi in okolje. Dokument EU (*Pesticides database*) navaja za atrazin ADI 0,02 mg/kg/dan [13].

Po podatkih Evropske agencije za varnost hrane (*European Food Safety Authority*, EFSA) o telesni teži glede na starost lahko po metodi SZO izračunamo podrobnejše priporočene mejne vrednosti (GV) za atrazin in njegove kloro-s-triazinske metabolite za pitno vodo [14], pri katerih bi lahko odsvetovali ali prepovedali uporabo pitne vode, npr. za pitje, pripravo živil, umivanje zob (Tabela 2).

Tabela 2. Izračunane priporočene mejne vrednosti za atrazin in njegove kloro-s-triazinske metabolite, po metodologiji SZO in glede na podatke EFSA o ležji in starosti [2, 13]

	Dojenčki 0–3 mes.	Dojenčki 3–6 mes.	Dojenčki 7–12 mes.	Maički 1–3 let	Otroci 4–10 let	Adolescenti 11–14 let	Starejši adolescenti 15–18 let	Odrasli
Sprejemljiv dnevni vnos [µg/kg/dan]	20	20	20	20	20	20	20	20
Telesna masa (kg)	4,8	6,7	8,7	11,6	21,7	42	60	60
Vnos iz lokalnega vira (20 % vsega)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Volumen vode [l/dan]	0,912	1,273	1	1,3	1,6	2,1	2	2
Priporočena mejna vrednost za pitno vodo	21	21	35	36	54	80	120	120

LITERATURA

1. Pitna voda. Pridobljeno 10. 8. 2016 s spletne strani: <http://www.nijz.si/sl/podrocja-dela/ moje-okolje/pitna-voda>.
2. Guidelines for drinking-water quality. 4th ed. World Health Organization 2011: 319–320. Pridobljeno 10. 8. 2016 s spletne strani: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/ 1/9789241548151_eng.pdf
3. Pravilnik o pitni vodi. Ur I RS 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09 in 74/15. Pridobljeno 10. 8. 2016 s spletne strani: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV3713>
4. Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. Pridobljeno 10. 8. 2016 s spletne strani: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:EN:PDF>
5. Varovanje zdravja otrok v spreminjajočem se okolju. Peta ministrska konferenca o okolju in zdravju (EUR/55934/5.1 Rev 2.), Parma, 10–12 Marec 2010.
6. Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano (NLZOH). Zbirka podatkov o sistemih za oskrbo s pitno vodo in o skladnosti pitne vode 2014. Maribor: NLZOH, 2015.
7. Zdravstveni statistični letopis 2014. Determinante zdravja – dejavniki tveganja. Okolje. Monitoring pitne vode. Pridobljeno 10. 8. 2016 s spletne strani: http://www.nijz.si/sites/ www.nijz.si/files/uploaded/publikacije/letopisi/2014/3.7.1_pitne_vode_2014.pdf.
8. ARSO – Kazalci okolja (<http://www.arso.gov.si/>). Dostop do varne pitne vode. Pridobljeno 10. 8. 2016 s spletne strani: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=707.
9. ARSO – Kazalci okolja (<http://www.arso.gov.si/>). Kakovost pitne vode. Pridobljeno 10. 8. 2016 s spletne strani: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=709.
10. International Agency for Research on Cancer. Pridobljeno 10. 08. 2016 s spletne strani: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>.
11. Commission Directive (EU) 2015/1787 of 6 October 2015 amending Annexes II and III to Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. Pridobljeno 10. 01. 2016 s spletne strani: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/ PDF/?uri=CELEX:32015L1787&from=EN> (http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ TXT/?uri=OJ%3AJOL_2015_260_R_0003).
12. Water safety plan manual. Step-by-step risk management for drinking-water suppliers. World Health Organization 2009. Pridobljeno 10. 04. 2015 s spletne strani: http://www. who.int/water_sanitation_health/publication_9789241562638/en/ in http://apps.who.int/ iris/bitstream/10665/75141/1/9789241562638_eng.pdf.
13. EU – Pesticides database. Pridobljeno 10. 8. 2016 s spletne strani: <http://ec.europa.eu/ food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>.
14. Guidance on default values to be used in the absence of measured data 2012: Guidance on selected default values to be used by the EFSA Scientific committee, Scientific panels and Units in the absence of actual measured data. EFSA J 2012; 10 (3): 2579: 32 pp.