

# PRAĆENJE PROMENE SADRŽAJA URANA U VODI ZA PIĆE IZ BEOGRADSKOG VODOVODA TOKOM VIŠEGODIŠNJEG PERIODA

Miloš B. Rajković,



Mirjana Stojanović,



Gordana Pantelić,

Агенција за заштиту од јонизујућих зрачења и нуклеарну сигурност Србије

Maja Eremić-Savković



Novi Beograd se snabdeva podzemnom vodom koja se prečišćava u postrojenju Bežanija u kome se primenjuju tehnološki postupci: aeracija, retenzija, filtracija i hlorisanje, sa projektovanim kapacitetom od 3200 dm<sup>3</sup>/s [1]. Da bi se u beogradskom vodovodnom sistemu dobila sanitarno-higijenski ispravna voda za piće, svakodnevno se vrši (nekoliko puta) fizičko-hemijska i bakteriološka analiza vode za piće, a periodično i ispitivanje sadržaja toksičnih elemenata u vodi za piće u vodovodnoj mreži. U vodi za piće nalaze se mnogobrojne neorganske supstance koje doprinose tvrdoći vode i utiču na njen kvalitet i higijensku ispravnost [2]. Postojeće metode za ispitivanje sadržaja (ili tragova) metala ne mogu detektovati prisustvo metala u niskim koncentracijama u vodi za piće, pa je zbog toga predložena nova metoda određivanja sadržaja metala koja je pokazala svoju potpunu primenljivost [3,4]. Suština metode je da se za ispitivanje kvaliteta vode iz vodovodne mreže koristi *suvi ostatak* (kamenac) koji se izdvaja na grejaču u kućnog bojlera prilikom zagrevanja vode, a koji nastaje taloženjem neorganskih nevolatilnih supstanci koje se nalaze u vodi za piće. Pošto sastav kamenca potiče od prisutnih neorganskih jedinjenja u vodi, ovom metodom je moguće da se pouzdano, određivanjem elementarnog sastava kamenca, vrši određivanje koncentracije metala koji se nalaze u vodi za piće. Cilj rada bio je da se metoda indirektnog određivanja elemenata upotrebi za praćenje sadržaja urana u vodi za piće iz vodovodne mreže grada Beograda u vremenskom periodu od 2008-2015. godine.

## Eksperimentalni deo

Kamenac koji je ispitivan u radu nastao je iz vode koja se nalazi u vodovodnom sistemu grada Beograda, vodovodne mreže Novog Beograda (blokovi uz Savu), a nastao taloženjem na grejaču kućnog bojlera, tokom vremenskog perioda od 2008-2015. godine. Kamenac dobijen je tako što je 1 dm<sup>3</sup> vode za piće (sakupljene na mesečnom nivou) zagrevan do ključanja i uparavan do suva. Sastav tako dobijenog kamenca određen je upotrebom atomskog apsorpcionog spektrofotometra AAS Perkin Elmer 703, prema standardu JUS B.88.070 [5,6]. Na osnovu rezultata ispitivanja kamenca, koji je dobijen iz vode iz vodovodne mreže u ispitivanom periodu [7], izvršen je proračun sadržaja urana koji se nalazio u vodi za piće, kao i njegova varijabilnost tokom ovog vremenskog intervala. Kvantitativni sadržaj urana određen je fluorimetrijskom metodom zasnovanoj na linearnoj zavisnosti intenziteta fluorescencije molekula uranovih jedinjenja od njihove koncentracije. Smanjenje intenziteta fluorescencije svode se na najmanju moguću meru tehnikom „standardnog dodatka“ nakon ekstrakcije urana sa sinergističkom smešom TOPO (tri-n-oktil fosfin oksid)-etil-acetat. Intenzitet fluorescencije meren je pomoću Fluorimetra 26-000 Jarrel Ash Division (Fisher Scientific Company, Waltham, 1978) [8]. Nakon utvrđivanja prisustva urana u vodi za piće, posredno, ispitivanjem kamenca, izvršeno je kvantitativno određivanje oblika vezivanja urana, metodom frakcione ekstrakcije [9,10]. Gamasppektrometrijsko ispitivanje kamenca izvršeno je tako što je kamenac prethodno sušen na 105°C (24 sata) da bi se uklonila slobodna vlaga te da bi se merenja svodila na suhu supstancu. Kamenac je upakovan u plastičnu posudicu i hermetički zatvoren da bi se zadržao nastali radon. Merenje je izvršeno posle 20 dana, nakon uspostavljanja radioaktivne ravnoteže između radijuma i njegovih potomaka [4].

## Rezultati i diskusija

Tabela 1. Rezultati merenja koncentracije aktivnosti  $\gamma$ -emitera u kamencu (Bq/kg)

40K		137Cs		134Cs		232Th		226Ra		238U		235U	
2008	2011	2008	2011	2008	2011	2008	2011	2008	2011	2008	2011	2008	2011
<1,11	<1	<0,15	<1	<0,49	<0,1	1,1±0,5	0,9±0,2	10,2±1,7	1,6±0,2	30,4±5,2	24,5±3,1	1,5±0,5	1,3±0,1

Tabela 2. Koncentracije urana u vodi za piće

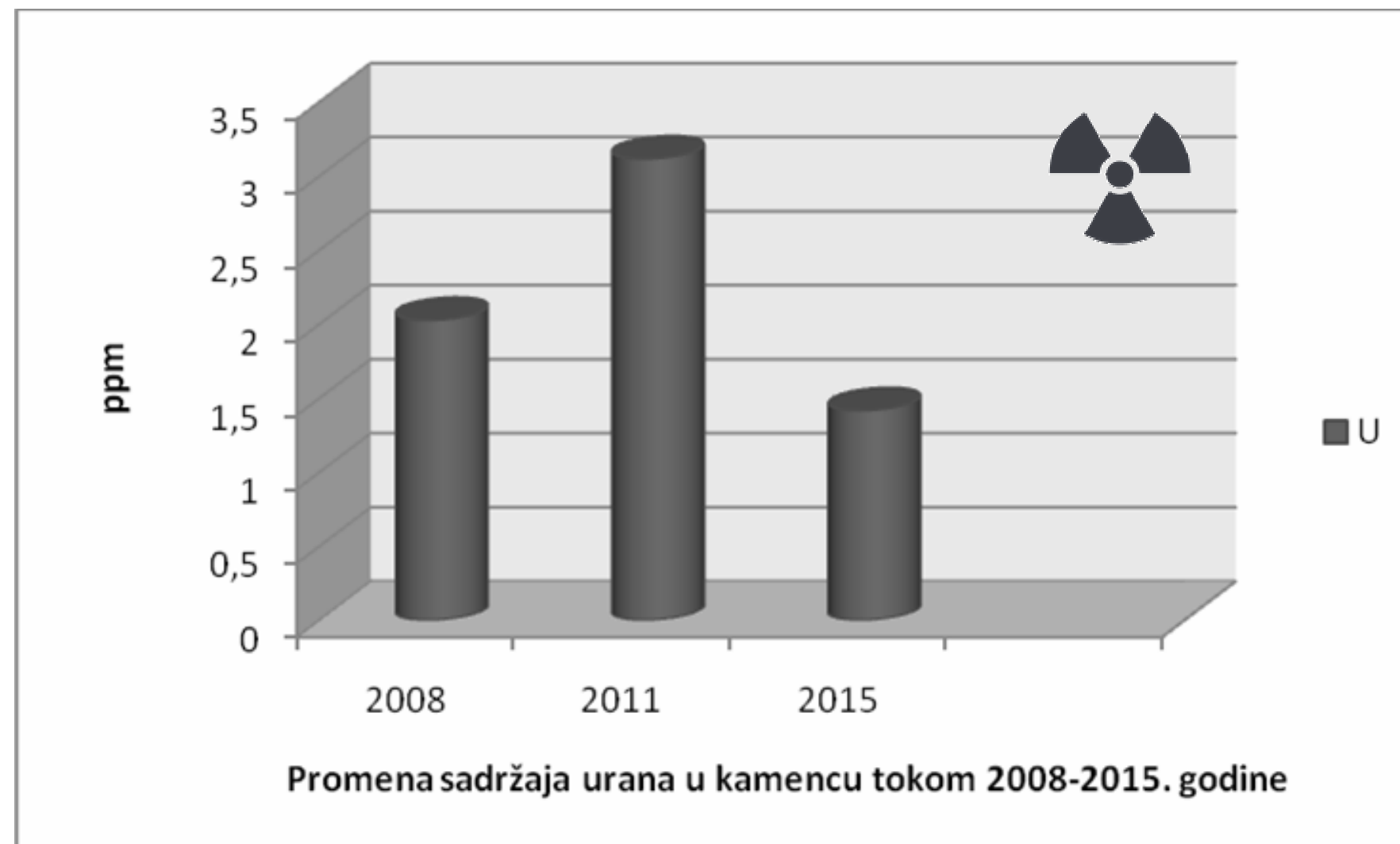
Godina uzorkovanja	Jedinica	Proračunata koncentracija urana u uzorcima vode	Maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK) za parametre u vodi za vodosnabdevanje			
			SI list SRJ 42/98 i 44/99	SI list SCG 53/2005	SI list RS 43/2013	EU Directive 98/83/EC 1998
2008	µg/dm <sup>3</sup>	0,61	-	-	-	2
2011		0,77	-	-	-	2
2015		0,42	-	-	-	2

Tabela 3. Rezultati ispitivanja porekla urana u kamencu metodom frakcione ekstrakcije

Frakcija	Kamenac	uzorak 2008		uzorak 2011		uzorak 2015	
		U, ppm	% od U <sub>tot</sub>	U, ppm	% od U <sub>tot</sub>	U, ppm	% od U <sub>tot</sub>
	Uran	2,03	100	3,12	100	1,42	100
	Ukupno (U <sub>tot</sub> )	2,03	100	3,12	100	1,42	100
frakcija I	Vodo-rastvorljivi i izmerljivo adsorbovani	< 0,01	< 0,493	< 0,01	< 0,32	< 0,01	< 0,70
frakcija II	Specifično adsorbovani i vezan za karbonate	0,56	27,58	1,37	43,91	0,49	34,51
frakcija III	Vezan za okside mangana i gvožđa	1,23	60,59	1,66	53,20	0,93	65,49
frakcija IV	Vezan za organsku materiju	< 0,01	0,49	< 0,01	< 0,32	< 0,01	< 0,70
frakcija V	Strukturno vezan u silikatima	0,24	11,82	0,09	2,88	< 0,01	< 0,70
	$\Sigma$	2,05	100,98%	3,14	100,64%	1,45	102,1%
	Razlika u % između izmerene vrednosti i vrednosti dobijene metodom frakcione ekstrakcije		0,98%		0,64%		2,11%

Tabela 4. Kratkoročni zdravstveni rizik izražen kroz tolerantni nedeljni unos (TNU), procenjeni nedeljni unos (PNU) i koeficijent rizika (KR) za uran za pojedine godine

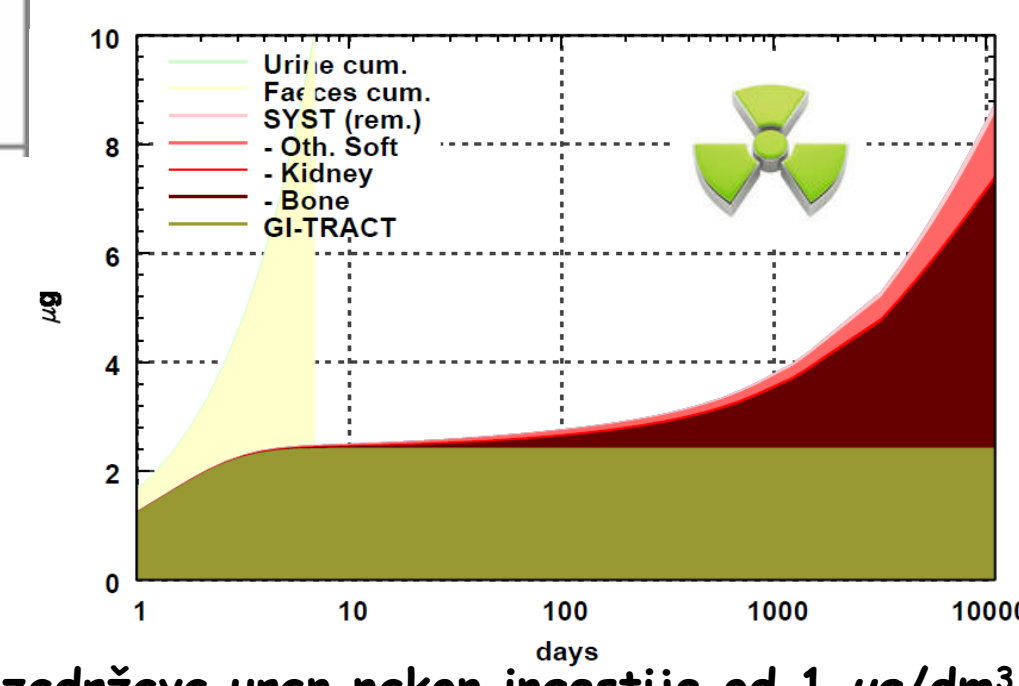
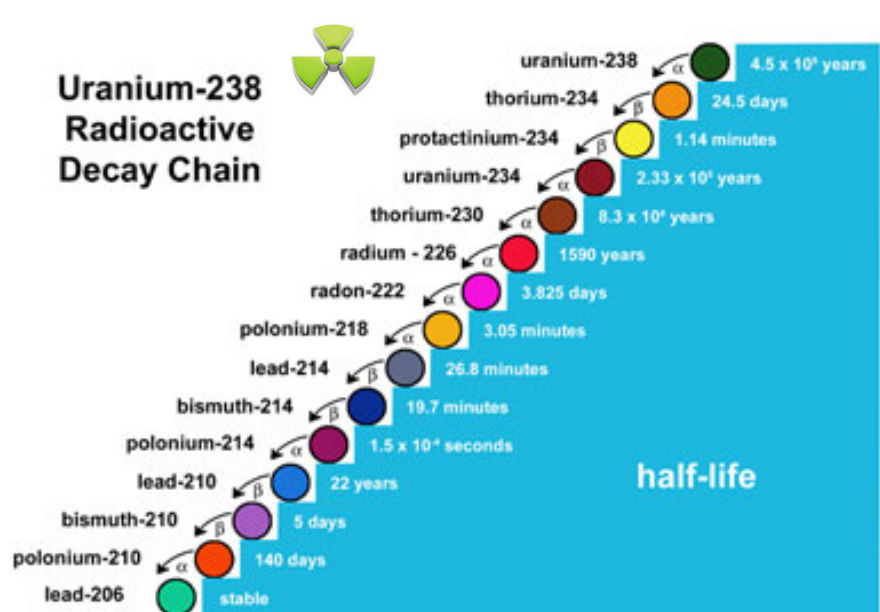
Element	TNU (µg/kg <sup>1</sup> )	Uzorak					
		2008		2011		2015	
		PNU	KR	PNU	KR	PNU	KR
U	4,2	0,0847	0,020	0,1068	0,025	0,0583	0,014



Slika 1. Promena sadržaja urana (u µg/dm<sup>3</sup>) u kamencu u periodu 2008-2015. godine iz vodovodnog sistema Novi Beograd

Tabela 5. Dugoročni zdravstveni rizik izražen kroz oralni unos (U<sub>oral</sub>) i koeficijent rizika unosa oralnim putem (K<sub>Roral</sub>) za uran za pojedine godine

Element	RfD <sub>oral</sub> (mg/dan/kg)	Uzorak					
		2008		2011		2015	
		U <sub>oral</sub>	KR <sub>oral</sub>	U <sub>oral</sub>	KR <sub>oral</sub>	U <sub>oral</sub>	KR <sub>oral</sub>
U	0,0006	0,012	0,020	0,015	0,025	8,33·10 <sup>-3</sup>	0,014



Slika 2. Organi u kome se zadržava uran nakon ingestije od 1 µg/dm<sup>3</sup>

## Zaključak

Uran je prisutan u površinskoj i podzemnoj vodi u rasponu koncentracija od 0,01 µg/dm<sup>3</sup> do 1500 µg/dm<sup>3</sup>. Zbog mobilnosti njegovih rastvorenih jedinjenja, može se u povišenoj koncentraciji naći i u čovekovom organizmu u kome mu je glavna meta napada bubreg. Iz tih razloga je vršeno praćenje koncentracije urana u vodi za piće koja se koristi u beogradskom vodovodu tokom perioda 2008-2015. godina. Za ispitivanje je korišćena indirektna metoda određivanja sadržaja teških metala i urana u vodi za piće. Rezultati ispitivanja su pokazali da:

- uran se nalazi uglavnom kao izotop <sup>238</sup>U;
- koncentracija urana u vodi za piće kreće se od 0,42 µg/dm<sup>3</sup> do 0,71 µg/dm<sup>3</sup>, što je ispod predložene dozvoljene koncentracije od 2 µg/dm<sup>3</sup>;
- je rastvoreni uran u vodi za piće antropogenog porekla;
- ne postoji kratkoročni rizik po zdravlje ljudi od prisutnog urana koji je prouzrokovan konzumiranjem vode za piće;
- kontinualna ingestija urana pri ovoj koncentraciji može prouzrokovati u dužem vremenskom intervalu uticaj na zdravlje ljudi. Proračunati, potencijalni kancerogeni, rizik po zdravlje ljudi ukazao je na realnu opasnost za prosečno 20 od 1000 stanovnika koji stalno konzumiraju ovu vodu za piće.

**References:** [1] URL: <http://www.bvk.rs>; [2] M.B.Rajković (2003): Neke neorganske supstance koje se mogu naći u vodi za piće i posledice po zdravlje ljudi. *Hemijska industrija*, 57(1): 24-34; [3] M.B.Rajković, C.Lacnjevac, N. Ralević, M.Stojanović, D.Tosković, G.Pantelić, N.Ristić, S.Jovanić (2008): Identification of Metals (Heavy and Radioactive) in Drinking Water by an Indirect Analysis Method Based on Scale Test. *Sensors*, 8: 2188-2207; [4] M.B.Rajković, M.D.Stojanović, G.K.Pantelić. Indirektna metoda određivanja elemenata (metala i nemetala) u vodi za piće ispitivanjem kamenca. Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd, 2009; [5] M.B.Rajković, M.Stojanović (2003): Determination of Heavy Metals in Drinking Water. *Международный форум "Аналитика и аналитики"*, Воронеж, 2-6 июня 2003 г., КАТАЛОГ рефератов и статей, том 1, 4-C16, 165; [6] M.Rajković, M.Stojanović, Č.Lacnjevac, D.Tošković, D.Stanojević (2008): Određivanje tragova radioaktivnih supstanci u vodi za piće. *Zaštita materijala*, 49(4): 44-54; [7] M.B.Rajković, M.Stojanović, G.Pantelić, M.Eremić-Savković (2017) Analiza sadržaja makro- i mikroelemenata u vodi za iz beogradskog vodovoda (pogon Bežanija) tokom perioda 2008-2015. godine. *Zaštita materijala*, 58(2): 171-187; [8] Validacija dokumentovane metode DM 10-0/34: Određivanje sadržaja urana fluorimetrijskom metodom, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina (ITNMS), Beograd, 2006. [9] A.Tessier, P.G.C.Campbell, M.Bisson (1995): Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. *Analytical Chemistry*, 51: 844-851; [10] M.B.Rajković, M.D.Stojanović, G.K.Pantelić, D.V.Tošković (2005): Determination of Inorganic Compounds in Drinking Water on the Basis of Household Water Scale. Part 2. Application of fractional extraction method for the determination of uranium origin, *Acta Periodica Technologica*, 36: 135-141;