

PROCENA I UPRAVLJANJE RIZIKOM U SISTEMIMA ZA SNABDEVANJE VODOM ZA PIĆE

Violeta CIBULIĆ¹, Nebojša VELJKOVIĆ², Lidija STAMENKOVIĆ¹, Novica STALETTOVIĆ¹

¹ Univerzitet 'Union – Nikola Tesla', Beograd, Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine,

² Republička agencija za zaštitu životne sredine, Beograd

REZIME

Kvalitet podzemnih i površinskih voda koje se koriste za vodosnabdevanje veoma je neujednačen. Varira od voda visokog kvaliteta do onih koje je neophodno prečistiti adekvatnim tehnološkim postupcima, da bi se koristile za potrebe vodosnabdevanja, rekreaciju građana, i u prehrambenoj industriji. Upravo zato veoma je važna procena rizika u vodovodnim sistemima, identifikovanje opasnosti-hazarda, a to su patogene bakterije i opasne i toksične hemijske supstance, i one zajedno predstavljaju indikatore rizika kvaliteta vode za piće.

Principi procene i upravljanja rizikom u sistemima za snabdevanje vodom za piće u Radu su razmatrani na primeru JP 'Vodovod' Ruma, koji je deo regionalnog sistema 'Istočni Srem'. Sagledan je tehnološki proces proizvodnje vode pojedinačno i u celini, identifikovane su rizične tačke, procenjen je postojeći rizik i dat je okvir dobrog upravljanja rizikom u ovom vodosistemu, u cilju obezbeđenja higijenski ispravne vode svim korisnicima. Monitoring kvaliteta vode, koji podrazumeva redovno praćenje fizičko-hemijskih, hemijskih i mikrobioloških parametara kvaliteta vode, predstavlja ključni elemenat u oceni da li je priprema i distribucija vode za piće sprovedena na način koji omogućuje kontrolu idetifikovanog hazarda. Prema ispitivanjima interne laboratorije vodovoda Ruma u toku 2010. godine, bilo je ukupno neispravno 66 uzoraka, prema hemijskim indikatorima rizika. Radi se o prihvatljivom riziku, a prema mikrobiološkim indikatorima rizika radi se o neznatnom riziku, što u oba slučaja predstavlja I nivo rizika. Međutim, prema ispitivanjima Zavoda za javno zdravlje Sremska Mitrovica, sa većim brojem specifičnih parametara, rizik je delimično prihvatljiv prema hemijskim indikatorima rizika, odnosno predstavlja II nivo rizika, dok je u odnosu na mikrobiološke indikatore rizika, reč o malom riziku, odnosno I nivou rizika.

Ključne reči: hemijski / mikrobiološki indikatori rizika, monitoring voda, nivo rizika, akcident

1. UVOD

Razvoj naselja i sve veći antropogeni pritisci na okruženje dovode do zagađenja čovekove okoline. Najteži oblici zagađenja svakako su zagađenje voda, kako površinskih tako i podzemnih. Najviše zahteve za čistom vodom postavljaju komunalni sistemi za snabdevanje građana sanitarno-higijenski ispravnom vodom za piće, kao i prehrambena industrija. Zato su od velikog značaja procesi obrade sirove vode kojima se uklanjaju sve materije koje daju loš ukus i miris vodi, bakterije, čvrste suspendovane i rastvorene organske i neorganske materije, kao i hemijske komponente koje se koriste ili nastaju pri procesu prečišćavanja vode. Tako obrađena voda se posle upotrebe mora vratiti u okolinu bez negativnih ekoloških uticaja.

Danas se podzemne vode najviše koriste kao izvorišta za vodosnabdevanje. One obezbeđuju 75% potreba za pijaćom vodom u domaćinstvima i industriji u Republici Srbiji. Kao izvorišta za vodosnabdevanje u našoj zemlji sve veći značaj imaju i akumulacije kao izvorišta regionalnih vodosistema, i vodozahvati iz otvorenih tokova reka [1,2]. Sve napregnutiji uslovi za obezbeđenje izvorišta podzemnih i površinskih voda i njihovu zaštitu, posebno u domenu uspostavljanja zona sanitarne zaštite, intenzivirali su istraživanja u tom pravcu i ovde se navode neki od najnovijih naučnih finalizacija tih istraživanja [20, 21, 22, 23, 24].

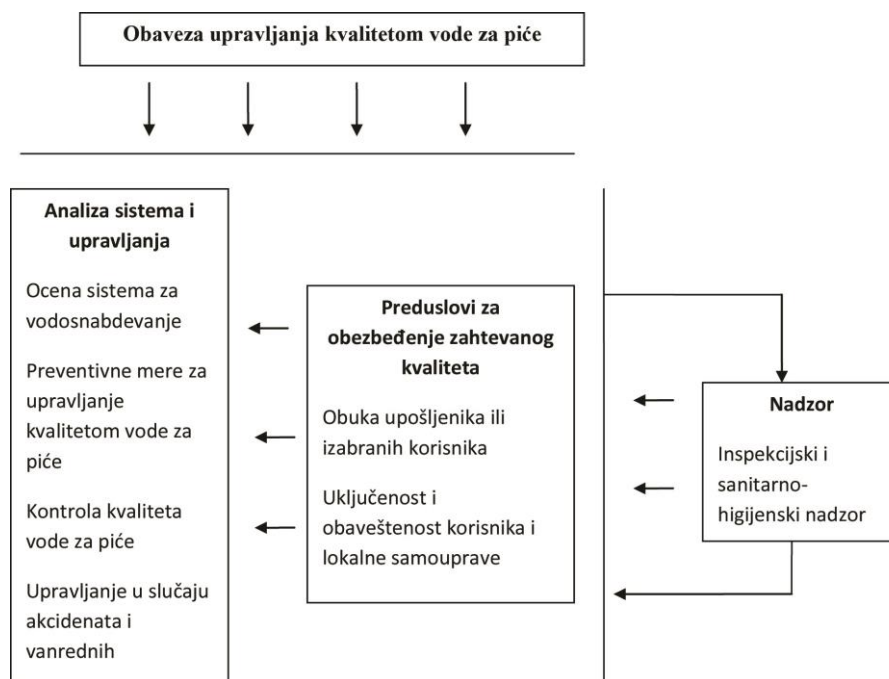
U svakom vodosistemu, bez obzira na izvorište, najpre treba identifikovati mesta opasnosti po kvalitet vode, a zatim izvršiti procenu postojećeg rizika. Materije koje imaju potencijal da prouzrokuju mikrobiološku neispravnost vode za piće – različite patogene bakterije i fizičko-hemijska neispravnost vode - opasne i toksične

hemijske supstance koje se koriste ili nastaju u tehnologiji prerade vode ili su posledica zagađujućeg antropogenog uticaja, zajedno predstavljaju *indikatore rizika kvaliteta vode za piće* [3,4].

2. OPŠTA RAZMATRANJA

Najefikasniji način konstantnog obezbeđivanja higijenski ispravne vode za piće je održavanje njenog kvaliteta u fizičko-hemijskom i mikrobiološkom pogledu. Zagađujuće materije se mogu svrstati u više

grupa: organske materije koje za svoju oksidaciju troše kiseonik, različiti mikroorganizmi koji mogu biti uzročnici mnogih zaraznih bolesti, nutrijenti kao sredstva koja podstiču razvitak biljnog sveta u vodi, neorganska jedinjenja, sedimentne materije, sintetička organska jedinjenja, nafta i njeni derivati [1,5]. Sve ove materije predstavljaju rizik po kvalitet vode za piće, pa je ključni zadatak primena i razvoj metoda za procenu i upravljanje rizikom. Na slici 1 data je matrica upravljanja rizikom u vodovodnim sistemima.



Slika 1. Matrica ocene i upravljanja rizikom u vodovodnim sistemima

U skladu sa tim neophodno je da se izradi sveobuhvatna procena rizika i upravljanje rizikom za svaki vodovod. Procena mora da obuhvati sve faze u vodosnabdevanju - od vodozahvata do krajnjih korisnika, uz stalan monitoring kvaliteta vode [1,5]. Na taj način se definiše model procene hemijskog rizika sa dijagramom toka, zatim kriterijumi za identifikaciju kritičnih tačaka na vodozahvatu, u tehnološkom postupku proizvodnje i distribucije vode, kao i koraci koje treba preduzeti u vodovodnom sistemu .

Mikrobiološka ispravnost vode za piće. Najčešći rizik po kvalitet vode za piće, a time i po zdravlje potrošača, je zagađenje vode uzrokovano direktnim ili indirektnim zagađivanjem mikroorganizmima, bilo da su oni

antropogenog ili animalnog porekla. Posebnu pretnju predstavljaju patogeni mikroorganizmi bakterije, virusi i protozoe, koji mogu izazvati različita oboljenja, od blagog gastroenteritisa do ozbiljnih dijareja, dizenterije, hepatitisa, kolere ili tifusne groznice. Zato su epidemije oboljenja koja se prenose vodom najčešće infekcije u celoj zajednici koja koristi vodu za piće iz istog vodovodnog sistema [4,5].

Fizičko-hemijska ispravnost vode za piće. Fizičke karakteristike vode: boja, mutnoća, ukus, miris i temperatura najčešće nisu značajne za zdravlje potrošača, ali utiču na opredeljenje ljudi da piju određenu vodu [6,7]. Hemijske karakteristike: pH, sadržaj sulfata, soli kalcijuma i magnezijuma i

rastvorenog kiseonika, značajni su za dešavanja u vodovodnim postrojenjima i/ili distributivnoj mreži. Sa zdravstvene tačke gledišta, za kvalitet vode za piće mnogo značajnije je prekoračenje koncentracija organskih materija, kao što su pesticidi, polihlorovani bifenili, fenoli, ulja i masti i drugi ugljovodonici. Razlog tome je što su te hemijske materije toksične, za neke je dokazano da su kancerogene, a neke su i mutagene. Organske supstance su obično prisutne u vodi za piće u veoma malim koncentracijama. Javljaju se najčešće kao posledica uticaja samog izvorišta - prirodni sadržaj organskih materija - POM, zatim kao nusproizvodi dezinfekcije ili kao posledica antropogenih aktivnosti [8,9].

Nusproizvodi dezinfekcije nastaju reakcijom dezinfekcionog sredstva i organskih materija koje su prisutne u vodi iznad dozvoljene granice. One imaju svojstvo da sa hlorom, kao sredstvom za dezinfekciju vode za piće, grade trihalometane -THM, koji su dokazano kancerogene i mutagene supstance. Inače, kod voda koje imaju povećan sadržaj POM-a (iznad MDK od 8mg/dm^3), u postupku prečišćavanja, najpre se vrši predoksidacija nekim od oksidanasa (hlor, ozon), čime se smanjuje njihova koncentracija, a zatim se dalje primenjuju tehnološke operacije prečišćavanja vode predviđene projektom [10,12].

U fizičko-hemijske rizike kvaliteta vode za piće, spadaju još i povišene koncentracije rezidua korišćenih koagulanta, flokulanta, kao i dezinfekcionog sredstva. To su koagulant aluminijum-sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), flokulant organski polimer, i hlor kao sredstvo za dezinfekciju, koji je garant mikrobiološke ispravnosti vode za piće u vodovodnoj mreži.

Kao posledica antropogenih uticaja, moguće je prisustvo različitih hemijskih zagađivača iz neprečišćenih otpadnih voda naselja i industrije, zatim pesticida i rezidua različitih hemijskih supstanci koje se koriste u poljoprivredi. Svi oni stvaraju značajan zdravstveni rizik [9,10].

Važan deo upravljanja postojećim rizikom u oblasti javnog vodosnabdevanja su poslovi sanitarnog nadzora, koje obavljaju sanitarni inspektori na osnovu ovlašćenja utvrđenih zakonom [13]. Prevencija predstavlja suštinsku karakteristiku delotvorne procene i upravljanja rizikom u vodovodnom sistemu kako bi se sprečila opasnost od akcidenata, ili smanjila na prihvatljiv nivo. Na ovaj način se upravlja rizikom u svim fazama proizvodnje vode za piće od izvorišta, rezervoara i distributivnog sistema.

2.1 Indikatori rizika kvaliteta vode za piće

Rezultati monitoringa kvaliteta vode, kako sirove tako i vode za piće, su vid provere da uspešno funkcionišu sve barijere i preventivne mere koje su primenjene. Obim monitoringa za vode za piće treba da obuhvati ključne parametre kvaliteta: (1) Indikatore mikrobiološke ispravnosti vode za piće; (2) Rezidualnu koncentraciju dezinfekcionog sredstva; (3) Koncentraciju eventualno prisutnih sporednih proizvoda dezinfekcije (THM); (4) Potencijalne zagađujuće opasne i toksične materije identifikovane analizom vode za piće; (5) Sve parametre kvaliteta značajne za zdravlje potrošača, npr. teške metale za koje se može očekivati da su iznad MDK, čak i ako se to dešava povremeno [7,8].

Monitoring kvaliteta vode za piće je onoliko dobar koliko su i prikupljeni podaci reprezentativni, pouzdani i potpuno validni, zbog čega se ovaj posao poverava laboratorijama koja su akreditovane za ovakvu vrstu ispitivanja. Higijenska ispravnost vode za piće utvrđuje se sistematskim pregledima čiji je broj i obim određen Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće i Pravilnikom o nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine [14,15].

Procenjivanjem nivoa rizika na osnovu indikatora kvaliteta vode za piće - indikatora rizika i njihovog uticaja na zdravlje - dobija se informacija u kojoj meri je snabdevanje vodom za piće u skladu sa sanitarno-higijenskim uslovima i standardima, tabela 1.

Tabela 1. Nivo rizika prema indikatorima kvaliteta vode za piće i njihovog uticaja na zdravlje

Nivo rizika	Nivo rizika prema indikatoru kvaliteta: mikrobiologija/hemija	Uticaj na zdravlje
I	Neznatan/ Prihvatljiv	Neznatan uticaj
II	Mali/Delimično prihvatljiv	Mali uticaj na mali broj stanovnika
III	Umeren/ Loš	Manji uticaj na veći broj stanovnika
IV	Veliki/ Veoma loš	Znatan uticaj na mali broj stanovnika
V	Ogroman/ Alarmantan	Veliki uticaj na veliki broj stanovnika

Korišćenjem indikatora rizika – mikrobiološke i fizičko-hemijske neispravnosti kvaliteta vode za piće i njihovih odgovarajućih procenta neispravnosti, određuje se nivo postojećeg rizika u vodosistemu, kao i opis rizika o negativnom uticaju na snabdevanje vodom za piće, tabela 2 [3,7].

Tabela 2. Nivo rizika u vodosistemu prema mikrobiološkoj i fizičkohenijskoj neispravnosti vode za piće kao indikatorima rizika

Nivo rizika	% Neispravnosti uzoraka		Opis rizika	
	Fizičko-hemijski	mikro-biološki	Fizičko-hemijski	Mikrobiološki
I	<5	<2	Preihvatljiv	Neznatan
II	5,1-10	2,1-5	Delimično prihvatljiv	Mali
III	10,1-20	5,1-10	Loš	Umeren
IV	20,1-50	10,1-25	Veoma loš	Veliki
V	>50,1	>25,1	Alarmantan	Ogroman

Pri proceni rizika u sistemu za vodospobdevanje neophodno je jasno definisati i protokole za unutrašnje i spoljne komunikacije i obaveštavanje javnosti, uz uključanje lokalne samouprave, republičke inspekcije zdravlja, vodoprivrede i zaštitu životne sredine.

3. PRIMENA ANALIZE U VODOVODU RUMA

Princip procene i upravljanja rizikom u sistemima za snabdevanje vodom za piće razmatran je na primeru JP 'Vodovod Ruma', koji snabdeva vodom za piće 10.000 stanovnika i funkcioniše u okviru regionalnog vodosistema 'Istočni Srem'. Principi izneti u radu, omogućili su da se proceni rizik u vodosistemu Rume [5,6]. Kontrola kvaliteta vode vrši se redovnim praćenjem fizičko-hemijskih, hemijskih i mikrobioloških pokazatelja, na sirovoj i prečišćenoj vodi vodosistema Rume. [13,14, 15].

3.1. Metodologija ispitivanja

Na postrojenju za prečišćavanje vode na Fišterovom salašu nalazi se interna laboratorija JP Vodovod Ruma, koja radi analize po obimu i učestalosti u svemu prema odredbama Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće za 50.000÷100.000 ES. Voda se uzorkuje sa 10 izvorišta, po jedan iz svakog izvorišta i po jedan iz vodovodne mreže na kojem se izvorište nalazi, kao i uzorci sa krajnjih, početnih i centralnih tačaka na mreži [14,15]. Na terenu, pri uzorkovanju, mere se boja, mutnoća, temperatura, slobodan hlor, pH i kiseonik. U laboratoriji se ispituju fizičko-hemijski i mikrobiološki parametri kvaliteta: sadržaj suspendovanih i rastvorenih materija, provodljivost, koncentracija organskih materija, ukupni ugljenik, amonijak, nitrati, nitriti,

fosfati itd. [5]. Šira ispitivanja, sa mnogo većim brojem parametara, uz to vrlo specifičnim, periodično obavlja Zavod za javno zdravlje - ZZJZ Sremska Mitrovica, Gradski zavod za javno zdravlje Beograd i Institut za nuklearne nauke Vinča. To su teški metali, pesticidi, sporedni proizvodi dezinfekcije trihalometani, hlorovani alkani i alkeni, kao i radioaktivnost.

3.2. Tehnologija prečišćavanja i kvalitet vode u vodosistemu Ruma

Postrojenje za prečišćavanje vode je izgrađeno na lokaciji izvorišta 'Fišterov salaš', projektovani kapacitet postrojenja je 250L/s. Predviđeni tehnološki proces prečišćavanja sirove vode sastoji se od: aeracije sa retencijom, hemijske obrade - koagulacija i flokulacija, filtracije i dezinfekcije. Međutim, u vodosistem Rume uključene su i vode bunara koje se mogu koristiti bez ikakve predhodne obrade, samo uz predhodnu dezinfekciju [16,17].

Aeracija se odvija raspršivanjem vode pod pritiskom. Pri ovome se oksiduje gvožđe i mangan i druge oksidabilne materije eventualno prisutne u vodi, a zadržavanjem u retencionom bazenu ta se oksidacija završava. Sledi hemijska obrada dodavanjem aluminijumsulfata kao koagulant i organskog polimera kao flokulanta, uz adekvatno mešanje, a zatim filtracija na brzim peščanim filtrima i dezinfekcija pre upuštanja u vodovodnu mrežu. Za dezinfekciju se koristi gasni hlor, koji se adekvatno skladišti u čeličnim bocama pod pritiskom uz primenu adekvatnih sigurnosnih mera. Doziranje hlora se vrši automatski na osnovu merenja reziduala hlora u mreži. Prečišćena voda se odvodi u rezervoar čiste vode koji je dimenzioniran na dvadestčetvoročasovnu potrošnju vode u sistemu.

Vodovod Ruma se u Srbiji ubraja među prvih pet vodovoda po kvalitetu vode za piće [16,17]. Monitoring kvaliteta vode iz ovog vodovoda obuhvata kontrolu četiri celine: izvorište, preradu i dezinfekciju vode, rezervoare i distributivnu mrežu. Na svakom od ovih segmenata moguća je kontaminacija vode, što predstavlja potencijalni rizik za krajnje korisnike. Zato kontrola vode predstavlja ujedno i proveru preventivnih mera koje se sprovode kako bi se osigurao traženi kvalitet vode [5,6].

Rezultati ispitivanja sirove vode i vode za piće, prikazani su u tabeli 3, i to kao srednje vrednosti ispitivanja u toku 2010. godine, interne laboratorije kao i ZZJZ Sremska Mitrovica [5].

Tabela 3. Rezultati fizičko-hemijskih ispitivanja sirove i vode za piće u Vodovodu Ruma

Red. br.	Ispitivani parametri	Jedinice mere	MDK	Rezultati ispitivanja vode	
				Sirova voda	Voda za piće
1.	Boja	°Co - Pt skala	5	<5	<5
2.	Miris	-	Bez mirisa	Bez mirisa	Bez mirisa
3.	Mutnoća	NTU	1	18,8	0,3
4.	pH vrednost	-	6,8 – 8,5	7,4	7,8
5.	Suvi ostatak na 105°C	mg/dm ³	-	430	401
6.	Provodljivost na 20°C	µg	1000	650	600
7.	Utrošak KMnO ₄	mg/dm ³	8	3,1	1,9
8.	Ukupni organski ugljenig-TOC	mg/dm ³	-	1,79	1,28
9.	p-alkalitet	ml 0,1NHCl	-	<0,5	<0,5
10.	m- alkalitet	ml 0,1NHCl	-	77,9	73
11.	Ukupna tvrdoća	°dH	-	19	17,1
12.	Karbonatna tvrdoća	°dH	-	12,6	9,6
13.	Amonijak, NH ₃	mg/dm ³	0,1	0,2	<0,05
14.	Nitriti, NO ₂ ⁻	mg/dm ³	0,03	<0,006	<0,006
15.	Nitrati, NO ₃ ⁻	mg/dm ³	50	<0,5	0,7
16.	Sulfati, SO ₄ ²⁻	mg/dm ³	250	17,7	16,7
17.	Ortofosfati	mg/dm ³	0,15	0,023	0,036
18.	Cijuanidi, CN ⁻	mg/dm ³	0,050	<0,010	<0,010
19.	Deterdjenti anjonski	mg/dm ³	0,1	<0,02	<0,02
20.	Fenoli	mg/dm ³	0,001	<0,001	<0,001
21.	Mineralna ulja	mg/dm ³	0,010	<0,005	<0,005
22.	Arsen, As	mg/dm ³	0,010	0,002	0,001
23.	Živa, Hg	mg/dm ³	0,001	<0,0005	<0,0005
24.	Gvožđe, Fe	mg/dm ³	0,3	1,86	0,03
25.	Mangan, Mn	mg/dm ³	0,05	0,109	0,012
26.	Ukupni pesticidi	µg/dm ³	0,5	<0,01	<0,01
27.	Aldrin / Diedrin	µg/dm ³	0,03	<0,01	<0,01
28.	Atrazin	µg/dm ³	0,1	<0,01	<0,01
29.	Benzo (a) piren	µg/dm ³	0,01	<0,01	<0,01
30.	Simazin	µg/dm ³	0,1	<0,01	<0,01
31.	Ukupni trihalometani	µg/dm ³	100	<0,5	27,06
32.	Hloroform	µg/dm ³	30 – 40	<0,5	1,15

Rezultati ispitivanja sirove vode pokazuju da je to bezbojna slabo zamućena voda, 18,8NTU, bez mirisa, neutralne reakcije, pH je 7,4, temperature 15,9°C. Elektroprovodljivost je 650 µS/cm, što ukazuje da se radi o srednje mineralizovanoj vodi. Prema ukupnoj tvrdoći spada u umereno tvrde vode, UT je 19°dH. Ukupne materije prisutne u sirovoj vodi su 430mg/dm³, od toga suspendovane materije samo oko 12%, 5mg/dm³, a ostatak, 88%, su rastvorene materije.

Sadržaj nitrata i nitrita je ispod granice detekcije, dok je koncentracija amonijaka 0,2mgN/dm³, što je dvostruko veća vrednost od maksimalno dozvoljene koncentracije za vode za piće. Međutim, primenom opisane tehnologije prečišćavanja on biva redukovano ispod MDK. Koncentracija ortofosfata i utrošak kalijumpermanganata su niski, 0,028 mg/dm³, odnosno 3,1mg/dm³ za sadržaj organskih materija, što je mnogo ispod MDK. Međutim, ukupni organski ugljenik je

1,79mg/dm³, što predstavlja pravu koncentraciju prisutnih organskih materija u sirovoj vodi. Iz ovoga se može zaključiti da su u vodi prisutne i druge organske materije koje se ne mogu oksidovati permanganatom, kao i materije koje nisu organske prirode, ali se oksiduju kalijupermanganatom. Nađene koncentracije deterdženata - 0,02mg/dm³ i mineralnih ulja - 0,005mg/dm³ su ispod osetljivosti metode, a isti je slučaj i sa fenolima, 0,001mg/dm³.

Od teških metala, prisutni su gvožđe i mangan u povećanim koncentracijama. U nekim bunarima su daleko iznad MDK za pijaće vode, 1,86mgFe/dm³ i 0,109mgMn/dm³, zbog čega se pri prečišćavanju ovih voda primenjuju postupci deferizacije i demanganizacije čime oni bivaju eliminisani. Ostali metali ili nisu nađeni ili su na granici detekcije, što je daleko ispod MDK za vodu za piće. UV adsorpcija na 254nm je 1,7 i ona je pokazatelj niskog prisustva huminskih materija, što isključuje mogućnost stvaranja THM. Isti je slučaj i sa hlorovanim alkanima i alkenima kao i sa pesticidima. [5].

Institut za nuklearne nauke Vinča ispitivao je ukupnu alfa i beta radioaktivnost i utvrdio da ispitivana voda odgovara normama Pravilnika u pogledu radioloških osobina [13,14].

3.2 Procena i upravljanje rizikom u vodosistemu Ruma

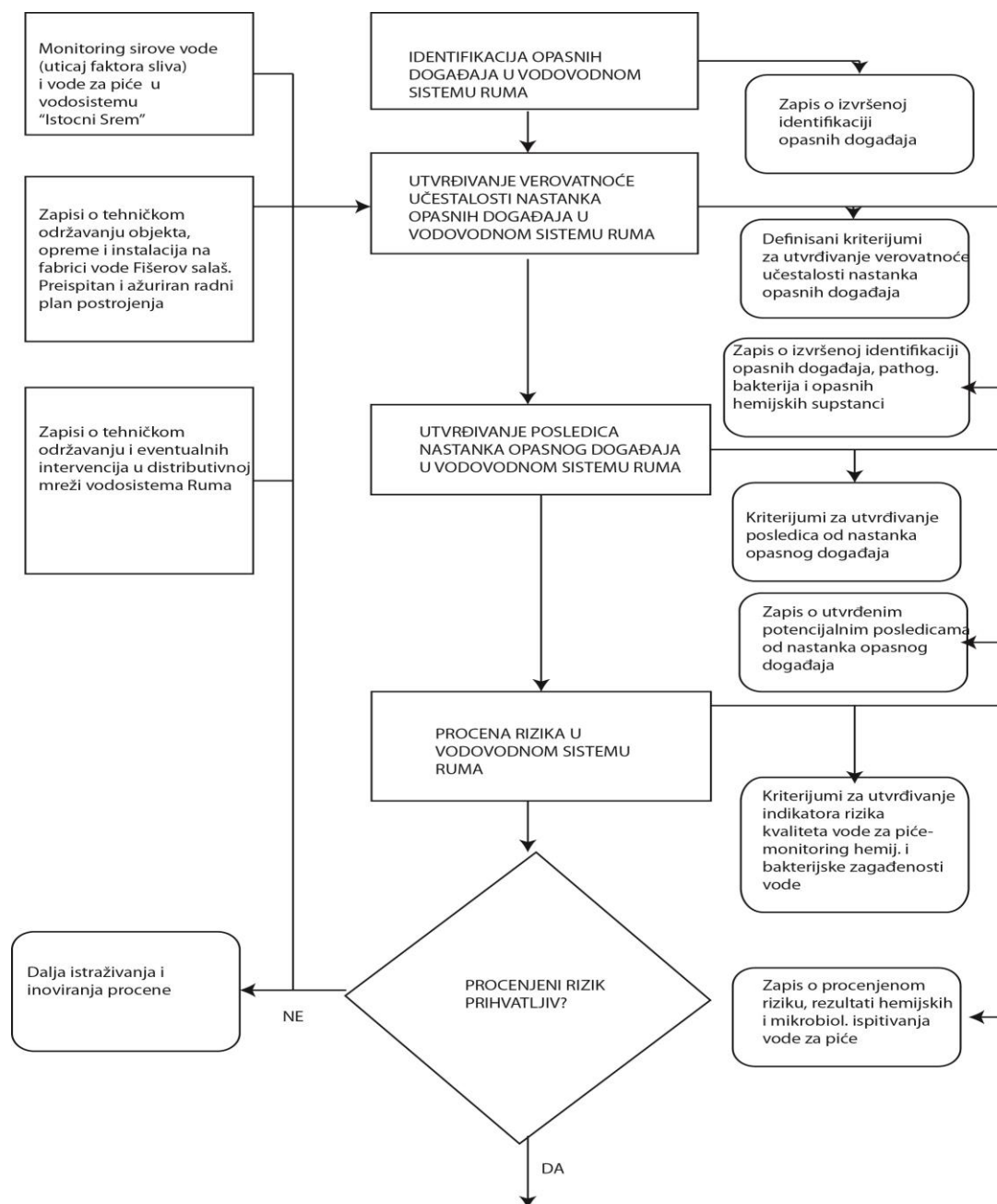
Procena rizika u vodosistemu Ruma, zasnovana je na analizi celokupnog sistema i identifikaciji tačaka na kojima se zagađujuće materije mogu pojaviti. Štetne i opasne mikrobiološke i hemijske supstance koje se mogu naći u prečišćenoj vodi, ili mogu nastati pri procesima njenog prečišćavanja, a koji se označavaju kao hemijski i mikrobiološki indikatori rizika, najčešće se definišu kao stepen verovatnoće da će se pojaviti negativni efekti na zdravlje nakon izloženosti tim materijama [16]. Principi procene i upravljanja rizicima u vodovodnom sistemu, praćenje i izveštavanje o indikatorima rizika kvaliteta vode za piće, koji su izneti u ovom radu, daju okvir za dobro upravljanje rizikom u vodosistemu Ruma.

Kako se za vodosnabdevanje Rume koriste podzemne vode iz aluviona reke Save, faktori zagađenja sliva su od velikog uticaja na rizik kvaliteta vode u vodosistemu Rume. Sava je prijemnik otpadnih voda iz četiri države,

zbog čega je veliki uticaj zagađenja na podzemne vode. Shodno tome bilo bi dobro uvesti monitoring kvaliteta reke Save, kao i podzemnih voda iz njenog aluviona koja se koristi za vodosnabdevanje Rume. Na taj način bi postojeći rizik bio pod kontrolom, odnosno njime bi se upravljalo, jer bi se u samom startu, na samom izvoristu uočilo zagađenje, što bi omogućilo brzu i adekvatnu reakciju. U tom smislu potrebno je formirati mrežu piezometara na obodu aluviona Save, i u monitoring uključiti ispitivanje i podzemnih voda [8].

Važan deo upravljanja postojećim rizikom u oblasti javnog vodosnabdevanja su poslovi sanitarnog nadzora, koje obavljaju sanitarni inspektori Opštine Ruma na osnovu ovlašćenja utvrđenih zakonom [13]. Prevencija je suštinska karakteristika delotvorne procene i upravljanja rizicima u vodovodnim sistemima. Preventivne mere su one akcije, aktivnosti i procesi koji se koriste da se spreče opasnosti od akcidenata, ili da se oni smanje na prihvatljiv nivo, odnosno, da se upravlja rizikom koji postoji u svim fazama proizvodnje vode za piće i u svim vodovodima u okviru vodosistema Ruma od izvorišta, rezervoara, distributivnog sistema do potrošača. Tradicionalne preventivne mere ugrađene su u postavljanju određenih barijera u celokupnom vodosistemu: upravljanje izvorištem i njegova zaštita; prečišćavanje sirove vode; fizička i sanitarno-higijenska zaštita rezervoara vode; dezinfekcija prečišćene vode i zaštita i održavanje distributivnog sistema [5,7]. Princip procene rizika višestrukih barijera vodovoda Rume predstavljen je blok dijagramom na slici 2.

U cilju upravljanja rizikom u vodovodu Ruma uveden je integrisani sistem menadžmenta kvalitetom ISO 9001 i bezbednosti hrane ISO 22001, u skladu sa zahtevima HACCP sistema (Hazard Analysis Critical Control Point). U vodovodnim sistemima HACCP predstavlja logičan, naučno zasnovan, sistem kontrole procesa proizvodnje vode za piće. Ovim sistemom se omogućava identifikacija i procena svih mogućih opasnosti, tj. svakog fizičkog, hemijskog ili biološkog rizika, u svim fazama tehnološkog procesa proizvodnje i distribucije vode za piće. Određuju se neophodne mere za njihovu prevenciju, kontrolu i sigurnost da će te mere biti uspešno i na delotvoran način sprovedene. Uvođenjem ovog sistema kontrole obezbeđeno je da kvalitet usluga dostiže najviši nivo i da korisnici budu zadovoljni, a i stavljene su pod kontrolom sve tačke 'visokog rizika' zagađujućih materija u celokupnom sistemu za vodosnabdevanje Opštine Ruma [15,17].



Slika 2. Blok dijagram procene rizika u vodosistemu Ruma

Posebno je analiziran svaki deo tehnološkog procesa i u skladu sa tim su određene preventivne mere, obzirom na postojanje bioloških, hemijskih i mehaničkih opasnosti [15]. Pri crpljenju sirove vode iz bunara postoji rizik od prisustva: mikroorganizama fekalnog porekla, aerobnih mezofilnih bakterija, mikroorganizama od raspadanja organskih materija, *Proteus* vrsta, *Pseudomonas*

aeruginosa, sulfitoredukujućih klostridija i streptokoka fekalnog porekla. Takođe je u nekim izvorištima prisutna i povećana koncentracija gvožđa i mangana što zahteva obavezno i u što skorije vreme, uvođenje tehnoloških procesa deferizacije i demanganizacije u tehnologiji proizvodnje pitke vode. Od ostalih indikatora rizika moguće je prisustvo amonijaka, nitrita,

pesticida, kao posledica obradivih poljoprivrednih površina u neposrednoj okolini aktivnih izvorišta. Preventivne mere koje se u JP Vodovod Ruma moraju primeniti radi smanjenja rizika po kvalitet vode za piće su: (1) pre svakog puštanja bunara u distributivni sistem, vršiti obavezno njegovo ispiranje 24 h. Tri uzastopne negativne mikrobiološke analize u toku tri dana, znak su da se bunar može uključiti u sistem; (2) striktno sprovođenje i poštovanje mera zona sanitarne zaštite kod svakog izvorišta; (3) redovan periodični pregled bunara i sprovođenje planskog održavanja i (4) svakodnevno uzimanje uzoraka vode za mikrobiološko i fizičko-hemijsko ispitivanje u pogonskoj laboratoriji. Zavod za javno zdravlje Sremska Mitrovica dva puta godišnje vrši analizu sirovih i pitkih voda, kada se pored standardnih parametara ispituje koncentracija pesticida, deterdženata i ugljovodonika. U slučaju prekoračenja koncentracije bilo kog od ovih parametara, bunar u kome je utvrđeno prekoračenje, odmah se isključuje iz sistema vodosnabdevanja.

Kad se radi o sirovoj vodi postoji opasnost mikrobiološkog i hemijskog zagađivanja tokom njenog transporta, jer cevovodi često prolaze preko ili pored obradivih površina. Pri tome postoji opasnost od havarija na cevovodima (sporednih, glavnih, ili pak na razvodnoj mreži), pri čemu u sistem mogu prodreti zemlja, pesak, kao i različite hemijske supstance - pesticidi kojima se obradivo zemljište tretira, različiti mikroorganizmi (koji mogu biti i patogeni, pogotovu ako je korišćeno stajsko đubrivo), ili drugi kontaminanti iz okruženja. U tom slučaju reakcija na sanaciji kvara mora biti brza i blagovremena, a i nadzor nad vodovodnom mrežom mora biti stalan i adekvatan.

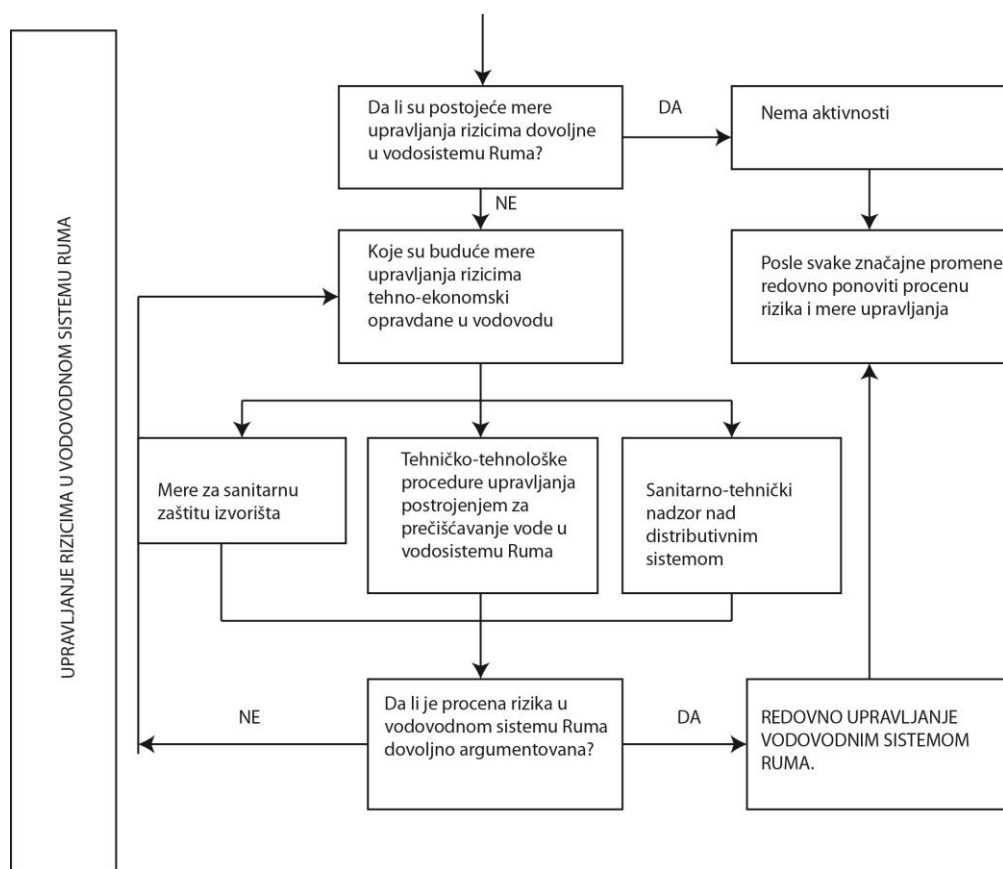
Na samom postrojenju za proizvodnju vode za piće postoje takođe određeni rizici koje treba identifikovati i držati pod kontrolom. Pri aeraciji i retenziji, postoji rizik od povećanog broja aerobnih mezofilnih i gvožđevitih bakterija. Preventivne mere koje treba primeniti u vodovodu Ruma moraju biti u skladu sa principima dobre proizvođačke i dobre higijenske prakse, to su: pranje i čišćenje aeratora 4 puta godišnje; uzorkovanje sirove vode nakon aeracije i čišćenje retenzije prema potrebi, kao i pregled jednom u 5 godina.

Filtracijom je potrebno otkloniti rizik od mutnoće, povećane koncentracije gvožđa, mangana i amonijaka. U toku filtracije postoji opasnost od kontaminacije iz okruženja. Analizom u internoj laboratoriji utvrđuje se potreba pranja peščanih filtra, njihove dezinfekcije, kao i uzorkovanje vode jednom nedeljno posle filtarskog postrojenja. Pri tome je monitoringom predviđena

obavezna kontrola koncentracije gvožđa, mangana i amonijaka u internoj laboratoriji. Dezinfekcijom prečišćene vode se otklanja opasnost od mikrobiološke neispravnosti. Međutim, pri ovom procesu tačku 'visokog rizika' predstavljaju kako odsustvo, tako i povećane koncentracije rezidualnog hlora u mreži. U prvom slučaju može doći do mikrobiološke neispravnosti vode, a u drugom, voda može imati toksično dejstvo zbog oksidacionih karakteristika hlora. Maksimalno dozvoljena koncentracija rezidualnog hlora u vodovodnoj mreži prema važećem Pravilniku je $0,5\text{mg/dm}^3$ [14]. Preventivne mere koje se u ovom slučaju primenjuju za vodosistem Ruma su: stalno praćenje koncentracije hlora na fabrici vode i u mreži; redovno dnevno mikrobiološko ispitivanje vode; posedovanje sertifikata o koncentraciji (kvalitetu) gasnog hlora i kontrola koncentracije rezidualnog hlora u prečišćenoj vodi, iz bazena čiste vode, na svakih sat vremena. Pojačavanje koncentracije hlora u vodi – dohlorisanje, vrši dežurni rukovaoc crpnog postrojenja, nakon svakog očitavanja na automatskom meraču i njegova odgovornost je lična. Ukoliko je koncentracija iznad MDK, vrši se razblaživanje uključivanjem još jednog bunara u sistem. Sve ove akcije prate odgovarajući zapisi.

Hlorna stanica predstavlja poseban indikator rizika, s obzirom da se u Vodovodu Rume koristi gasni hlor skladišten u čeličnim bocama pod pritiskom. Zbog toksičnosti hlora u većim koncentracijama, postoji određeni rizik po životnu sredinu u slučaju havarije. Iako je doziranje hlora automatsko, prema izmerenoj koncentraciji reziduala, ipak postoji određeni rizik od iscurivanja hlora, odnosno akcidenta. U skladištu, kao preventivna mera u slučaju curenja gasa, postoji zvučna i svetlosna signalizacija, pri čemu je za neutralizaciju akcidentno iscurilog hlora predviđen sistem vodenih tuševa i kreč. Kontrola ispravnosti ovog sistema treba da bude stalna, na zadovoljavajućem stručnom nivou, i uz odgovarajuće zapise, a u isključivoj je kompetenciji i odgovornosti dežurnog rukovaoca crpnog postrojenja.

U bazenu čiste vode postoji rizik od nastanka bakterija, algi i drugih mikroorganizama koji mogu nastati stajanjem vode, ili kontaminacijom iz okruženja. Preventivne mere su redovno održavanje higijene bazena i kontrola kvaliteta vode, jer je to prva kontrolna tačka za vodu za piće u vodosistemu. Upravljanje rizikom u Vodovodu Rume je šematski prikazano na slici 3. Procedura upravljanja rizikom treba da ukaže na zaključak da li je sprovedena procena rizika dovoljno argumentovana ili je potrebno ponoviti je [18].



Slika 3. Šema upravljanja rizikom u vodovodnom sistemu Ruma

3.2.1 Indikatori rizika mikrobiološke i fizičko-hemijske neispravnosti vode za piće

Monitoring je ključni elemenat u oceni uspešnosti sprovedenog postupka pripreme i distribucije vode za piće, kao i omogućavanje kontrole indetifikovanog hazarda, i sagledavanje nivoa i vrste rizika. Naime, na osnovu indikatora rizika - mikrobiološke i fizičko-hemijske neispravnosti vode za piće, i njihovih procenata neispravnosti na godišnjem nivou (tabela 1 i 2), određen je njihov uticaj na zdravlje, tj. vrsta i nivo rizika [5,6].

Ukupno broj ispitanih i neispravnih uzoraka u hemijskom i mikrobiološkom pogledu u 2010. godini na svim mestima uzorkovanja kao i na nivou celokupnog vodovoda Ruma prikazan je u tabeli 4, a u tabeli 5 je prikazan nivo i opis rizika prema procentualnoj neispravnosti ispitanih uzoraka (kako je dato u tabeli 3).

U toku 2010. godine laboratorija vodovoda u Rumi ispitala je prema važećem Pravilniku (osnovni A obim)

ukupno 1180 uzoraka vode, od čega je bilo neispravno 66, odnosno 5,59%. Od toga 1,78% su mikrobiološki, a 3,81% hemijski neispravni uzorci. Na osnovu toga, u vodosistemu Ruma prema mikrobiološkim indikatorima, rizik je *neznatan*, a prema hemijskim indikatorima rizik je *prihvatljiv*, što u oba slučaja predstavlja I nivo rizika (tabele 4,5).

Tabela 4. Broj ispitanih i neispravnih uzoraka u 2010. god.

R.b.	Mesto uzimanja uzorka	Ukupno ispitanih uzoraka	Ukupan broj neispravnih uzoraka	
			Hemijski	Mikrobiol.
1.	Izlaz sa PPV	261	-	-
2.	Ruma	165	6	4
3.	10 sela	251	20	11
4.	Irig, Vrdnik i Rivica	84	2	0
5.	Bunari Fišer salaš	74	8	2
6.	Maloradinač. Špic	6	1	0
7.	Pojedinačni bunari, sabirni vod i rezerv.	339	8	4
8.	Ukupno	1180	45	21

Tabela 5. Nivo i opis rizika prema procentu neispravnih uzoraka u 2010. godini

R.b.	Mesto uzimanja uzorka	Ukupan broj neispravnih uzoraka (%)		NIVO RIZIKA		OPIS RIZIKA	
		hemijski	Mikrobiol.	hemijski	mikrobiol.	hemijski	mikrobiol.
1.	Izlaz sa PPV	-	-	-	-	-	-
2.	Ruma	3,64	2,42	I nivo	II nivo	prihvatljiv	mali
3.	10 sela	7,97	4,38	II nivo	II nivo	delimično prihvatljiv	mali
4.	Irig, Vrdnik i Rivica	2,38	-	I nivo	-	Prihvatljiv	-
5.	Bunari Fišer salaš	10,81	2,69	III nivo	II nivo	loš	mali
6.	Maloradinački špic	16,66	-	III nivo	-	loš	-
7.	Pojedinačni bunari, sabirni vod i rezerv.	2,36	1,18	I nivo	I nivo	prihvatljiv	neznatan
8.	Ukupno	3,81	1,78	I nivo	I nivo	prihvatljiv	neznatan

Prema rezultatima analiza ZZJZ Sremska Mitrovica situacija se malo razlikuje. Urađeno je ukupno 303 analize, od toga je hemijski neispravno 12 uzoraka, 3,96%, a mikrobiološki je neispravno 7 uzoraka, odnosno 2,31%. Što znači da je u ovom slučaju sa aspekta fizičko-hemijskih indikatora rizika reč o *delimično prihvatljivom riziku*, odnosno II nivou rizika. Ovo uvećanje nivoa rizika u slučaju hemijskih indikatora je razumljivo, jer proširene analize hemijskih ispitivanja obuhvataju i rezultate koncentracije gvožđa i mangana kao i nitrata i amonijaka, koji su višestruko uvećani u pojedinim uzorcima u odnosu na MDK. Zato je i razumljivo uvećanje nivoa rizika u slučaju hemijskih indikatora na II nivo. Dok je prema mikrobiološkim indikatorima rizika reč o *malom riziku*, odnosno I nivou rizika zbog ukupnog broja aerobnih mezofilnih bakterija koje su na 2,31% uzoraka uvećane (tabela 5).

4. ZAKLJUČAK

Rizik po zdravstvenu ispravnost vode za piće, uslovljen je kvalitetom vode na izvoru, efikasnošću njenog tretmana i integritetom distributivnog sistema. Za svaki vodosistem neophodno izraditi sveobuhvatnu procenu rizika i sistem upravljanje rizikom. Procena mora da obuhvati sve faze u vodosnabdevanju - od vodozahvata do krajnjih korisnika, uz stalan monitoring kvaliteta vode.

Materije koje prouzrokuju mikrobiološku neispravnost vode za piće - različite patogene bakterije i

fizičko-hemijska neispravnost vode - opasne i toksične hemijske supstance koje se koriste ili nastaju u tehnologiji prerade vode, ili su posledica zagađujućeg antropogenog uticaja, zajedno predstavljaju *indikator rizika kvaliteta vode za piće*. Na osnovu njih se procenjuje nivoa rizika po kvalitet vode za piće, daje informacija o njihovom negativnom uticaju na zdravlje potrošača i dolazi se do saznanja u kojoj meri je snabdevanje vodom za piće u skladu sa sanitarno-higijenskim uslovima i važećim standardima.

U članku se definiše model procene i upravljanja postojećim rizikom za vodovodne sisteme i kriterijumi za identifikaciju kritičnih tačaka na vodozahvatu, u tehnološkom postupku proizvodnje i distribucije vode, kao i u distributivnoj mreži. Sve ovo u cilju Upravljanja postojećim rizicima u procesu održavanja kvaliteta vode za piće, prema Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće.

Osnovni principi procene i upravljanja rizicima u vodosistemu, prema dobroj inženjerskoj praksi i zakonskoj regulative razmatrana je na vodosistemu Ruma. Podaci skupljeni monitoringom o mikrobiološkim i fizičko-hemijskim indikatorima rizika, pokazuje u kojoj meri je snabdevanje vodom za piće u skladu sa sanitarno-higijenskim uslovima i standardima i koliko omogućuje kontrolu indetifikovanog hazarda.

U toku 2010. godine Interna laboratorija vodovoda u Rumi ispitala je prema važećem Pravilniku (osnovni A

obim) ukupno 1180 uzoraka vode, od čega je bilo neispravno 66, odnosno 5,59%. Od toga 1,78% su mikrobiološki a 3,81% hemijski neispravni uzorci. Na osnovu toga, u vodosistemu Ruma prema mikrobiološkim indikatorima, rizik je *neznatan*, a prema hemijskim indikatorima rizik je *prihvatljiv*, što u oba slučaja predstavlja I nivo rizika.

Odgovorni u „Vodovodu“ Ruma moraju imati potpunu posvećenost obezbeđivanju higijenski ispravne vode za piće, ličnu odgovornost, i nikada ne smeju ignorisati žalbe potrošača na kvalitet vode. Ovo se pre svega odnosi na tehnološki postupak prečišćavanja sirove vode, gde su određene neophodne preventivne mere koje treba sprovesti. U cilju upravljanja rizikom u vodosistemu Ruma, uveden je integrisani sistem menadžmenta kvalitetom ISO 9001 i bezbednosti hrane ISO 22001 u skladu sa zahtevima HACCP sistema. Stavljene su pod kontrolu sve tačke „visokog rizika“ zagađujućih materija, što je obezbedilo da kvalitet usluga bude na najvišem nivou i da korisnici budu zadovoljni, postojeći rizik *mali, neznatni – I nivo rizika sa neznatnim uticajem na zdravlje ljudi*.

LITERATURA

- [1] Glynn Henry, J., Heinke, G. W. (1989): Environmental Science and Engineering, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- [2] Dalmacija B., Agbaba J., Klašnja M. (2009): Savremene metode u pripremi vode za piće, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad
- [3] Rio Declaration on Environment and Development, http://en.wikipedia.org/wiki/Rio_Declaration_on_Environment_and_Development
- [4] Anastasijević D., Lukić N., Pocaajt V., Perić-Grujić A., Ristić M. (2011): Analiza odabranih elemenata u vodi u pogonima za pripremu vode za piće u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
- [5] Turčinović J. (2013): Procena i upravljanje hemijskim rizikom u vodosistemu Ruma, Univerzitet 'Union-Nikola Tesla', Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine, Beograd, master rad
- [6] Veljković N. (2011): Procena i upravljanje rizicima u vodovodnim sistemima i indikatori rizika kvaliteta vode za piće u Srbiji, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Međunarodno stručno savetovanje - Soko banja
- [7] Dalmacija B. (2008): Kontrola kvaliteta vode za piće u svetlu HACCP-a, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad
- [8] Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, Republička direkcija za vode (2007): Nacionalna strategija održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara Republike Srbije
- [9] Veljković N. (2010): Unapređenje kvaliteta vode kod lokalnih vodovoda i kanalizacije manjih mesta u Srbiji, Poglavlje: Upravljanje rizicima u lokalnim vodovodnim sistemima, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, s. 38-57, Beograd
- [10] Australian Government, National Health and Medical Research Council (2004): Australian drinking water guidelines
- [11] Microbial risk assessment (MRA) tool, Urban Water, Chalmers University of technology, Gothenburg, Sweden, 2005
- [12] Jahić M. (1990): Priprema vode za piće, Naučno obrazovni institut za uređenje voda, Novi Sad
- [13] Zakon o sanitarnom nadzoru, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 125/04
- [14] Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 42/98 i 44/99
- [15] Pravilnik o nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 37/2011
- [16] Cohns, J.J. and Covello, V.T. (1989): Risk Analysis: A Guide to Principles and Methods for Analyzing Health and Environmental Risks. Washington, D.C.; U.S. Department of Commerce, National Technical Information Service.
- [17] Cinkler R. (1983): Hidrotehničko tehnološko rešenje, Institut za građevinarstvo SAP Vojvodine, Subotica
- [18] Gradski zavod za javno zdravlje, Centar za higijenu i humanu ekologiju, Laboratorija za humanu ekologiju i ekotoksikologiju, Izveštaj o ispitivanju vode za piće, Beograd, 2010
- [19] Republički zavod za statistiku, Snabdevanje pitkom vodom, 2007-2009
- [20] Polomčić, D. i drugi (2012): Vodospabdevanje i održivo upravljanje vodnim resursima u Srbiji, Vodoprivreda, N^o 258-260, s. 225-232

- [21] Ljubisavljević, D. i V. Rajaković (2012): Uklanjanje nitrata iz vode za piće primenom biološke denitrifikacije, *Vodoprivreda*, N^o 258-260, s. 163-168
- [22] Dimkić, M. i drugi (2013): Analiza transporta zagađenja kod određivanja zona sanitarne zaštite izvorišta podzemnih voda u aluvijalnim sredinama, *Vodoprivreda*, N^o 264-266, s. 203-218
- [23] Cibulić, V. i drugi (2013): Kvalitet vode u akumulaciji Barje petnaest godina nakon formiranja, *Vodoprivreda*, N^o 261-263, s. 111-122
- [24] Boreli Zdravković, Đ. (2014): Analiza problematike simulacije hidrauličkog uticaja vodotoka kod hidrauličkih uticaja, *Vodoprivreda*, N^o 267-272, s. 155-162

ASSESSMENT AND RISK MANAGEMENT WITHIN DRINKING WATER SUPPLY SYSTEM

by

Violeta CIBULIĆ¹, Nebojša VELJKOVIĆ², Lidija STAMENKOVIĆ¹, Novica STALETTOVIĆ¹

¹ Faculty of Ecology and Environmental Protection, University "Union-Nikola Tesla", Belgrad, Serbia,

² Serbian Environmental Protection Agency, Belgrade, Serbia

Summary

The quality of groundwater and surface water is uneven. The water quality varies from high quality, to those which is needs purification with adequate technological procedures for using it. Therefore, risk management within the drinking water supply system is very important. This study has taken into consideration Assessment principles and risk management within the drinking water supply system, on the example of PC "Vodovod" Ruma, which is a part of water system "Istocni Srem". Technological process of water production is considered as individual as well as a whole, risk points have been identified, existing risk has

been assessed and the frame of good risk management within this water system has been given with the aim of providing hygienically correct water for all the users. According to research conducted by Institute for public health Sremska Mitrovica, risk is partially acceptable according to chemical risk indicators, representing II level of risk, while concerning microbiological risk indicators, it is a minor risk, or I level of risk.

Keywords: chemical risk indicators, microbiological risk indicators, water monitoring, level of risk

Redigovano 17.11.2015.