

KVALITET VODE U VODOVODIMA *

Prof. dr Miloje MILOJEVIĆ, dipl.inž.građ.
Redovni član Akademije inženjerskih nauka SCG

REZIME

U radu se najpre prikazuju putevi kojima dolazi do pojave prisustva sastojaka u vodi na izvorištima i promene koje nastaju u vodovodnom sistemu. Promene se mogu odigravati u objektima na izvorištu, u postrojenjima za prečišćavanje vode, u razvodnoj mreži i rezervoarima. S obzirom na to da sastav vode može imati, ponekad, nepovoljan uticaj na zdravlje potrošača vode, kao i na procese proizvodnje u pojedinim industrijama a i na objekte i opremu vodovoda, neophodno je da se vodi računa o sastavu vode. Zbog toga se na nacionalnom i na međunarodnom planu postavljaju uslovi za kvalitet vode, naročito radi zaštite zdravlja stanovništva. U radu se dalje prikazuje Direktiva Evropske zajednice o kvalitetu vode namenjene za ljudsku upotrebu i Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće iz naše zemlje. Ovi dokumenti su u radu prikazani i izvršeno njihovo upoređenje u pogledu propisanih koncentracija i propisanog načina kontrole kvaliteta. Uputstvo Svetske zdravstvene organizacije, deo o zdravstvenim kriterijumima za određivanje preporučenih koncentracija sastojaka vode, korišćeno je u odnosu na nekoliko sastojaka koji su ovih poslednjih godina izazvali posebno interesovanje naše javnosti. Na kraju je dat prikaz postrojenja za prečišćavanje vode reke Save u Beogradu, "Makiš", kao primer jednog od savremenih postrojenja za dobijanje vode koja odgovara zvaničnim zahtevima.

Ključne reči: potreba za propisima, Direktiva EZ, Pravilnik SRJ, upoređenje, uputstvo SZO, aluminijum, arsen, atrazin, azbest, cijanid, cijanobakterije, fenoli, trihalometani, postrojenje "Makiš"

1. UVOD

Kvalitet vode za piće zavisi od osobina vode na izvorištu, od učinka postrojenja za popravku kvaliteta, ako postoji u sistemu, i od eventualnih promena u sistemu za raspodelu vode, tj. cevovodima i rezervoarima.

Kvalitet vode na izvorištima podložan je promenama izazvanim prirodnim pojavama, kao što su:

- promena temperature vazduha, vode i tla, i padavina
- oticanje površinom tla, poniranje, fizičke, hemijske, biološke i biohemijske promene sastava vode na površini i u zemljištu
- zagađenja od živog sveta u prirodi.

Posebno su od značaja promene prouzrokovane delovanjem čoveka, kao što su: promena prirodnog režima izgradnjom objekata radi korišćenja voda, zagađenja iz domaćinstava (otpadne vode i čvrsti otpad), poljoprivrede i stočarstva (đubrenje i otpad), energetike (eksploatacija i prerada nafte, gasa i uglja, termoelektrane), prehrambene, hemijske i metalne industrije, rudarstva i dr. S obzirom na porast broja stanovništva i razvoj svih navedenih delatnosti, ova su zagađenja sve veća, sve raznovrsnija i u velikom broju slučajeva sve opasnija ili je njihovo delovanje nedovoljno poznato.

Veliki se napori ulažu, sa jedne strane u:

- smanjivanje zagađivanja vode na izvorištima otpadnim vodama i otpadom: prečišćavanje otpadnih voda i odgovarajuće odlaganje otpada, klasiranje i eventualna ponovna upotreba pojedinih sastojaka, smanjivanje količine otpada u proizvodnji,
- utvrđivanje štetnosti pojedinih materija po korisnike vode, prirodnu sredinu i objekte vodovodnih sistema,

a sa druge strane u:

- iznalaženje i primenu analitičkih postupaka za utvrđivanje prisustva i koncentracije štetnih i opasnih sastojaka,
- iznalaženje postupaka za uklanjanje štetnih i opasnih sastojaka iz vode, uz prihvatljive ekonomske efekte,
- donošenje i sprovođenje zakonskih propisa za zaštitu voda i normi za kvalitet vode za piće.

* Predavanje održano na skupu članova Akademije, u Beogradu 18.02.2004.

Svi ovi problemi postaju sve značajniji i njihovo rešavanje sve složenije zbog povećanja potrebnih količina vode odgovarajućeg kvaliteta za različite namene.

Voda iz javnih vodovoda koristi se za različite svrhe: za piće, pripremu hrane, održavanje lične higijene, i za druge potrebe u domaćinstvima, zatim za komunalne i industrijske potrebe i dr. Potrošnja vode za piće i pripremu hrane je mala u odnosu na ostale potrebe, ali to je voda za koju se mora obezbediti najbolji kvalitet, izuzimajući neke industrije koje zahtevaju isti takav kvalitet ili čak i bolji od njega. Međutim, brojnost potrošača vode za piće i moguć uticaj sastava vode na njihovo zdravlje jesu razlozi zbog kojih se moraju postavljati uslovi za kvalitet vode u vodovodu u odnosu na zdravstvene efekte. Ako pojedine potrošače ovakva voda ne zadovoljava oni će deo vode koju koriste iz javnog vodovoda posebno dalje doterivati.

Veliki je broj sastojaka vode čije se koncentracije ograničavaju propisima. Neka od ovih ograničenja vezana su neposredno za nepovoljan uticaj na zdravlje. Drugi parametri mogu biti znak za podozrenje čak i u koncentracijama nižim od dozvoljenih, neki mogu biti podloga za naknadne nepovoljne promene osobina vode tokom procesa prečišćavanja ili u razvodnoj mreži. Ima parametara koji nisu obuhvaćeni higijenskim propisima ili njihove koncentracije nisu propisane iz higijenskih razloga, ali o kojima vodovodi moraju da vode računa radi pravilnog vođenja procesa proizvodnje vode, zaštite objekata od korozije, promene osobina vode u mreži, i drugo.

Voda može da sadrži vrlo veliki broj supstanci. Neke od njih su neophodni mikroelementi, neke zaštićuju od štetnog delovanja teških metala, pojedine mineralne i organske supstance imaju akutno ili hronično toksično dejstvo. Niz materija ima kancerogeno ili mutageno dejstvo, što je od naročitog značaja. Neke od njih nastaju tokom procesa prečišćavanja vode dodavanjem hlora, hloramina, hlordioksida ili ozona, zbog čega je posebno značajno da se materije koje čine podlogu za njihovo obrazovanje prethodno uklone u što većoj meri. Dodavanjem hlora takođe može doći do pojave neprijatnog mirisa delovanjem na materije koje inače u prisutnoj koncentraciji ne bi ugrožavale pitkost vode ni zdravlje. Mnoge od ovih materija nalaze se u vodi u malim koncentracijama i ne izazivaju akutne posledice po zdravlje. Međutim, njihovim unošenjem tokom celog života, još u prenatalnoj fazi, njihovi uticaji se mogu javiti tek posle niza godina.

Koncentracije sastojaka vode ograničavaju se u zavisnosti od saznanja o njihovom postojanju, značaju za zdravlje, nivou poznavanja njihovog uticaja, mogućnostima i tačnostima analize i dr. Pri određivanju dozvoljenih ili preporučenih koncentracija primenjuje se i neki stepen sigurnosti, koji može biti 1, 10, 100 ili 1000, a u zavisnosti od značaja parametra i nivoa poznavanja njegovog uticaja. Drugi način je da se osigura neki mali verovatan prirast pojave neke nepoželjne posledice. Takođe se primenjuje i načelo da se zadrži ona koncentracija koja nije pokazala štetne posledice.

Prilikom određivanja dozvoljenih koncentracija pojedinih sastojaka u vodi, uzima se u obzir i ukupan unos tih supstanci u organizam putem hrane, vazduha i vode, da bi se izbeglo prekoračenje dnevnog unosa preko granice bezbedne za organizam.

U slučaju prisustva većeg broja štetnih i opasnih sastojaka, Svetska Zdravstvena Organizacija preporučuje da se mešavina definiše i da se uzmu u obzir toksikološki podaci za svaku supstancu, ali da se posebno ispita i delovanje mešavine.

Dozvoljene ili preporučene vrednosti su prvenstveno određene prema njihovom hroničnom delovanju tokom celog života. Kratkotrajna prekoračenja ne moraju da znače da takva voda nije pogodna za piće. Ona se mogu tolerisati, pod uslovom da se vodi računa o akutnom delovanju (uz obaveznu rezervu za sigurnost). O dozvoljenoj visini prekoračenja i vremenu trajanja treba se savetovati sa nadležnom nacionalnom ili međunarodnom organizacijom.

Ranija tzv. bakteriološka ispitivanja voda prerasla su u mikrobiološka jer su saznanja o mikroorganizmima u vodi značajnim za higijenski kvalitet vode to uslovlila.

Naime, u vodi žive brojni organizmi životinjskog i biljnog sveta i pošto je to njihova sredina oni vodu koriste te je tako i degradiraju. Laboratorijska ispitivanja samo na detekciju bakterija ne otkrivaju njihovo prisustvo i ne daju uvid u pravi kvalitet vode, dok druga ispitivanja ukazuju na neka odstupanja od normi zadovoljavajućih kvaliteta koja ostaju neobjašnjena u smislu uzročnika poremećaja kvaliteta.

Sve ovo je nalagalo da se ispitivanja živih mikroorganizama u vodi prošire, sa detekcije bakterija na mikroorganizme koji pripadaju i drugim vrstama mikro flore i faune pa i šire. Tako se danas rade biloška,

mikološka, parazitološka i virusološka ispitivanja. Takođe su i bakteriološka ispitivanja fekalnih indikatora proširena na detekciju patogenih bakterija uzročnika crevnih hidričnih bolesti (salmoneloze, dizenterije, kolere a u poslednje vreme i uzročnika zoonoza i enterokolita kod ljudi) kao bakterijskih vrsta od posebnog higijensko-epidemiološkog značaja. Takođe se istražuju bakterije od šireg značaja sa gledišta rada sistema za snabdevanja vodom. Zatim tzv. fiziološke grupe bakterija koje se u vodama razmnožavaju zahvaljujući netretiranim industrijskim otpadnim vodama, ugrožavaju kvalitet vode i povećavaju zahteve tehnološke prerade. Brojne su potrebe za ispitivanjem bakterija azotnog ciklusa kao korisnih bakterija nitrifikatora i dentrifikatora u oksidaciji azotnih jedinjenja do nitrata ili razgradnji do slobodnog azota i njegovog korišćenja u kruženju u prirodi. U ovim ispitivanjima učestvuju i biolozi za mikološka i delom parazitološka ispitivanja.

Značaj ispitivanja prisustva virusa značajnih za ljude, životinje i biljke dokazan je brojnim hidričkim epidemijama kod kojih nije utvrđen bakterijski uzročnik. Virus u vodu za piće dospevaju otpadnim vodama. Oni preživljavaju, a bez razmnožavanja, sve nepovoljnosti života u vodi, podnose uobičajene tretmane i koncentracije hlora i u veoma malim količinama izazivaju oboljenja.

Problematika razvoja virusoloških ispitivanja voda veoma je značajna, jer virusi koji se unose u organizam vodom, tzv. enterovirusi, su u prvom redu uzročnici teških oboljenja centralnog nervnog sistema (Echo, Polio), srca (Coxsacki) i jetre (hepatitis A) sa trajnim posledicama, čak i sa smrtnim ishodom.

Izvesni mikroorganizmi mogu u laboratorijskim uslovima da se kultiviraju uz senzibilizaciju na neke materije, tako da budu indikatori njihovog prisustva. Takođe se mikroorganizmi mogu koristiti u istraživanjima nepovoljnih dejstava, npr. mutagenosti, pojedinih hemijskih sastojaka vode.

U nekim propisima ili preporukama postavljaju se uslovi ne samo za bakterije i viruse nego i za druge organizme. Neki od njih mogu biti paraziti kod čoveka, drugi mogu biti prenosioci zaraznih klica, ili da obrazuju naslage u objektima koje mogu predstavljati "gnezda" za bakterije i viruse. Takođe, oni mogu biti izvor organskih materija koje pri dekompoziciji menjaju organoleptička svojstva vode, a mogu se javiti i neki toksični proizvodi. Ovi organizmi u vodovodni sistem

mogu doći iz sirove vode usled nedovoljne efikasnosti postrojenja za prečišćavanje, kao i sekundarnim zagađenjem. Takođe, mogu se u vodovodnom sistemu razvijati koristeći kao podlogu pojedine sastojke materijala od koga su izgrađeni objekti kao i naslage taloga.

Razume se, vremenom se spisak parametara proširuje a preporučene i dozvoljene koncentracije menjaju, u skladu sa novim saznanjima, pojavom novih zagađenja, razvojem tehnike merenja i dr.

2. PRIKAZ I UPOREĐENJE PROPISA

2.1. Prikaz propisa

Voda uopšte uzev može sadržati mineralne i organske materije u rastvoru, koloidnom obliku i u suspenziji, kao i žive organizme.

Neki od ovih sastojaka su veoma značajni sa zdravstvenog gledišta, bilo zbog toga što u povećanim koncentracijama ili zbog dugotrajnog unošenja i zadržavanja u organizmu mogu biti opasni po zdravlje, bilo zbog toga što ukazuju na moguće zagađenje štetnim ili opasnim sastojcima. Drugi su od značaja zbog teškoća koje mogu izazvati u eksploataciji vodovoda, u domaćinstvima ili kod drugih korisnika vode. Zbog toga se zvaničnim propisima ograničavaju koncentracije pojedinih sastojaka.

Među ovim dokumentima postoje izvesne razlike, koje proističu iz različitih prilaza normiranju kvaliteta vode, a zavisno i od lokalnih geografskih, socio-ekonomskih i industrijskih uslova, kao i od načina ishrane.

Evropska zajednica je u 1980. godini objavila prvu Direktivu o kvalitetu vode namenjene za ljudsku upotrebu. Tokom vremena ova Direktiva je dopunjavana i prilagođavana prema novijim saznanjima i iskustvima sakupljenim u primeni. Najnovija verzija objavljena je 1998. godine i sa ispravkom 2000. godine [2]. Ova Direktiva je ujedno i Evropska norma (EN). U jednom članu navodi se da liste parametara i njihove koncentracije, kao i popis analitičkih metoda i zahtevane njihove tačnosti, preciznosti i granice osetljivosti, treba da se prilagode novim saznanjima bar jednom u 5 godina.

U našoj zemlji posle Drugog svetskog rata, u 1960. godini, objavljen je prvi Pravilnik o higijensko-tehničkim merama za zaštitu vode za piće. Ovaj

Pravilnik je tokom proteklog vremena takođe prilagođavan, uzimajući u obzir svetska i naša iskustva. Sada je na snazi Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, objavljen 1998. godine [3], sa izmenama i dopunama u 1999. godini [4]. U našem zakonodavstvu postoji poseban pravilnik vezan za uzimanje uzoraka i laboratorijsku analizu vode za piće [5].

Svetska zdravstvena organizacija ima svoja Uputstva za kvalitet vode za piće [1].

Imajući u vidu značaj kvaliteta vode za zdravlje stanovništva, kao i zainteresovanost građana, potrošača vode, i najzad potrebu prilagođavanja zakonodavstvu Evropske zajednice, ovde će se dati upoređenje našeg najnovijeg Pravilnika sa najnovijom Direktivom EZ.

Pored toga, od posebnog je interesa publikacija Svetske zdravstvene organizacije koja sadrži tumačenja o značaju i preporučenim koncentracijama pojedinih parametara kvaliteta vode [1], što će u kraćem obliku takođe biti prikazano.

Napominje se da su u ovom tekstu korišćene i neke ranije publikacije naših autora [6, 7].

Direktiva Evropske zajednice

Direktiva Evropske zajednice [2] ima tri liste parametara, i to:

- deo A – mikrobiološki parametri, koji za vodovodsku vodu obuhvata samo E. coli i enterokoke, a za vodu koja se prodaje u bocama i kontejnerima još i Pseudomonas aeruginosa i ukupan broj bakterija na 22 i 37°C
- deo B – hemijski parametri (27 pojedinačnih i skupnih parametara)
- deo C – indikatorski parametri (18 parametara i 2 radioaktivna)

ukupno oko 65 pojedinačnih parametara.

EN pruža mogućnost da se povremeno, tokom kraćeg vremena, odstupi od Direktive uz odgovarajuće obrazloženje i odobrenje. Ona ne razmatra vanredne i ratne prilike.

EN dopušta da Zemlje članice uvedu za postojeće parametre strožije kriterijume ili da uvedu i druge parametre, ukoliko to odgovara njihovim posebnim potrebama, kao i da neke izostave, uz obrazloženje i odobrenje.

Pravilnik SRJ

Pravilnik SRJ ima 16 lista, od kojih dve imaju po tri podtačke a, b i c [3,4].

- Lista I - Mikrobiološke osobine vode za piće (prečišćena i dezinfikovana voda i flaširana voda na izvoru, i prirodna sa zatvorenog i sa otvorenog izvorišta) (19 parametara)
- Lista II - Mikrobiološke osobine vode za piće u vanrednim prilikama
- Lista IIIa - Maksimalne dozvoljene koncentracije (MDK) neorganskih materija u vodi za piće (24 parametra)
- Lista IIIb - MDK organskih supstancija u vodi za piće (36 parametra)
- Lista IIIc - Dozvoljene koncentracije pesticida u vodi za piće (24 parametra)
- Lista IV - Dozvoljene koncentracije koagulacionih i flokulacionih sredstava u vodi za piće (4 parametra)
- Lista V - Dozvoljene koncentracije dezinfekcionih sredstava i sporednih proizvoda dezinfekcije (18 parametara)
- Lista VI - Fizičke, fizičko-hemijske i hemijske osobine vode za piće koje mogu izazvati primedbe potrošača (10 parametara)
- Lista VII - Maksimalno dopuštene vrednosti fizičkih, fizičko-hemijskih i hemijskih parametara u vodi za piće u vanrednim uslovima
- Lista VIII - Radiološke osobine vode za piće – dozvoljeni nivo ukupne α aktivnosti i β aktivnosti (2 parametra)
- Lista IX - Fizičke i fizičko-hemijske osobine flaširane prirodne vode za piće
- Lista X - MDK hemijskih supstancija u flaširanoj prirodnoj vodi za piće

ukupno oko 150 pojedinačnih parametara, u vodovodskoj vodi (bez liste VII).

Pravilnik o izmenama i dopunama gornjeg Pravilnika [9] obuhvata:

- Lista XIa,b i c - odnose se na koncentracije neorganskih materija, organskih supstancija i pesticida u vodi za piće za vreme vanrednog stanja
- Lista XII - Dozvoljene koncentracije koagulacionih i flokulacionih sredstava u vodi za piće za vreme vanrednog stanja

- Lista XIII - Dozvoljene koncentracije dezinfekcionih sredstava i sporednih proizvoda dezinfekcije za vreme vanrednog stanja
- Lista XIV - Maksimalno dopuštene vrednosti fizičkih, fizičko-hemijskih i hemijskih parametara u vodi za piće za vreme vanrednog stanja
- Lista XV - Radiooške osobine vode za piće – dozvoljeni nivo ukupne α -aktivnosti i β -aktivnosti za vreme vanrednog stanja
- Lista XVI - Dozvoljene koncentracije bojnih otrova u vodi za piće u uslovima ratnog stanja
- Liste II, VII, IX, X i XIa,b,c – XVI odnose se na osobine vode koje se ne definišu posebno u EN [6], pa upoređenje ovih dokumenata neće njih obuhvatiti.

Uputstvo SZO

Deo 2 Uputstva SZO [1], sadrži, između ostalog, pregled preporučenih vrednosti koncentracija pojedinih sastojaka vode, složenih u sledeće tabele:

Tabela A2.1. Bakteriološki kvalitet vode za piće (2 parametra)

Tabela A2.2. Hemijske supstance u vodi za piće, sa zdravstvenim značajem:

- A. Neorganski sastojci (19 parametara)
- B. Organski sastojci (30 parametara)
- C. Pesticidi (36 parametara)
- D. Dezinfekciona sredstva i njihovi uzgredni proizvodi (28 parametara)

Tabela A2.3. Hemijske supstance bez higijenskog značaja u koncentracijama u kojima se uobičajeno sreću u vodi za piće (3 parametra)

Tabela A2.4. Radioaktivni sastojci u vodi za piće (2 parametra)

Tabela A2.5. Sastojci i parametri u vodi za piće koji mogu izazvati primedbe potrošača (31 parametar)

Neki parametri pojavljuju se i u dve tabele, npr. oni iz Tabele A2.5.

Kao što se vidi i ova struktura razlikuje se u značajnoj meri od strukture EN.

Tabela A2.1 ne sadrži preporučene brojeve mnogih organizama koji bi mogli imati zdravstveni značaj ili bi na drugi način bili značajni za vodovodni sistem, ali je o njima u tekstu dat obiman prikaz.

Tabele A2.2.A do A2.2.D sadrže preporučene koncentracije koje se vrlo često razlikuju (veće su ili manje) od vrednosti u EN i YU Pravilniku, ponekad značajno. Pri tome su one određene ispitivanjima uticaja pojedinih materija na eksperimentalnim životinjama, bakterijama i sl. Takođe je primenjena i statistička analiza pojava povećanog broja ljudi kod kojih su se javile specifične nepovoljne promene, oboljenja ili smrt, u zavisnosti od koncentracije određenih sastojaka vode koju su koristili tokom dužeg perioda života. Značajno je da je pri tome vođeno računa i o ukupnom unosu proučavane materije putem hrane, vazduha i vode, pa su preporučene vrednosti predložene zavisno od udela vode u ukupnom unosu. Preporučene vrednosti su date zavisno od značaja za zdravlje pojedinih materija, primenjenog načina istraživanja i stepena sigurnosti poznavanja njihovog uticaja. Tako su za neke od njih preporučene vrednosti date primenom nekog koeficijenta sigurnosti, od 1 do 1000, dok su za druge iskorišćeni brojevi očekivanog povećanja broja obolelih od 1×10^{-4} , 1×10^{-5} i 1×10^{-6} . Većinom je primenjen kriterijum povećanog rizika od jednog slučaja na 10^5 korisnika vode. Za najveći broj parametara su date stalne preporučene vrednosti, za mali broj su date privremene vrednosti, za pojedine sastojke je navedeno da na nivou zdravstvenog kriterijuma, ili nižem od njega, mogu izazvati primedbe potrošača, dok je za neke navedeno da se ne raspolaze sigurnim podacima za određivanje preporučene vrednosti ili da ono nije ni potrebno.

Ove tabele sadrže neke od parametara kojih nema u EN i u YU Pravilniku, dok se za neke, kojih u njima ima, navodi da ih je neoptrebno normirati.

2.2. Upoređenje propisanih vrednosti parametara kvaliteta vode

Ovde se upoređuju vrednosti dozvoljenih koncentracija prema Evropskoj normi (EN) i Pravilniku iz naše zemlje (YU), imajući u vidu potrebu prilagođavanja naših propisa propisima u EZ. S obzirom na zapaženo značajno odstupanje preporučenih vrednosti u Uputstvima SZO, ova će Uputstva biti korišćena samo u cilju prikazivanja jednog od mogućih pristupa određivanju preporučenih vrednosti, negde u daljem tekstu.

Upoređenje propisanih vrednosti parametara EN i YU prilagođeno je listama parametara prema Direktivi Evropske zajednice [2], u Tabelama 1 do 5.

Tabela 1. Deo A – mikrobiološki parametri

Parametar	EN	Jedinica mere		
Escherichia coli		n/100 ml	0 ⁽¹⁾	
Enterococci		n/100 ml	0 ⁽¹⁾	
Escherichia coli		n/250 ml	0 ⁽²⁾	
Enterococci		n/250 ml	0 ⁽²⁾	
Pseudomonas aeruginosa		n/250 ml	0 ⁽²⁾	
Broj kolonija na 22°C		n/ml	100 ⁽²⁾	
Broj kolonija na 37°C		n/ml	20 ⁽²⁾	
	YU	Prečišćena i dezinfikovana voda i flaširana voda na izvoru	Prirodna voda	
			zatvorena izvorišta	otvorena izvorišta
Bakterije salmonela vrste, šigela vrste, vibrio-kolere, i drugi patogeni mikro organizmi, koliformne bakterije i streptokoke fekalnog porekla, proteus-vrste, pseudomonas aeruginosa		Ne sme da sadrži ◆		
Crevne protozoe, crevni helminti i njihovi razvojni oblici				
Vibrioni				
Bakteriofagi				
Alge i drugi organizmi koji mogu da izmene izgled, miris i ukus vode				
Aerobne mezofilne bakterije na agaru posle inkubacije od 48 časova na 37°C u 1 ml vode		10* ◆	100	300
Ukupne koliformne bakterije određene kao najverovatniji broj u 100 ml vode (MPN) do		0	10	100
Ukupne koliformne bakterije određene membranfiltrar metodom u 100 ml do		0	5	10
Sulfitoredukujuće klostridije u 100 ml vode do		0	1	10
Broj infektivnih jedinica enterovirusa u 10 l vode		nijedna ◆	jedna	jedna

* U flaširanoj prirodnoj vodi koja je u prometu više od 12 časova posle punjenja dozvoljava se 50

Tabela 2. Deo B – hemijski parametri

Parametar	Jedinica mere	EN	YU
akrilamid	µg/l	0,1 ⁽³⁾	0,25 IV □
antimon	µg/l	5,0	3,0 IIIa ◆
arsenik	µg/l	10	10 IIIa
benzol	µg/l	1,0	1,0 IIIb
benzo(a)piren	µg/l	0,010	0,01 IIIb
bor	µg/l	1	0,3 IIIa ◆
bromat	µg/l	10 ⁽⁴⁾	10 V

Tabela 2. Deo B – hemijski parametri (nastavak tabele)

Parametar	Jedinica mere	EN	YU
kadmijum	$\mu g/l$	5	3 IIIa ◆
hrom	$\mu g/l$	50	50 ukupni IIIa
bakar	$\mu g/l$	2,0 ⁽⁵⁾	2,0 IIIa
cijanid	$\mu g/l$	50	50 IIIa
1,2-dihloretan	$\mu g/l$	3,0	3,0 IIIb
epihlorhidrin	$\mu g/l$	0,1 ⁽³⁾	0,4 IV □
fluorid	$\mu g/l$	1,5	1,2 IIIa ◆
olovo	$\mu g/l$	10 ^(5,6)	10 IIIa
živa	$\mu g/l$	1,0	1,0 IIIa
nikal	$\mu g/l$	20 ⁽⁵⁾	20 IIIa
nitrat	$\mu g/l$	50 ⁽⁷⁾	50 IIIa
nitrit	$\mu g/l$	0,5 ⁽⁷⁾	0,03 IIIa ^(7a) ◆
pesticidi	$\mu g/l$	0,1 ^(8,9)	Tabela 5 IIIc
pesticidi ukupno	$\mu g/l$	0,5 ^(8,10)	0,5 IIIc
polciklični aromatični hidrokarbonati (PAH)	$\mu g/l$	0,1 zbir specificiranih jedinjenja ⁽¹¹⁾	0,2 IIIb ^(11a) □
selen	$\mu g/l$	10	10 IIIa
tetrahloretan ^a i trihloretan ^b	$\mu g/l$	10 zbir specificiranih jedinjenja	40 ^a IIIb □ 70 ^b IIIb □
trihalometani ukupno	$\mu g/l$	100 zbir specificiranih jedinjenja ⁽¹²⁾	100 V ^(12a,30)
vinil hlوريد	$\mu g/l$	0,50 ⁽⁵⁾	0,5 IIIb

Tabela 3. Deo C – parametri indikatori

Parametar	Jedinica mere	EN	YU
aluminijum	$\mu g/l$	200	200 IV
amonijum	mg/l	0,5	0,1 IIIa ◆
hlوريد	mg/l	250 ⁽¹³⁾	200 IIIa ◆
Chlostridium perfringens i spore	$n/100 ml$	0 ⁽¹⁴⁾	videti tabelu 1 ^(14a)
boja		prihvatljiva za potrošače i bez izuzetnih promena	5° Pt Co skale VI ◆
provodljivost	$\mu S/cm na 20^{\circ}C$	2500 ⁽¹³⁾	do 1000 VI ◆
pH	$\geq 6,6 i \leq 9,5$ ^(13,15)		6,8 - 8,5 VI ◆
gvožđe	$\mu g/l$	200	300 IV ⁽²³⁾ □
mangan	$\mu g/l$	50	50 IIIa
miris		kao kod boje	bez VI ◆
oksidabilnost	$mg O_2/l$	5,0 ⁽¹⁶⁾	do 8 VI ^(16a) ◆ mg KMnO ₄ /l
sulfat	mg/l	250 ⁽¹³⁾	250 VI
natrijum	mg/l	200	150 IIIa ◆
ukus		kao kod boje	bez VI ◆
broj kolonija na 22°C		bez izuzetnih promena	-
koliformne bakterije	$n/100 ml$	0 ⁽¹⁷⁾	videti Tabelu 1
ukupan organski ugljenik		bez izuzetnih promena ⁽¹⁸⁾	-
mutnoća		kao kod boje ⁽¹⁹⁾	do 1 NTU VI ^(19a) ◆

Tabela 4. Radioaktivnost

Parametar	Jedinica mere	EN	YU
tricijum	Bq/l	100 ^(20,22)	-
ukupna indikativna doza	mSv/godina	0,1 ^(21,22)	-
ukupna alfa aktivnost	Bq/l	-	0,1 VIII ^(24,25) ◆
ukupna beta aktivnost	Bq/l	-	1,0 VIII ^(24,25) ◆

Tabela 5. YU Parametri van Direktive EZ ◆

Lista IIIa (koncentracije u mg/l)			
barijum	0,7	kalijum	12,0
cink	3,0	magnezijum	50,0
kalcijum	200,0	molibden	0,07
Lista IIIb (koncentracije u mg/l)			
Aromatični ugljovodonici:		Hlorovani eteni:	
etilbenzol	0,002	1,1-dihloreten	0,03
ksilol	0,05	1,2-dihloreten	0,05
stiroil	0,2	Ostalo:	
toluol	0,7	dialkiltini	-
PAH		di(2-etilheksil)adipinat	0,08
Benzo(a)piren	0,00001	di(2-etilheksil)ftalat	0,008
Hlorovani alkani:		etil-diamino-tetrasirćetna kiselina (EDTA)	0,2
1,1-dihloretan	-	heksahlorbutadien	0,0006
1,2-dihloretan	0,003	nitrilsirćetna kiselina	0,2
dihlormetan	0,02	tributilinoksin	0,002
1,1,1-trihloretan	2	mineralna ulja ⁽²⁶⁾	0,01
ugljen tetrahlorid	0,005	ulja i masti ⁽²⁶⁾	0,1
Hlorovani benzoli:		PCB ⁽²⁷⁾	0,0005
monohlorbenzol	0,3	fenoli ⁽²⁸⁾	0,001
1,2-dihlorbenzol	1	deterdženti (anjonski)	0,1
1,3-dihlorbenzol	-	ortofosfati	0,15
1,4-dihlorbenzol	0,3		
trihlorbenzoli	0,02		
Lista IIIc (koncentracije u µg/l) ⁽²⁹⁾			
alahlor	0,1	MCPA	0,1
aldrin/dieldrin	0,03	metolahlor	0,1
atrazin	0,1	molinat	0,1
bentazon	0,1	pendimentalin	0,1
DDT	0,1	pentahlorfenol	0,1
2,4-D	0,1	permetrin	0,1
heksahlorbenzol	0,01	piridat	0,1
heptahlor i		simazin	0,1
heptahlorepoksid	0,03	trifluralin	0,1
hlortoluron	0,1	hlorfenoksin herbicidi drugačiji	
izoproturon	0,1	od 2,3-D i MCPA 2,4-D	0,1
karbofuran	0,1	dihlorprop	0,1
lindan	0,2		

Tabela 5. YU Parametri van Direktive EZ ◆ (nastavak tabele)

Lista V (koncentracije u $\mu\text{g/l}$)			
Dezinfekciona sredstva:		hloralhidrat	0,01
hlor	5,0	hlorcizan (kao CN)	0,05
hlordioksid	0,4	2,4,6-trihlorfenol	0,02
rezidualni hlor, slobodni	do 0,5	hlorit	0,2
Sporadni proizvodi dezinfekcije:		- hlorovane sirćetne kiseline:	
- formaldehid	0,9	dihlorsirćetna kiselina	0,05
- halogenovani acetonitrili:		trihlorsirćetna kiselina	-
dibromacetonitril	0,1	- trihalometani:	
dihloracetonitril	0,09	bromdihlormetan	0,0015 ⁽³⁰⁾
trihloracetonitril	0,001	bromofom	-
		dibromhlormetan	-
		hloroform	0,04 ⁽³⁰⁾
Lista VI (osobine koje mogu izazvati primedbe potrošača)			
temperatura		temperatura izvorišta ili niža	
rastvoreni kiseonik (% zasićenja)		50 ⁽³¹⁾	
vodonik sulfid		bez ⁽³²⁾	

Napomene uz Tabele 1 do 5:

- (1) vodovodska voda
- (2) vrednosti se odnose na vodu koja se nudi iz boca ili kontejnera
- (3) odnosi se na rezidual monomera
- (4) gde je moguće Zemlje članice treba da teže nižoj vrednosti
- (5) odnosi se na vodu uzetu sa slavine tako da odgovara sedmičnoj prosečnoj vrednosti
- (6) mora biti zadovoljeno posle 15 kalendarskih godina od donošenja Direktive
- (7) mora se obezbediti da bude $\text{NO}_3/50 + \text{NO}_2/3 \leq 1$ i da vrednost za NO_2 na izlazu iz PPV bude 0,10 mg/l
- (8) pesticidi znači: organski insekticidi, organski herbicidi, organski fungicidi, organski nematocidi, organski acaricidi, organski algicidi, organski rodenticidi, organski slimicidi, sa njima povezani proizvodi (između ostalih regulatori porasta) i njihovi odgovarajući metaboliti i proizvodi degradacije i reakcija; samo oni pesticidi koji se očekuju treba da se analiziraju
- (9) vrednost se odnosi samo na svaki pojedinačni pesticid; vrednosti za aldrin, dieldrin, heptahlor i heptahlor epoksid je 0,03 $\mu\text{g/l}$
- (10) pesticidi ukupno znači zbir svih pojedinačnih pesticida koji su nađeni i određena im je koncentracija
- (11) specificirana jedinjenja su: benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(ghi)perilen, indenol, (1,2,3-cd) piren
- (12) gde je moguće treba težiti manjoj vrednosti, bez ugrožavanja učinka dezinfekcije; specificirana jedinjenja su: hloroform, bromoform, dibromohlorometan, bromodihlorometan
- (13) voda ne sme biti agresivna
- (14) ne mora se određivati izuzev ako voda potiče iz površinske vode ili na nju utiče površinska voda; u slučaju da ne odgovara zadatoj vrednosti, mora se proučiti napajanje da bi se isključila opasnost po zdravlje usled prisustva patogenih mikroorganizama, npr. Cryptosporidium
- (15) kod voda u bocama ili kontejnerima vrednost se može smanjiti do 4,5; ako je prirodna voda bogata u CO_2 ili je veštački obogaćena, vrednost može biti i manja
- (16) ovaj parametar se ne mora određivati ako se određuje TOC
- (17) za vode u bocama ili kontejnerima ova vrednost mora biti za n/250
- (18) ovaj parametar se ne mora određivati ako se obezbeđuje manje od 10000 m^3/dan
- (19) u slučaju snabdevanja površinskom vodom treba težiti da vrednost ne prelazi 1,0 NTU na izlazu iz PPV
- (20) učestalost ispitivanja određena je u Aneksu II
- (21) isključujući tricijum, kalijum-40, radon i proizvode raspadanja radona; učestalost i način ispitivanja određeni su u Aneksu II

- (22) posebni uslovi su dati u tekstu Direktive
- (7a) smatra se da je voda ispravna u slučaju da u 20% merenja koja nisu uzastopna u toku godine vrednost dostigne 0,1 mg/l, učestalost merenja po važećem Pravilniku
- (11a) referentne supstance: fluoranten, benzo-3,4-fluoranten, benzo-11,12- fluoranten, benzo-1,12-perilen, indeno-(1,2,3-cd)-piren
- (12a) u YU Pravilniku su data ograničenja za samo dva od specificiranih jedinjenja
- (14a) u YU Pravilniku su date posebne dozvoljene koncentracije zavisno od vrste vode (Tabela 1)
- (23) dozvoljena koncentracija je data samo za gvožđe primenjeno kao koagulaciono sredstvo (trebalo ga je navesti i u listi IIIa, primedba autora)
- (16a) smatra se da je voda ispravna ako u slučaju da u oko 20% merenja koja nisu uzastopna u toku godine parametar dostigne do 12 mg KMnO₄/l; frekvencija merenja po važećem Pravilniku
- (19a) za vodovode do 5000 stanovnika dozvoljena je mutnoća do 5 NTU
- (24) ako su specifične aktivnosti alfa i/ili beta nestabilnih radionuklida veće od naznačenih, neophodno je izvršiti detaljnu analizu sadržaja radionuklida
- (25) veće vrednosti specifičnih aktivnosti alfa i/ili beta nestabilnih radionuklida ne znači automatski i nepodobnost vode za ljudsku upotrebu
- (26) posle ekstrakcije u ugljentetrahloridu
- (27) odnosi se na: 2 hlorbifenil, 2,3 dihlorobifenil, 2,4,5-trihlorobifenil, 2,2,4,4-tetrahlorobifenil, 2,2,3,4,6-pentahlorobifenil, 2,2,4,5,6-heksahlorobifenil, 2,2,3,3,4,4,6-heptahlorobifenil, 2,2,3,3,5,5,6,6-antohlorobifenil
- (28) fenolne materije koje reaguju sa 4-amino antipirinom
- (29) pesticidi
- (30) uzorci za ove parametre uzimaju se nakon bilo kog vremena delovanja hlora i na izlazu iz PPV; vrednost za koncentraciju bromdihlormetana mogu se povećati na 0,025 mg/l ukoliko se vrednost za koncentraciju hlороформа smanji na 0,03 mg/l
- (31) ne odnosi se na podzemne vode
- (32) ne sme se osetiti miris
- ◆ parametri sa strožijim ograničenjem u YU Pravilniku
- parametri sa blažim ograničenjem u YU Pravilniku

2.3. Uzimanje uzoraka

2.3.1. Tipovi pregleda vode

Prema EN [2] predviđena su dva tipa pregleda vode, sa različitim obimom i učestalošću: rutinski pregled i periodični pregled.

Rutinski pregled ima za cilj da pruži podatke o organoleptičkom i mikrobiološkom kvalitetu vode za ljudsku upotrebu, kao i o učinku prečišćavanja vode za piće, ukoliko se ono vrši, naročito dezinfekcije. Obuhvaćeni su: aluminijum (ako se koristi kao flokulant), amonijak, boja, provodljivost, *Clostridium perfringens* (samo ako voda potiče iz površinskih izvorišta ili je pod uticajem površinskih voda), *E.coli*, enterokoke, pH, gvožđe (samo ako se koristi kao flokulant), nitrit (ako se primenjuje hloraminacija), miris, *Pseudomonas aeruginosa* (samo ako se voda nudi za prodaju u bocama ili kontejnerima), ukus, broj kolonija na 22 i 37°C (samo ako se voda nudi za prodaju u bocama ili kontejnerima), koliformne bakterije i mutnoća. Ukupno 11 odnosno 18 podataka. Države članice mogu dodati i druge parametre ako smatraju za potrebno.

Periodični pregled pruža obaveštenje o tome da li su zadovoljene sve u EN propisane vrednosti pokazatelja. Izuzetno, neki parametri mogu biti izostavljeni, za neko odobreno vreme trajanja, ako se pokaže da nije verovatno da budu prisutni u sistemu u koncentraciji koja može probiti propisanu vrednost. Za parametre radioaktivnosti važe posebni uslovi. Ukupno 53 parametara plus 9 grupa pesticida, zatim njihovi metaboliti, proizvodi degradacije i reakcija kao i 3 pojedinačna pesticida.

Po našem Pravilniku [3] predviđena su četiri tipa pregleda vode, sa različitim obimom i različitom učestalošću: osnovni (A), periodični (B), za nove zahvate vode (pojedine analize treba vršiti i najmanje jednom u 3 godine ili po higijensko-epidemiološkim indikacijama) (V), i prema higijensko-epidemiološkim indikacijama (G).

Osnovni pregled obuhvata 7 mikrobioloških, pojedinačnih i skupnih pokazatelja, 18 fizičkih, fizičko-hemijskih i hemijskih pokazatelja uz dodatak specifičnih materija koje se očekuju.

Periodični pregled obuhvata 10 mikrobioloških, pojedinačnih i skupnih pokazatelja, uključujući

enteroviruse, bakteriofage i crevne protozoe, helminte i njihove razvojne oblike, jednu grupu bioloških pokazatelja (samo iz površinskih voda) i 29 fizičkih, fizičko-hemijskih i hemijskih pokazatelja, uz dodatak specifičnih materija koje se očekuju.

Pregled vode iz novih zahvata vode obuhvata 11 mirkobioloških, pojedinačnih i skupnih pokazatelja, uključujući i ovde enteroviruse, bakteriofage i crevne protozoe, helminte i njihove razvojne oblike, kao i feruginoze, jednu grupu bioloških pokazatelja (samo iz površinskih voda) i 53 fizička, fizičko-hemijska i hemijska pokazatelja, uz dodatak specifičnih materija koje se očekuju.

Pregled prema higijensko-epidemiološkim indikacijama obuhvata 9 mikrobioloških, pojedinačnih i skupnih

parametara, jednu grupu bioloških pokazatelja (samo iz površinskih voda) i 12 fizičkih, fizičko-hemijskih i hemijskih pokazatelja, uz dodatak pokazatelja prema higijensko-epidemiološkim indikacijama.

Neki od napred navedenih pokazatelja obavezni su samo u određenim slučajevima.

2.3.2. Učestalost uzimanja uzorka

U tabeli 6 prikazan je minimalni broj uzoraka prema EN. Uzorci se uzimaju na slavinama korisnika vode a učestalost se odnosi samo na ispitivanja u zvaničnim ustanovama. Sopstvena ispitivanja nisu propisana a svaki isporučilac vode mora da obezbedi zahtevani kvalitet.

Tabela 6. Minimalni broj pregleda prema EN

Prosečna dnevna količina vode isporučena u godini m ³ (1)	Broj rutinskih pregleda u godini (2,3,4)	Broj periodičnih pregleda u godini (2,4)
≤ 100	Država članica određuje učestalost	
> 100 ≤ 1.000	4	1
> 1.000 ≤ 10.000	4 + 3 za svakih 1.000 m ³ /dan od ukupno isporučene vode, i za deo od toga	1 + 1 za svakih 3.300 m ³ /dan
> 10.000 ≤ 100.000		3 + 1 za svakih 10.000 m ³ /dan
> 100.000		10 + 1 za svakih 25.000 m ³ /dan

- (1) Ova količina se može izračunati i množeći broj stanovnika prosečnom pojedinačnom dnevnom potrošnjom od 200 l/st.d
- (2) U slučaju povremenog snabdevanja vodom Država članica određuje učestalost
- (3) Broj uzoraka za pojedine parametre Država članica može smanjiti ako se ne očekuju činioci koji mogu ugroziti kvalitet vode ili ako su podaci u najmanje dve uzastopne godine konstantni i znatno bolji od propisanih. Najmanja učestalost ne može biti manja od 50% od propisane
- (4) Broj uzoraka treba da bude što ravnomernije raspoređen po vremenu i prostoru

EN propisuje i učestalost uzimanja uzoraka vode koja se isporučuje u bocama i kontejnerima.

Naš Pravilnik propisuje

- broj osnovnih i periodičnih pregleda vode (autor smatra da je u Pravilniku omaškom stavljeno: sirove vode; broj pregleda sirove vode dobija se tek množenjem ukupnog broja pregleda (Tabela 7) brojem izvorišta) u jednakim razmacima u toku meseca, odnosno godine, zavisno od broja ekvivalentnih stanovnika (jedan ES odgovara prosečnoj potrošnji vode od 150 l/dan). U tabeli 7 prikazan je ukupan broj pregleda A i B tokom godine, a ukupan broj uzoraka iz vodovodne mreže u tabeli 8.
- prilikom svakog pregleda vode iz vodovoda uzorci se uzimaju iz svakog izvorišta (ako su neposredno vezana na vodovodnu mrežu, ili iz sabirnog voda odnosno rezervoara sirove vode), iz rezervoara vode za piće, i iz vodovodne mreže na više tačaka zavisno od broja ES (tabela 8).

Tabela 7. Broj osnovnih i periodičnih pregleda vode (YU)

ES	Do 5.000	5.001-10.000	10.001-50.000	50.001-100.000	100.001-200.000	200.001-400.000	Preko 400.000
A	11	23	35	70	116	174	348
B	1	1	1	2	4	6	12
Σ	12	24	36	72	120	180	360

Tabela 8. Broj uzorak iz vodovodne mreže (YU)

ES	Do 10.000	11.001-50.000	50.001-100.000	100.001-200.000	200.001-400.000	400.001-600.000	na svakih sledećih 200.000
Broj tačaka na mreži	2	5	7	10	12	15	1

- ako se prilikom osnovnog pregleda vode iz sabirnog voda ili rezervoara utvrdi odstupanje od propisanih vrednosti, uzorci se uzimaju iz svakog izvorišta radi otkrivanja odakle potiče zagađenje
- posebno je propisana učestalost uzimanja uzoraka iz arteskkih bunara, ukoliko ne postoji vodovodni sistem
- u Pravilniku nije izričito naglašeno da li se navedeni broj uzoraka odnosi na sopstvenu kontrolu, na zvaničnu kontrolu ili na obe.

2.3.3. Upoređenje

Između EN i našeg Pravilnika (YU) postoji značajna razlika u strukturi teksta i broju parametara za koje su propisane dozvoljene vrednosti.

Grupa rutinskih parametara u EN obuhvata 15 parametara (nisu uključeni: temperatura, utrošak KMnO_4 , rezidualna dezinfekciona sredstva, nitrati, fluoridi, ostatak po isparavanju i mangan, proteus vrste i streptokoke fekalnog porekla), od kojih su 4 obavezni samo u posebnim slučajevima. EN dopušta da Država članica unese neke parametre ako nalazi za potrebno, što bi odgovaralo u daljem tekstu navedenim specifičnim materijama u našem Pravilniku.

U grupi parametara za Osnovni pregled (YU) nalazi se 25 pojedinačnih ili skupnih parametara, uz dodatak specifičnih materija čije se prisustvo može očekivati.

Grupa parametara za periodični pregled u EN obuhvata sve propisane parametre ali ne obuhvata izričito enteroviruse, bakteriofage, feruginoze, crevne protozoe, helminte i njihove razvojne oblike, alge, zooplankton i druge organizme, a u posebnom članu stoji da voda ne treba sadržati mikroorganizme i parazite. Otuda grupa periodičnih parametara u EN više bi, po obimu, odgovarala Pregledu za nove zahvate vode (YU).

U grupi parametara za Periodični pregled (YU) nalazi se 40 pojedinačnih ili skupnih parametara, uz dodatak specifičnih materija čije se prisustvo može očekivati.

Radi upoređenja učestalosti ispitivanja kvaliteta vode, kao primer prilažemo broj godišnjih uzoraka za Rutinski pregled i Periodični pregled, prema [2] i Osnovni pregled i Periodični pregled, prema [3], za grad Beograd. Pri tome imamo u vidu da Periodični pregled (YU) ne odgovara u potpunosti Periodičnom pregledu (EN) jer ovaj drugi obuhvata obavezno sve propisane parametre.

Prema EN minimalni broj uzoraka godišnje iznosi:

prosečna dnevna proizvodnja vode	$7 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s/dan} = 604.800 \text{ m}^3/\text{dan}$
broj rutinskih pregleda	$4 + 3 \times 600.000/1.000 + 3 = 1.807$
broj periodičnih pregleda	$10 + 600.000/25.000 + 1 = 35$
ukupno rutinskih i periodičnih pregleda, godišnje	1.842

Prema našem Pravilniku broj uzoraka godišnje iznosi:

broj ES	$7 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s/dan} : 0,15 \text{ m}^3/\text{st.dan} = 4.032.000 \text{ ES (približno)}$
broj osnovnih pregleda	348 godišnje
broj periodičnih pregleda	12 godišnje

broj izvorišta (za svako izvorište poseban uzorak)	4
broj rezervoara (za svaki rezervoar poseban uzorak)	18
broj tačaka na mreži	$15 + (4.032.000 - 600.000) : \frac{200.000}{32}$
	Svega 54
ukupan broj uzoraka za osnovni pregled	$348 \times 54 = 18.792$
ukupan broj uzoraka za periodični pregled	$12 \times 54 = 648$
	Svega 19.430
od toga je iz mreže	$(348 + 12) \times 32 = 11.520$, ili 59%

Ukupan broj uzoraka 19.430 po sporazumu zajedno ispituju približno po pola Gradski zavod za zaštitu zdravlja Beograda, koji je zvanično ovlašćena ustanova, i Služba sanitarne kontrole Javnog komunalnog preduzeća Beogradski vodovod i kanalizacija.

Kao što se vidi o kvalitetu vode u beogradskom vodovodu veoma se ozbiljno vodi računa. Broj uzoraka vode koji se tokom godine ispita iz mreže beogradskog vodovoda od strane ovlašćene ustanove iznosi približno 5.500, ili približno 3 puta više nego što se to zahteva kao minimum po EN. Pored toga Služba BVK ispita još toliko uzoraka.

Pored toga, ispituje se voda i iz izvorišta i iz gradskih rezervoara, i to

$$(4 + 18) \times (348 + 12) = 7.920 \text{ uzoraka}$$

Svako od postrojenja za pripremu čiste vode Beogradskom vodovodu, Bele vode, Makiš, Banovo brdo i Bežanija, ima svoju pogonsku laboratoriju u kojoj se tokom celog dana zahvataju uzorci vode iz svih faza procesa i u njima se ispituje mali broj parametara kvaliteta radi provere ispravnosti rada elemenata postrojenja.

Naš Pravilnik se može prilagoditi EN pooštavanjem nekih MDK i zadržavanjem nekih oštrijih ukoliko postoji opravdanje u odgovarajućim istraživanjima. Dobro je što su neki zahtevi u našem Pravilniku detaljnije obrađeni.

Tokom 2001. godine u GZZZ izrađen je veliki broj analiza vode iz instalacija za prečišćavanje vode, rezervoara i vodovodne mreže u beogradskom vodovodnom sistemu [12]. Rezultati pokazuju da su procenti neispravnih uzoraka:

- u fizičko-hemijskom pogledu bili od 1,0 do 5,1%, 5,1 i 3,0 su podaci za vodovod Vinča, a ostali ne prelaze 1,7%

- u bakteriološkom pogledu bili od 0,0 do 4,9 (mreža Beograd) dok ostali ne prelaze 3,3%

Sva ova odstupanja ne moraju uvek poticati od istih sastojaka, niti svi oni moraju biti bitni sa zdravstvenog gledišta.

Takođe je ispitivana koncentracija trihalometana. Maksimalne koncentracije ukupnih trihalometana kretale su se od 37,0 do 56,6 $\mu\text{g/l}$ (37 do 57 % od MDK). Maksimalne koncentracije hloroforma kretale su se od 24,1 do 39,3 $\mu\text{g/l}$ (MDK je 40). Pored toga radene su analize i niza drugih sporednih proizvoda hlorisanja, za koje uglavnom ne postoje MDK, izuzev za dihlorsirčetnu kiselinu za koju je najveća maksimalna koncentracija bila ispod 20% od MDK.

Ovi podaci dozvoljavaju zaključak da voda u beogradskom vodovodnom sistemu zadovoljava propisane kvalitete.

3. NEKOLIKO SUPSTANCI O KOJIMA SE NAJČEŠĆE U POSLEDNJE VREME KOD NAS GOVORI I OSVRT NA MIŠLJENJE SZO U VEZI SA NJIMA

3.1. Uputstva Svetske zdravstvene organizacije

Svetska zdravstvena organizacija (SZO) je izdala knjigu koja se odnosi na uputstva ili preporuke za kvalitet vode za piće, u tri dela [1].

Deo 2 se odnosi na zdravstvene kriterijume i druge potporne informacije.

Ovaj deo 2 obuhvata obiman tekst o mikrobiološkim aspektima i hemijskim i fizičkim aspektima (oko hiljadu strana).

Mikrobiološki aspekti obrađuju patogene organizme u ekskrementima, viruse, protozoe, helminte (parazitni

crvi), toksine cijanobakterija, i organizme koji izazivaju teškoće u prečišćavanju vode i biološkoj ravnoteži u vodovodnom sistemu. Tu su obuhvaćeni značajni organizmi, putevi izloženosti čoveka, preživljavanje ovih organizama u vodi, zdravstveni efekti, mikrobiološki indikatori kvaliteta vode, infektivne doze i mikrobiološki kriterijumi za kvalitet vode, uključujući i preporučene vrednosti i učestalost ispitivanja vode (zavisno od populacije koja se vodom snabdeva). Pregledi vode su rutinski (efikasnost prečišćavanja vode i kvalitet u mreži) i nadzorni, u odabranim razmacima (od izvora do potrošača).

U mikrobiološkom delu obuhvaćeno je 6 rodova patogenih bakterija iz ekskremenata i 4 koje se mogu pojaviti u distribucionom sistemu, zatim 5 grupa virusa, 5 rodova ili vrsta protozoa, više različitih helminata i 9 pojedinačnih vrsta ili grupa bakterija koje se smatraju kao posebno značajni indikatori kvaliteta vode.

Hemijski i fizički aspekti uzimaju u obzir unošenje preko potrošnje vode i hrane, uzimajući u obzir telesnu težinu, kao i uticaj udisanja i absorpcije preko kože, na osnovu kojih se ocenjuje rizik po zdravlje. Kao postupak za određivanje preporučenih koncentracija u vodi uzima se u obzir:

$$\text{Tolerantan dnevni unos TDI} = \frac{\text{NOAEL}}{\text{UF}} \text{ ili } \frac{\text{LOAEL}}{\text{UF}}$$

NOAEL – nije zapažen nivo nepovoljnog uticaja

LOAEL – najniži zapaženi nivo nepovoljnog uticaja

UF – faktor neizvesnosti

prema kome se određuje:

$$\text{Preporučena vrednost} \quad \text{GV} = \frac{\text{TDI} \times \text{bw} \times \text{P}}{\text{C}}$$

bw – telesna težina (60 kg odrasli, 10 deca, 5 mala deca)

P – deo TDI koji se može dodeliti vodi za piće

C – dnevna potrošnja vode (2 litra odrasli, 1 deca, 0,75 mala deca)

Vrednosti GV su određene za svaki pojedinači sastojak vode. Svaka voda sadrži mešavinu većeg broja neorganskih i organskih sastojaka vode, ali smatra se da su primenjeni veliki koeficijenti sigurnosti koji su ugrađeni u većinu preporučenih vrednosti dovoljni da obuhvate i njihove moguće interakcije.

Za prikaz značaja pojedinih hemijskih supstanci u knjizi je primenjen format monografije, koji sadrži:

Opšti opis (identitet, fizikohemijska svojstva, organoleptička svojstva, glavne primene, sudbina u životnoj sredini).

Analitičke metode.

Nivoi u životnoj sredini i izloženost čoveka (vazduh, voda, hrana, ocena ukupne izloženosti i relativan udeo vode za piće, kinetika i metabolizam kod laboratorijskih životinja i ljudi pod različitim uslovima: akutna izloženost, kratkotrajna izloženost, dugotrajna izloženost, toksičnost prema reprodukciji, embrionalna toksičnost, teratogenost, mutagenost i s tim u vezi krajnji ishod, kancerogenost).

Efekti na ljude, zdravstveni rizik.

Preporučena vrednost.

Među neorganskim i fizičkim parametrima obrađeno je njih 36, među organskim 27, među pesticidima 31, zatim je obrađeno 5 dezinfektanata, 11 sporednih proizvoda dezinfekcije, i najzad 18 radioaktivnih parametara kao i prikaz α i β radioaktivnosti.

3.2. Kratak prikaz stavova SZO o nekim supstancama

Ovde će se dati kratak prikaz stavova SZO [1] o nekim supstancama o kojima se u poslednje vreme dosta govorilo u našoj sredini, kao što su: aluminijum, s obzirom da se primenjuje u prečišćavanju vode, azbest, s obzirom da se koriste cevi od azbest cementa još uvek za transport vode, trihalometani, kao proizvodi hlorisanja vode koji se posebno naglašavaju u propisima za vodu za piće, i toksini cijanobakterija, kao i cijanid, atrazin, fenol i arsen, koji su se pojavili kao zagađenja naših reka odnosno podzemnih voda.

Aluminijum – zemljina kora sadrži oko 8% aluminijuma, sreće se kao normalan sastojak zemljišta i biljnog i životinjskog tkiva. Može da izazove protest potrošača ako se u vodi nalazi preko 0,1 do 0,2 mg/l. Primenjuje se u različite svrhe u industriji i domaćinstvima. Njegove soli se koriste i u postupku prečišćavanja vode za piće.

U vazduhu se nalazi u količinama merenim nanogramima u m³. U prirodnim vodama, usled ispiranja iz zemlje i stena, u količinama od 14-290 µg/l u podzemnoj vodi i 16-1170 µg/l u površinskim vodama. U prečišćenim vodama, gde se primenjuje u procesu, koncentracija zavisi od koncentracije u sirovoj

vodi, količine primenjene za koagulaciju i od efikasnosti taloženja i filtriranja obrazovanih pahuljica. U slučaju velikih koncentracija u prečišćenoj vodi može doći do taloženja u mreži, odnosno do pojave na slavinama potrošača pri promeni brzine toka vode i voda postaje estetski neprihvatljiva.

Aluminijum se takođe sreće u hrani i farmaceutskim proizvodima.

Ukupan dnevni unos aluminijuma kreće se od 5 do 20 mg/dan. Ako voda sadrži 200 µg/l sa dva litra koju čovek popije na dan on vodom u sebe unosi svega oko 2% od ukupnog unosa. Preko ukupnog unosa više od 0,2 do 7 mg po kg telesne težine aluminijum može biti toksičan.

Aluminijum može izazvati pojavu demencije kod pacijenata na dijalizi, Parkinsonovu bolest i Alchajmerovu bolest. Međutim, ekološke i epidemiološke studije još uvek nisu dale dovoljnu osnovu za određivanje preporučene koncentracije na osnovu rizika po zdravlje. Preporučena koncentracija od 200 µg/l u vodi za piće predstavlja kompromis između praktične upotrebe aluminijuma u prečišćavanju vode i promena boje, odnosno mutnoće u vodi za piće. Ovo, kao što je napred navedeno, predstavlja samo oko 2% od ukupnog mogućeg maksimalnog unosa aluminijuma. Ova koncentracija je prihvaćena i u Evropskoj normi i u našem Pravilniku, mada se u nekim epidemiološkim studijama povećanje pojave Alchajmerove bolesti javlja i u 3 do 4 puta manjim koncentracijama. Pri prečišćavanju vode uz primenu aluminijumovih jedinjenja treba težiti što nižim koncentracijama preostalog aluminijuma (ili primeniti druga flokulaciona sredstva) a pacijentima na dijalizi obezbediti vodu pripremljenu uz posebne mere.

Azbest – vlaknasti silikatni minerali koji sadrže gvožđe, magnezijum, kalcijum ili natrijum. Deli se u dve glavne grupe: serpentini (npr. krizotil) i amfiboli (npr. amozit, krocidolit, i tremolit). Najviše se koristi krizotil, npr. za vodovodske i kanalizacione cevi, ploče, elektro i termo izolacije, obloge kočnica i kvačila.

U nekim ispitivanjima vazduha izmereno je od <2 do 11 vlakana dužih od 5 µm u 1 litru, zavisno od lokacije (niže vrednosti u predgrađima i selima). Smatra se da vlakna sitnija od 1 µm ne predstavljaju rizik za zdravlje. Azbestna vlakna u vazduhu u stanovima mogu poticati iz vode. Neka merenja pokazala su vrednosti od 0,31 ng/m³ do 1,7 ng/m³.

Azbest u vodi potiče od raspadanja mineralnih materijala koji sadrže azbest, iz industrijskih otpadnih voda i zagađenog vazduha, kao i iz vodovodskih cevi usled agresivnosti vode ili oštećenja cevi. U Kanadi, koja je posebno poznata po nalazištima azbesta, gde se u 19% vodovoda koriste azbest cementne cevi, u vodovodima 71 naselja azbestna vlakna su nađena u samo dva od njih, a koncentracije su se kretale od manje od 1 x 10⁶ vlakana u litru (MVL) do 2000 MVL. U prečišćenoj vodi koncentracija je bila manja nego u sirovoj vodi. Prosečna dužina vlakana je od 0,5 do 0,8 µm.

Postoje podaci o prisustvu azbestnih vlakana u pivu od 0,15 do 6,6 MVL i u blagim pićima 1,7 do 12,2 MVL. Hrana koja sadrži čestice zemlje i sl. može sadržati i azbestna vlakna.

Kod ljudi zaposlenih u proizvodnji predmeta od azbesta odavno je zapažena pojava azbetoze, bronhijalnog raka, malignog mezotelioma pleure i peritoneuma i možda raka gastrointestinalnog trakta i larinksa. Suprotno tome malo ima potvrđenih podataka karcinogenosti u epidemiološkim studijama populacija koje se snabdevaju vodom za piće sa velikom koncentracijom azbesta (npr. 200 MVL). U eksperimentima sa životinjama takođe nije potvrđeno povećanje raka gastrointestinalnog trakta. Otuda se ne smatra da je potrebno postaviti preporučenu granicu za azbest u vodi za piće. Američka agencija za zaštitu životne sredine (EPA) takođe je prihvatila ovaj stav [17].

Trihalometani – više jedinjenja koja nastaju delovanjem hlora pri dezinfekciji vode, tj. halogen-supstitucijom jedinjenja koja sadrže jedan atom ugljenika. Opšta formula bi bila CHX₃, gde X može biti fluor, hlor, brom, jod ili njihove kombinacije. Najznačajnija su sledeća četiri jedinjenja:

bromoform	CHBr ₃
dibromohlorometan	CHBr ₂ Cl (DBCM)
bromodihlorometan	CHBrCl ₂ (BDCM)
hloroform	CHCl ₃

Inače ova jedinjenja pripadaju velikoj grupi od 23 jedinjenja koja nastaju pri dezinfekciji vode hlorom, njegovim derivatima, bromom, jodom i ozonom.

Trihalometani se sreću u prečišćenoj vodi koja se dezinfikuje hlorom a retko u sirovoj, prirodnoj, vodi. Koncentracija obrazovanih trihalometana zavisi od temperature, pH i koncentracije hlora i bromid jona, kao i od koncentracije materija od kojih nastaju (tzv. prekurzora).

Ova četiri navedena jedinjenja mogu se naći u vazduhu u različitim koncentracijama, zavisno od lokacije, kao i u hrani (mlečni proizvodi, morska hrana, meso, ulje i mast, pića, voće, povrće, hleb) javljaju se takođe pojedini trihalometani (zabeležene su koncentracije od 0,4 do 180 µg/kg).

Uzev u obzir prosečnu količinu vazduha od 20 m³ koju uzima čovek na dan, dnevni unos hlороформа udisanjem u gradskim sredinama može biti 4 do 68 µg, a korišćenjem 2 l/dan vode za piće, prosečan odrastao čovek unese oko 4 do 88 µg/ dan hlороформа.

Proučavajući uticaje akutne, kratkotrajne, dugotrajne izloženosti, zatim toksičnost u pogledu reprodukcije, embrionalne toksičnosti, teratogenosti, mutagenosti i karcinogenosti pojedinih trihalometana, pri različitim dozama, na eksperimentalnim organizmima, i iskustva stečenih posmatranjem delovanja na ljudski organizam, SZO je donela određene vrednosti preporučenih koncentracija za pojedine trihalometane, dok za ukupne trihalometane nije.

Tako za **bromoform**, smatrajući da unos bromoforma vodom iznosi 20% od ukupnog unosa, preporučena je vrednost od 100 µg/l. Za **dibromohlormetan**, uz istu pretpostavku o udelu vode za piće, takođe 100 µg/l. Za **bromodihlormetan** obračunato je da pojava povećanog rizika od pojave raka bubrega usled korišćenja vode celog života u visini od 10⁻⁴, 10⁻⁵ i 10⁻⁶ odgovara koncentracijama BDCM od 600, 60 i 6 µg/l. Kao preporučena koncentracija predložena je 60 µg/l. Za **hlороform**, uzev u obzir da 50% od ukupnog dnevnog unosa treba pripisati vodi za piće, koncentracije hlороформа u vodi od 2000, 200 i 20 µg/l odgovaraju povećanju rizika od tumora bubrega od 10⁻⁴, 10⁻⁵ i 10⁻⁶. Kao preporučenu koncentraciju SZO predlaže 200 µg/l.

U slučaju da se propisuje ukupna koncentracija trihalometana, kao u Direktivi EU i u Pravilniku YU, onda treba uzeti u obzir pojedinačne koncentracije dobijene analizom i odgovarajuće preporučene vrednosti preko obrasca

$$\frac{C_{\text{bromoform}}}{GV_{\text{bromoform}}} + \frac{C_{\text{DBCM}}}{GV_{\text{DBCM}}} + \frac{C_{\text{BDCM}}}{GV_{\text{BDCM}}} + \frac{C_{\text{hlороform}}}{GV_{\text{hlороform}}} \leq 1$$

utvrditi da li pojedinačne koncentracije zadovoljavaju propisanu ukupnu koncentraciju.

Ovde treba napomenuti da su preporučene koncentracije u Direktivi EU i u Pravilniku YU znatno manje nego u Preporukama SZO.

Toksini cijanobakterija – cvetanje cijanobakterija (modro-zelene alge) javlja se vrlo često u jezerima i akumulacijama. Njihovi toksini dele se u tri grupe: hepatotoksini koje proizvode Microcystis, Oscillatoria i Anabaena, neurotoksine Anabaena, Oscillatoria, Nostoc, Cylindrospermum i Aphanizomenon, a lipopolisaharide proizvodi veći broj vrsta.

Najčešće se javljaju hepatotoksini, koji pri dovoljno velikoj dozi izazivaju smrt usled poremećaja krvotoka zbog velike hemoragije jetre. Misli se da ima više od 13 varijanata hepatotoksina. Najpoznatiji je mikrocin LR:R. Srednja letalna doza kod miševa je oko 30 µg/kg telesne težine ili 1 do 2 mg po jednom mišu, pri intraperitonealnoj injekciji, dok je toksičnost pri oralnom unošenju izgleda za jedan red veličine manja.

Bilo je u Australiji ljudi koji su pili vodu iz akumulacije sa izrazito jakim cvetanjem algi Microcystis aeruginosa, koji su imali reverzibilno oštećenje jetre.

Cvetanje algi može da se menja u pogledu toksičnosti i netoksičnosti u vrlo kratkom vremenu. Zasad ne postoji pouzdana analitička metoda za određivanje toksina u vodi za piće. Kada alge uginu, usled različitih uzroka, uključujući primenu algicida (npr. bakrasulfata), one se raspadaju a toksini se rastvaraju u vodi i tada im je koncentracija najveća. Zbog toga ove postupke treba izbegavati.

Zasad nema dovoljno podataka za donošenje preporučene vrednosti koncentracije algalnih toksina u vodi, a ne postoji ni pouzdana analitička metoda za njihovo određivanje u vodi za piće.

Napretkom eutrofikacije vode ovaj će problem postati sve ozbiljniji i potrebne su mere za sprečavanje izlivanja vode bogate nutrijentima, naročito u jezera i akumulacije.

3.3. Neke zagađujuće supstance o kojima se u poslednje vreme dosta diskutovalo

Cijanid – povremeno se pojavljuje u vodi za piće, prvenstveno usled industrijskog zagađenja.

U zemljama u razvoju javlja se u hrani u znatno većoj meri nego u razvijenim zemljama, npr. u Liberiji oko 0,61 mg/kg telesne težine. Nema sigurnih podataka za razvijene zemlje, malo je verovatno da je u toj količini.

Cijanid može kod ljudi izazvati nedostatak vitamina B₁₂. Takođe je u Zairu primećena povećana pojava

kretenzima uticajem na preuzimanje joda tiroidnom žlezdom, što je vezano za neodgovarajuću ishranu ili metaboličke nedostatke. Hronični efekti na tiroidnu žlezdu, a naročito na nervni sistem, zapaženi su kod nekih populacija kao posledice neodgovarajuće pripreme hrane od povrća koje sadrži cijanid.

Vrlo je ograničen broj toksikoloških studija pogodan za zaključivanje o preporučenoj vrednosti. Koristeći faktor neizvesnosti 100 izračunat je tolerantan unos cijanida od 12 µg/kg telesne težine. Dodelivši 20% ove veličine unosu preko vode i uzimajući u obzir da izloženost preko vode nije neprekidna, došlo se do preporučene vrednosti od 70 µg/l. U Direktivi EU i našem Pravilniku preporučena je niža vrednost (50 µg/l).

Fenoli – grupa jedinjenja. U prirodi nastaju od uginulih životinja. Znatno veće količine potiču iz industrije. Hlorfenol uključuje 2- i 4-hlorfenol, 2,4- i 2,6 – dihlorfenol, 2,4,5- i 2,4,6-trihlorfenol, 2,3,4,6-tetrahlorfenol i pentahlorfenol. Koristi se kao biocid ili nastaje hlorisanjem vode sa fenolom. Izaziva pojavu mirisa i ukusa u vodi – prag mirisa i ukusa je 1 µg/l. Bez hlorisanja neki fenoli se osećaju tek pri 100 µg/l, pri kojim koncentracijama neki od njih mogu biti toksični.

2,4,6-trihlorfenol nastaje hlorisanjem fenola i nekih drugih organskih hemikalija; kod nekih eksperimentalnih životinja kancerogen i mutagen, izgleda da se brzo izlučuje iz organizma; zbog kancerogenosti ograničen je na 10 µg/l a po mirisu se oseća pri 0,1 µg/l.

Pentahlorfenol je akutno toksičan (jetra, bubrezi); izlučuje se urinom u neizmenjenom obliku; po iskustvu kod profesionalno izloženih ljudi tolerantna dnevna doza, sa faktorom nesigurnosti 1000 iznosi 3 µg/kg telesne težine, od čega se 10% dozvoljava za vodu za piće i otuda je dozvoljena koncentracija 10 µg/l.

Preporučene vrednosti za 2-hlorfenol i 2,4-dihlorfenol nisu određene zbog ograničenih podataka o njihovoj toksičnosti.

Za 2,4,6-trihlorfenol smatra se da postoji mogućnost kancerogenosti. Koncentracije u vodi vezane za 10^{-4} , 10^{-5} i 10^{-6} povećanje rizika od pojave raka iznose 2000, 200 i 20 µg/l. Međutim, najniži prag osećanja ukusa je 2 µg/l. Ako voda koja sadrži ovaj hlorfenol ne pokazuje ukus nije verovatno da može izazvati rak. Kao preporučenu vrednost SZO predlaže 200 µg/l, koja

odgovara pojavi jednog više obolelog od raka na 100.000 korisnika iste vode tokom 70 godina života.

S obzirom na to da se za pojedine hlorfenole postavljaju različite preporučene vrednosti vezane za uticaj na zdravlje, potrebno je vršiti analize kojima se nezavisno određuju njihove koncentracije.

Atrazin – koristi se kao herbicid za prethodno i naknadno delovanje protiv korova u kulturama špargle, kukuruza, šećerne trske, i ananasa, a ponekad i u šumarstvu, ali i za neselektivno uništavanje korova na ne-poljoprivrednom zemljištu.

Atrazin se degradira u površinskoj vodi pod delovanjem fotolize i mikroorganizama. Poluvreme razgradnje veće je od 100 dana na temperaturi od 20°C. Mikrobiološka razgradnja se javlja i u tlu, zavisno naročito od temperature, vlažnosti i pH vrednosti. U laboratorijskim uslovima poluživot je oko 20 do 50 dana. Sa povećanjem dubine, brzina razgradnje opada tako da u podzemnoj vodi atrazin može biti stabilan. Mnogi su proizvodi razgradnje atrazina. Neki od njih mogu biti potpuno mineralizovani. Neki od njih su veoma pokretni u peskovitom i glinovitom tlu, dok su drugi slabo pokretljivi i dugo opstaju u tlu.

Atrazin se može naći u vazduhu usled isparavanja sa tla (oko 0,2% od dnevne doze), kao i posle raspršivanja na zemljište.

U podzemnoj vodi, u poljoprivrednim oblastima, može se naći u koncentraciji od 0,01 do 6 µg/l, a u nekim zemljama i u vodi za piće od 0,01 do 5 µg/l.

Podaci eksperimenata na miševima i pacovima pokazali su da se tolerantan dnevni unos atrazina može uzeti kao osnova za određivanje preporučene vrednosti s obzirom na moguću kancerogenost. Kao nivo pri kome nisu zapaženi nepovoljni efekti nađen je ukupan dnevni unos od 0,5 mg/kg telesne težine. Uzev u obzir faktor neizvesnosti 1000 i dodeljujući 10% od ukupnog dnevnog unosa vodom za piće, dobijena je preporučena koncentracija od 2 µg/l. U Direktivi EZ i u našem Pravilniku je 0,1 µg/l. Ovako strogo ograničenje u EN dolazi od zabrane proizvodnje i upotrebe atrazina u Evropi [16].

Arsen – često se nalazi u mineralima zemljine kore, i to kao – 3, 0, 3 i 5-to valentan, najčešće kao As_2S_3 , ili u jedinjenjima sa metalima u obliku arsenata (AsV) ili arsenita (AsIII). Arsen se takođe može naći i u

organskim jedinjenjima. Jedinjenja arsena koriste se u raznovrsnim industrijama, a u ograničenoj meri u pesticidima, dodacima hrani i u farmaceutskim proizvodima.

Arsen može da bude esencijalan element za neke vrste životinja (npr. koze, pacovi, mladunci ptica), ali nema dokaza da je esencijalan za čoveka.

Arsen se može naći u vazduhu (koncentracije obično 0,4 do 30 ng/m³, a u okolini industrije u većim), u vodi (prirodno prisutan rastvaranjem minerala iz zemljine kore i ruda u koncentracijama obično 1 do 2 µg/l, postoji podatak od 12 mg/l usled zagađenja), i u hrani (glavni izvori su riba i meso; morska riba 0,4 do 118 mg/kg, a u mesu i piletini do 0,44 mg/kg). Procenjen prosečan dnevni unos arsena iz vazduha obično je manji od 1µg, iz vode obično ispod 10 µg (u oblasti gde je koncentracija u vodi manja od 5 µg/l), a iz hrane je oko 40 µg. Razume se, ove vrednosti mogu biti vrlo različite, zavisno od mesnih uslova i navika stanovništva. Prema ovim podacima najveći je udeo dnevnog unosa arsena hranom oko 80% (od toga je 70% u obliku organskih jedinjenja), zatim oko 20% vodom a vazduhom zanemarljivo mali.

Za ovaj tekst najinteresantnija je pojava arsena u vodi. U dobro oksidisanim površinskim vodama nalazi se u obliku As(V), u redukcionim sredinama, kao u talozima u dubokim jezerima ili u podzemnim vodama kao As(III). Pri većim vrednostima pH može se povećati koncentracija rastvorenog As.

Za donošenje odluke o preporučenoj vrednosti koncentracije arsena u vodi za piće stručnjaci SZO su koristili objavljene rezultate istraživanja u pogledu kinetike i metabolizma kod laboratorijskih životinja i ljudi (ukupno 9 radova), zatim uticaja na laboratorijske životinje i na bakterije i kultivisane ćelije, uključujući ljudske, in vitro (ukupno 9 radova) i uticaja na ljude (ukupno 20 radova). [1]

U ogleđima sa laboratorijskim životinjama ispitivan je uticaj dugotrajne izloženosti, kao i toksični uticaj na reprodukciju, embrione i teratogenost, zatim mutagenost i kancerogenost.

Akutna toksičnost za ljude prvenstveno zavisi od brzine uklanjanja iz organizma. Najtoksičniji je arsin a zatim arsenit (AsIII) pa arsenat (AsV) a najmanje organska jedinjenja. Letalne doze kod čoveka su od 1,5 mg/kg do 500 mg/kg. Objavljeni su slučajevi akutne intoksikacije unošenjem podzemne vode koja sadrži 1,2 do 21 mg As/l.

Na osnovu prikupljenih podataka EPA je ocenila da su koncentracije arsena u vodi za piće povezane sa ocenjenim rizikom pojave raka kože, koja je značajno jače izražena od drugih simptoma, pri korišćenju vode sa arsenom tokom celog života, i to 10⁻⁴ za koncentraciju od 1,7 , 10⁻⁵ za koncentraciju 0,17 i 10⁻⁶ za koncentraciju od 0,017 µg/l. Za pojavu raka unutrašnjih organa nema dovoljno podataka za ovakvo definisanje rizika.

Navedene vrednosti mogu biti preterane u odnosu na stvarni rizik zbog moguće istovremene izloženosti i drugim jedinjenjima i mogućih varijacija uslovljenih metabolizmom koje nisu mogle biti uzete u obzir, a verovatno i oblikom jedinjenja u kojima se arsen nalazi. Pored toga, navedene koncentracije arsena u vodi pri riziku od raka od 10⁻⁵ su niže od praktične granice mogućnosti određivanja analizom koja je 10 µg/l. Stoga je SZO kao privremenu preporučenu koncentraciju arsena u vodi za piće predvidela vrednost 10 µg/l, pri čemu je povećanje rizika od pojave raka kože oko 6x10⁻⁴. Ista koncentracija je propisana i Direktivom EU i našim Pravilnikom.

3.4. Tri primera zagađivanja naših vodotokova

Voda za snabdevanje naselja vodom često se zahvata neposredno iz vodotokova, jezera i akumulacija, ili je takva mogućnost predviđena za budućnost, ili posredno, prirodnom ili veštačkom infiltracijom rečne vode u vodonosne slojeve zemljišta. Takođe, reke su prostori koji se koriste za rekreaciju (direktan kontakt sa kupaćima) i predstavljaju staništa riba, koje se koriste i za ljudsku ishranu, pa se zagađenja mogu preneti i na stanovništvo tim putevima. Stoga je interesantno ukratko prikazati tri sveža primera.

Izlivanje cijanida u reku Tisu [8,9]

Cijanid se izlio iz rudnika "Aurul" u Rumuniji 30. januara 2000. godine u reku Lapoš, pritoku Tise. U našu zemlju talas zagađenja ušao je 11.02. a već 13.02. osetio se na ušću Tise u Dunav. Duž celog toka Tise, neposredno posle prolaska cijanidnog talasa, konstatovano je masovno uginuće vodenih organizama. Voda reke Tise u našoj zemlji treba da odgovara II klasi, tj. treba da pokazuje beta-mezosaprobni stepen, odnosno koncentraciju cijanida 0,1 mg/l [13, 14]. Ista koncentracija je propisana i za III i IV klasu [14]. Međutim, najveća koncentracija je bila 2,5 mg/l.

Ispitivanja vode započeta su na osnovu saznanja o stanju u uzvodnom delu sliva.

Ispitivanja su započeta 16.02.2000. i obuhvatala su sastav zajednica fitoplanktona (bitna karika u lancu ishrane i stoga i odlični pokazatelj stanja ekosistema), koji je upoređen sa sastavom na dan 05.03.1997. [8]. Stepen saprobnosti je u profilu kod Bečeja određen 16.02., 23.02, 08.03. i 17.05.2000. i upoređen je sa stanjem tokom maja 1997. [9].

Kvalitativna struktura fitoplanktonske zajednice se zbog prisustva cijanida izmenila usled pojave nepovoljnog sastava vode i povećanja zagađenja organskim materijama u vodi. Međutim broj ćelija algi (152.800 u litru) u 2000.g. odgovarao je broju iz 1997.g. (155.200).

Stepen saprobnosti (prema prisutnim algama) u februaru 2000.g. odgovarao je III klasi voda, tj. alfa-mezosaprobnom stepenu (jačem stepenu zagađenja). Od kraja februara zapaža se lagano smanjenje organskog zagađenja, i u maju voda dobija postepeno karakteristike iz maja 1997.g., kada je odgovarala II klasi odnosno beta-mezosaprobnom stepenu, ali je struktura naselja algi izmenjena pod uticajem vode iz pritoka.

Na poboljšanje je uticao veliki proticaj reke Tise i dotok vode iz pritoka.

Pojava atrazina u Savi [10,15,16]

Atrazin je uveden kao herbicid 1958.godine, u dozama 1 do 4 kg/ha za zaštitu useva kao i za uništavanje algi i podvodnog bilja. Dozvoljena vrednost u vodi za piće menjana je tokom vremena (pooštravana ograničenja) i sad ona kod nas iznosi 0,1 µg/l [3], u Direktivi EZ takođe, mada nije posebno naglašen [2]. SZO predlaže 2 µg/l na osnovu napred prikazanog objašnjenja [1].

U našu zemlju ušao je iz uzvodnih delova Save a organizovano ispitavanje je započeto 20.10.2002. godine na profilima Jamena (ulazni profil iz Hrvatske i BiH), Sremska Mitrovica, Šabac, TE Obrenovac, Ostružnica i Makiš (kod zahvata Beogradskog vodovoda). U drugoj fazi ispitivanja (od 20.12.2002.) uzorci su zahvatani jednom dnevno u profilu Jamena (šest uzoraka u profilu), Šabac, Ostružnica i Makiš. Koncentracije su se kretale u tri talasa, a maksimalne vrednosti su dostizale 1,4 µg/l u profilu Jamena i do 1,1 µg/l u profilu Makiš.

Kontrola kvaliteta prirodnih voda (podzemne vode, reke) poverena je hidrometeorološkoj službi Srbije

(RHMZS), koja analize herbicida vrši samo tri do pet puta u periodu od aprila do novembra. U programu nema atrazina [15].

Gradski zavod za zaštitu zdravlja u Beogradu veoma učestalo radi složene analize vode pa je otkrio i pojavu atrazina u vodi Beogradskog vodovoda. Na osnovu toga pokrenuto je napred navedeno ispitivanje u reci Savi, da bi se po mogućstvu otkrilo njegovo poreklo. Sva merenja koncentracije atrazina u mreži beogradskog vodovoda pokazala su koncentracije manje od dozvoljene 0,1 µg/l [16].

Pojava fenola u reci Ibar – monitoring i rezultati [11]

Za reku Ibar propisana je klasa II od Gazivoda do ušća Sitnice [14], dok za nizvodni deo nije propisana klasa. Reka Sitnica od ušća Prištevke do ušća u Ibar pripada IV klasi [14], zbog izuzetnih zagađenja u tom regionu. Zbog toga se ne može očekivati da reka Ibar pokazuje dobar kvalitet vode pa iz tih razloga nije ni propisana klasa za njega nizvodno od ušća reke Sitnice.

Propisana MDK za vodu I i II klase je 1µg/l a 300 µg/l za III i IV klasu vodotoka [13].

Vanredni monitoring sproveden je od 01.01.03. do 10.02.03., sa svakodnevnim analizama.

U celom periodu koncentracija isparljivih fenola pokazivala je prekoračenja za I i II klasu vodotoka. Na profilu Raška bila je uglavnom u koncentracijama oko 5 µg/l, sa izuzetnim vrhom zagađenja 18.01.03. od 54 µg/l, što sve odgovara III odnosno IV klasi. Na profilu Kraljevo koncentracija se kretala oko 1µg/l, sa većim brojem znatnijih prekoračenja u odnosu na I i II klasu, i sa izuzetno ostrim vrhom zagađenja na dan 14.01.03. od 7 µg/l, uz neka manja povećanja nekoliko dana donije.

Rezultati ukazuju na moguće neprekidno zagađenje Ibra fenolom preko MDK za I odnosno II klasu, naročito u profilu Raška, kao i na pojavu veoma značajnih akcidentnih zagađenja, koja mogu poticati od više zagađivača u slivu. Na to može ukazivati i pojava vrha zagađenja u Kraljevu pre nego u Raški. Prema tome, voda iz reke Ibar je nepogodna za neposredno korišćenje za dobijanje vode za piće. Ona, međutim, može da ugrožava i priobalnu podzemnu vodu. Nažalost rad nije obuhvatio podatke iz vodovoda u Kraljevu, koji bi mogao biti ugrožen fenolima.

3.5. Arsen u podzemnim vodama Vojvodine [18, 19]

U podzemnim vodama Vojvodine arsen je prvi put otkriven polovinom osamdesetih godina u Severnoj Bačkoj. U većem delu Vojvodine javlja se u koncentracijama nižim od 50 µg/l. Visoke koncentracije prisutne su na manjem broju lokacija, i to u severnom, srednje zapadnom delu Bačke i u Potisju. Ispitivanje je vršeno na uzorcima iz bunara ili iz zajedničkog potisnog cevovoda, na 84 lokacije. Koncentracija arsena veća od 10 µg/l nađena je na 73% lokacija gde je merena. Biće neophodno da se radi na prečišćavanju ovih voda. Prvo postrojenje za uklanjanje arsena izgrađeno je u Subotici, gde je nađena prosečna koncentracija arsena od oko 70 µg/l u sirovoj vodi iz postojećih bunara.

Pre izgradnje postrojenja za uklanjanje arsena izvršena su ispitivanja na pilot uređaju.

Na postrojenju koje je izgrađeno, uklanjanje arsena obuhvata sledeće postupke: oksidacija gvožđa prisutnog u vodi pomoću hlora pri čemu se obrazuje FeCl₃, FeCl₃ hidrolizuje u Fe(OH)₃ a flokule ovog jedinjenja adsorbuju arsen, flokule se zadržavaju filtriranjem kroz višeslojni filter. Ovim putem postiže se smanjenje koncentracije arsena na 40 µg/l., što je odgovaralo propisima u doba izgradnje.

Sada se radi na daljem poboljšavanju efekta postrojenja, s obzirom na nove zahteve.

4. POSTUPCI PREČIŠĆAVANJA VODA U BEOGRADU

U Beogradu se koristi podzemna voda i voda iz reke Save.

Podzemna voda se zahvata bunarima sa zrakastim horizontalnim drenovima, izgrađenim pored obala reke Save. Najveći deo zahvaćene vode potiče iz reke Save, ali joj se sastav u velikoj meri menja – poboljšava. Prolaskom kroz zemljište iz nje se odstranjuju mnogi nepoželjni sastojci rečne vode. Međutim, voda se obogaćuje gvožđem u rastvorenim obliku, koje se uklanja oksidacijom gvožđa atmosferskim vazduhom, u aeratorima sa rasprskavanjem vode, i filtriranjem kroz pesak. Na kraju vodi se dodaje gasni hlor, radi dezinfekcije, tj. uništavanja eventualno preostalih mikroorganizama, kao i obezbeđenja ostatka slobodnog hlora, radi održavanja sredine nepovoljne za razvoj živog sveta u vodovodnoj mreži. To je relativno prost

sistem, koji pokazuje zadovoljavajuće rezultate u pogledu kvaliteta vode.

Manji deo podzemne vode zahvata se vertikalnim bunarima u makiškom polju i prečišćava se na napred opisan način.

Približno jedna trećina vode koja se troši u Beogradu dobija se neposredno iz reke Save i prečišćava se na postrojenju na Makišu. S obzirom na kvalitet vode reke Save primenjuje se znatno složeniji postupak.

Postrojenje je zasad izgrađeno u dve faze. Prva faza, kapaciteta 2 m³/s, puštena je u rad 1987. godine. Druga faza, kapaciteta 1 m³/s, puštena je u rad 1999. godine.

Postupak prečišćavanja obuhvata sledeće:

- predozonizacija, radi smanjenja bakteriološkog zagađenja, sprečavanja razmnožavanja algi u postrojenju i oksidacije pojedinih organskih materija radi njihove lakše dalje obrade
- koagulacija dodatkom aluminijum sulfata, i flokulacija uz dodatak polielektrolita, radi pripreme za taloženje
- taloženje u lamelarnoj taložnici najvećeg dela koagulacijom i flokulacijom pripremljenih sastojaka
- glavna ozonizacija koja delom ima zadatak dopunske flokulacije, ali glavni zadatak je dovođenje preostalih organskih i drugih sastojaka u stanje da budu pristupačni za bakterijsku razgradnju
- dodatak male količine koagulanta radi efikasnijeg rada filtera
- filtriranje na dvoslojnim filterima (gornji sloj od drobljenog tufa, donji sloj od kvarcnog peska), kojim se rasterećuju filteri od aktivnog uglja koji predstavljaju sledeću fazu. Suspendovani materijal se zadržava na zrnima ispune, čime se povećava hidraulički otpor u ispuni pa se filteri moraju prati s vremena na vreme
- filtriranje kroz aktivni ugalj služi za uklanjanje organskih sastojaka koji nisu mogli biti uklonjeni prethodnim postupcima ili uklanjanje proizvoda njihove razgradnje delovanjem ozona, a pre svega fenola, pesticida i materija koje stvaraju boju, ukus i miris vode. Materije zadržane adsorpcijom na aktivnom uglju dalje razgrađuju mikroorganizmi, hraneći se njima. Rastom mikroorganizama rasterećuje se aktivni ugalj pa se produžava vreme između dve regeneracije njegove, ali povećava se hidraulički otpor, zbog čega se filteri od aktivnog uglja peru, slično kao i tuf-peščani filteri

- fluorizacija se zahteva zakonom o fluorisanju vode radi preventivne zaštite zuba
- poslednji postupak je dezinfekcija hlorom, radi obezbeđenja bakteriološke ispravnosti vode u vodovodnoj mreži.

Deo mulja iz taložnica se po potrebi recirkuliše radi efikasnijeg procesa flokulacije i taloženja. Inače mulj iz taložnice i od pranja dvoslojnih filtara i filtara od aktivnog uglja obrađuje se dodavanjem kreča radi lakšeg ocedivanja vode i filtriranja na filter presama.

Postrojenje raspolaže laboratorijom u kojoj se vrše ispitivanja u cilju vođenja procesa prečišćavanja, tj. analize kvaliteta sirove vode kao i u svim fazama pogona i na izlazu iz postrojenja.

Neke manje količine vode iz reke Save na postrojenju Bele vode (Makiš) i iz Dunava u Vinči, prečišćavaju se konvencionalnim postupkom, bez ozoniranja i filtara od aktivnog uglja.

Pomenute analize vode se vrše i na drugim pomenutim postrojenjima. Pored toga Beogradski vodovod raspolaže i centralnom laboratorijom koja vrši kontrolu vode u celom sistemu. Superkontrolu obavlja Gradski zavod za zaštitu zdravlja u Beogradu.

LITERATURA:

- [1] Guidelines for Drinking-water Quality: Vol. 1: Recommendations, Vol. 2: Health Criteria and Other Supporting Informations, Vol. 3: Drinking-water Quality Control in Small-community Supplies; World Health Organization, Geneva, 1996
- [2] Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption; OJ L 330, 5 December 1998, OJL 111, 20.4.2001
- [3] Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, Sl.list SRJ, 42/1998
- [4] Pravilnik o izmenama i dopunama Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće; Sl.list SRJ, 44/1999
- [5] Pravilnik o načinu uzimanja uzoraka i metodama za laboratorijsku analizu vode za piće, Sl.list SFRJ, 33/1987
- [6] Milojević, M. et al.: Upoređenje nekih propisa o kvalitetu vode za piće i osvrt na značaj parametara; savetovanje: Značaj sastojaka vode za piće; Udruženje za tehnologiju vode, Aranđelovac, 1991 (objavljeno i u časopisu Voda i sanitarna tehnika, 4/1991)
- [7] Milojević, M. et al.: Kvalitet vode za piće; Aquafest, Beograd, 4. i 5. maj 2000; Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo (objavljeno i u časopisu Voda i sanitarna tehnika, 2/2000)
- [8] Ržaničanin, A. et al.: Fitoplankton reke Tise posle izlivanja cijanida; Zbornik radova "Voda 2003", Jugoslovensko društvo za zaštitu voda (JDZV), Zlatibor 3-6.juna 2003
- [9] Ržaničanin, A. et al.: Saprobiološke karakteristike reke Tise kod Bečeja pre i nakon izlivanja cijanida; "Voda 2003", JDZV, Zlatibor 3-6.juni 2003
- [10] Mijović, S. et al.: Pojava atrazina u reci Savi – monitoring i rezultati; "Voda 2003", JDZV, 3-6.juni 2003
- [11] Mijović, S. et al.: Pojava fenola u reci Ibar – monitoring i rezultati; "Voda 2003", JDZV, Zlatibor 3-6.juni 2003
- [12] Mandić-Miladinović M. et al.: Kontrola i stanje kvaliteta vode za piće iz beogradskog vodovodnog sistema sa posebnim osvrtom na sporedne produkte dezinfekcije; Zbornik radova "Upravljanje kvalitetom vode i elementi strategije upravljanja gubicima vode u vodovodnim sistemima", Poslovno udruženje vodovoda i kanalizacije Jugoslavije, Poslovno udruženje vodovoda i kanalizacije Republike Srpske i Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Pale, Jahorina 16. i 17. maj 2002
- [13] Pravilnik o opasnim materijama u vodama; Sl.glasnik SRS, 31/88
- [14] Uredba o kategorizaciji vodotoka; Sl.glasnik SRS, 5/68
- [15] RHMZS, Hidrološki godišnjak, 3, Kvalitet voda
- [16] Konsultacija u Gradskom zavodu za zaštitu zdravlja u Beogradu
- [17] United States Environmental Protection Agency, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, Clarification notice in the Federal Register, 05.11.1993
- [18] Benak, J.: Arsen u vodi za piće Vojvodine; Savetovanje SITJ "Vodovod i kanalizacija", 1996
- [19] Isić, E.: Mogućnost uklanjanja arsena direktnom filtracijom; *Vodovoprivreda*, 1987, broj 3

QUALITY OF WATER IN WATER SUPPLY SYSTEMS

by

Prof. Miloje MILOJEVIĆ, Civ. Eng., Ph.D.

Regular Member of Academy of Engineering Sciences, Serbia and Montenegro

Summary

The paper presents ways of composing the content of water at the sources and its changes in the water supply system. The changes may take place at the source, in treatment plants, in distribution system and storage tanks. Taking into account that ingredients of water may, sometimes, have detrimental effect on health of people as well as production processes in some industries, and on water supply structures and equipment, it is necessary to take care of water composition. From that reason the national authorities and international organizations set requirements concerning the water quality, especially for population health protection. Further on, in the paper the directive of European Community concerning quality of water intended for human consumption, and Yugoslav regulations for hygienic quality of drinking water are

presented. They are compared concerning the concentrations recommended, as well as required procedure for quality check. Guidelines of World Health Organization, Part 2 dealing with health criteria for definition of recommended water constituents concentrations, is utilized in the paper to deal with some ingredients that provoked public interest last years in the country. At the end, the treatment plant "Makiš" of the Belgrade water works is presented, as an example of a contemporary system for production of water complying with the regulations.

Key words: need for regulations, EU Directive, YU Regulation, comparison, WHO Guidelines, aluminium, arsenic, asbestos, atrazine, cyanide, cyano-bacteria, phenols, trihalomethanes, treatment plant "Makiš"

Redigovano 08.11.2004.