

ALEKSANDRA A.
PERIĆ-GRUJIĆ
ALEKSANDAR R.
RADMANOVAC
ALEKSANDER M. STOJANOV
VIKTOR V. POCAJT
MIRJANA Dj. RISTIĆ

Tehnološko-metalurški fakultet,
Univerzitet u Beogradu, Beograd

NAUČNI RAD

UDK 663.64:546.86(497.11+4)

DOI: 10.2298/HEMIND100419037P

UTICAJ PET AMBALAŽE NA SADRŽAJ ANTIMONA U FLAŠIRANIM VODAMA ZA PIĆE

U ovom radu je ispitivan sadržaj antimona u uzorcima flaširanih mineralnih i izvornih voda sa domaćeg tržišta, kao i sa tržišta nekih zemalja Evropske Unije, primenom indukovano spregnute plazme sa masenom spektrometrijom. Ispitivanja su vršena sa ciljem da se utvrdi u kojoj meri PET ambalaža utiče na povećanje njegove koncentracije u flaširanim vodama, imajući u vidu da antimon, koji sama ambalaža sadrži, spada u grupu potencijalno toksičnih elemenata. Dobijeni rezultati pokazali su da uzorci voda flaširani u PET ambalaži uvek sadrže antimon u većoj koncentraciji u odnosu na odgovarajuće uzorke koji nisu bili flaširani u PET ambalaži. I pored činjenice da dolazi do otpuštanja antimona iz PET ambalaže, ni u jednom od ispitanih uzoraka voda sadržaj antimona nije prevazilazio maksimalno dozvoljene vrednosti regulisane propisima o kvalitetu vode za piće i kvalitetu flaširanih voda Republike Srbije i Evropske Unije.

Devedesetih godina XX veka u svetu je došlo do naglog porasta potrošnje flaširane vode za piće. Taj porast, prema nekim autorima, iznosio je, čak, preko 125% [1]. Materijal koji se koristi za flaširanje voda varira od zemlje do zemlje, ali je najširu primenu našao polietilen tereftalat (PET). Osim za flaširanje voda, PET ambalaža se koristi i za flaširanje drugih napitaka, kao i nekih prehrambenih proizvoda (ulje, sirće). Zbog svojih dobrih osobina, kao što su: odgovarajuća katalitička aktivnost, boja i cena, u preko 90% svetske proizvodnje PET ambalaže, primenjuje se Sb_2O_3 [2,3]. Ova supstanca koristi se, naime, kao katalizator za reakciju polikondenzacije u procesu proizvodnje polietilen tereftalata, tako da komercijalna PET ambalaža, tipično, sadrži 100–300 mg Sb/kg [3–5]. Imajući u vidu da antimon spada u grupu potencijalno toksičnih elemenata u tragovima, poslednjih godina se velika pažnja posvećuje ispitivanjima uticaja antimona u PET ambalaži na njegov sadržaj u samim flaširanim proizvodima [3,5–9]. Istraživanja su pokazala da se antimon u PET ambalaži ne nalazi u obliku Sb_2O_3 , iako je u tom obliku unet u procesu proizvodnje. Sb(III), inicijalno dodat kao Sb_2O_3 , delimično se oksiduje do Sb(V), jedan deo Sb nalazi se u obliku slobodnog Sb glikolata, a jedan deo Sb glikolata vezuje se za terminalne grupe PET polimera. Međutim, utvrđeno je da na sadržaj antimona u flaširanom proizvodu ne utiču oksidaciono stanje i koordinaciono okruženje antimona u PET-u, već sama razgradnja PET ambalaže [3].

Američka agencija za zaštitu životne sredine (*United States Environmental Protection Agency* – US EPA) i Savet evropske unije (*Council of the European Community*) svrstavaju antimon i njegova jedinjenja u grupu zagađujućih materija [9]. Kratkoročna izlaganja povećanim koncentracijama antimona kod ljudi izazivaju iritacije disajnih puteva, smetnje u digestivnom i urinarnom traktu, dok dugotrajna izlaganja imaju za posledicu po-

većanje sadržaja holesterola i snižavanje vrednosti glukoze u krvi [8]. Antimon u vodi prema US EPA agenciji nije svrstan u grupu humanih kancerogena [8], ali je njegov sadržaj u vodi za piće definisan regulativom. U tabeli 1 prikazane su maksimalne dozvoljene koncentracije antimona u vodi za piće, koje su propisane od strane organizacija/agencija određenih država i institucija.

Tabela 1. Maksimalne dozvoljene koncentracije antimona u vodi za piće [6,10–14]

Table 1. Maximum allowed concentrations of Sb in drinking water [6,10–14]

Organizacija/Država	MDK, µg/l (ppb)
Svetska zdravstvena organizacija (WHO)	20
US EPA	6
Evropska unija	5
Ministarstvo za zaštitu životne sredine Nemačke	5
Japan	2
Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, Srbija	3
Pravilnik o kvalitetu flaširanih voda, Srbija	5

U okviru ovog rada, primenom indukovano spregnute plazme sa masenom spektrometrijom (ICP-MS) određivan je sadržaj antimona u različitim uzorcima flaširanih voda za piće. Radi praćenja uticaja PET ambalaže na sadržaj antimona u vodi, merena je koncentracija Sb u vodama istog proizvođača koja je bila flaširana i u staklenoj i u PET ambalaži. Imajući u vidu da odnos koncentracija antimona i olova u prirodnim vodama varira od 1:15 do 1:10 [5], praćenjem ovog odnosa moguće je utvrditi, eventualno, povećanu koncentraciju antimona. Na taj način analiziran je sadržaj antimona u uzorcima koji nisu bili dostupni i u staklenoj ambalaži. Takođe je ispitan uticaj PET ambalaže na sadržaj antimona u česmenskoj, destilovanoj i, reversnom osmozom, tretiranoj vodi. Ispitivanja su vršena sa ciljem utvrđivanja u kojoj meri PET ambalaža utiče na sadržaj an-

Autor za prepisku: A. Perić-Grujić, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Karnegijska 4, 11120 Beograd, Srbija.

E-pošta: alexp@tmf.bg.ac.rs

Rad primljen: 19. april 2010.

Rad prihvaćen: 19. maj 2010.

timona u flaširanim vodama i da li, eventualno, koncentracija antimona prevazilazi maksimalno dozvoljene vrednosti, regulisane propisima o kvalitetu vode za piće.

EKSPERIMENTALNI DEO

Priprema uzoraka

Da bi se ispitao uticaj PET ambalaže na koncentraciju antimona u flaširanim vodama, izvršena je analiza uzoraka flaširanih mineralnih voda šesnaest različitih proizvođača (M1–M16), kao i uzoraka flaširanih izvorskih voda sedam različitih proizvođača (I1–I7). Uzorci su uzimani u letnjem periodu 2009. godine iz lokalnih prodavnica. Devet uzoraka mineralnih voda bilo je sa domaćeg tržišta, a sedam iz zemalja EU (Slovenija, Italija, Mađarska, Francuska, Grčka). Svi navedeni uzorci bili su u PET ambalaži, zapremine 0,5 L. Tri uzorka mineralnih (M1–M3) i dva uzorka izvorskih voda (I1–I2) sa domaćeg tržišta bili su dostupni i u staklenoj ambalaži, dok su tri uzorka mineralnih voda (M4–M6) uzeta direktno sa odgovarajućih izvora, pre flaširanja i dopremljeni su u laboratoriju u staklenoj ambalaži. Uticaj PET ambalaže ispitan je i na sadržaj antimona u uzorcima vode iz česme iz domaćinstva, vode iz česme iz domaćinstva tretirane reverznom osmozom i destilovane vode. Ovi uzorci analizirani su odmah nakon uzorkovanja i pripreme, zatim nakon čuvanja u PET ambalaži, u trajanju od 65 dana, na sobnoj temperaturi i nakon čuvanja u PET ambalaži, u trajanju od 65 dana, na otvorenom, u letnjem periodu (izloženi povišenoj temperaturi i pod dejstvom sunčevog zračenja).

Nakon dopremanja u laboratoriju, uzorci su odmah bili zakišljeni azotnom kiselinom (1:1 v/v) do vrednosti $\text{pH} < 2$. Uzorci su zatim proceđeni kroz membranski filter (0,45 μm). Svi rastvori pripremani su sa dejonizovanom vodom (18 $\text{M}\Omega\text{ cm}^{-1}$). Staklena i polietilenska ambalaža korišćena za prikupljanje uzoraka, prethodno je oprana potapanjem u rastvor 20% HNO_3 , u trajanju od najmanje 4 časa, a zatim isprana dejonizovanom vodom.

Standardni rastvori i instrumentacija

Zapremina od 10,00 mL svakog zakišljenog i profiltriranog uzorka analizirana je primenom ICP-MS metode, na instrumentu tipa Agilent 7500CE, opremljenom Octopole reakcionim sistemom (ORS). Analize su vršene prema standardnoj metodi za ispitivanje vode za piće, EPA 200.8 [15]. Koncentracije antimona i olova određivane su u svim uzorcima. Kalibracija je izvršena uz pomoć eksternog standarda. Sadržaj elemenata je kalibrisan prema nivoima koji odgovaraju njihovom sadržaju u ispitivanim uzorcima, određenom semikvantitativnom analizom (Sb do 2 $\mu\text{g/L}$; Pb do 1 $\mu\text{g/L}$). Za optimizaciju instrumenta korišćen je odgovarajući rastvor koji sadrži 1 $\mu\text{g L}^{-1}$ Li, Mg, Co, Y, Ce i Tl (Agilent). Analitička tačnost i preciznost merenja određene su analizom referentnog materijala NRC SLRS4 (National Research Council Canada, Canada) Potvrđena je dobra saglasnost između analiziranih i sertifikovanih koncentracija ispitivanih elemenata. Postignuta preciznost je bila u okviru 3% (1σ).

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 2 prikazani su rezultati merenja koncentracije antimona u mineralnim vodama šest različitih proizvođača (M1–M6) i izvorskim vodama dva proizvođača (I1 i I2).

Analiza tri uzorka mineralnih (M1–M3) i dva uzorka izvorskih voda (I1–I2), sa domaćeg tržišta, koji su bili dostupni i u PET i u staklenoj ambalaži, pokazuje da je koncentracija antimona uvek veća u vodi koja je bila flaširana u PET ambalaži, nego u vodi flaširanoj u staklenoj ambalaži. Sadržaj antimona u uzorcima mineralnih voda (M4–M6), koji su bili dostupni samo u PET ambalaži upoređen je sa sadržajem antimona u odgovarajućim uzorcima uzetim sa izvora. Rezultati i u ovom slučaju pokazuju da je koncentracija antimona uvek veća u vodi koja je bila flaširana u PET ambalaži, nego u vodi sa izvora pre flaširanja u fabrici.

Tabela 2. Koncentracije Sb u mineralnim i izvorskim vodama flaširanim u staklenoj i PET ambalaži
Table 2. Sb concentration in glass and PET bottled mineral and spring water

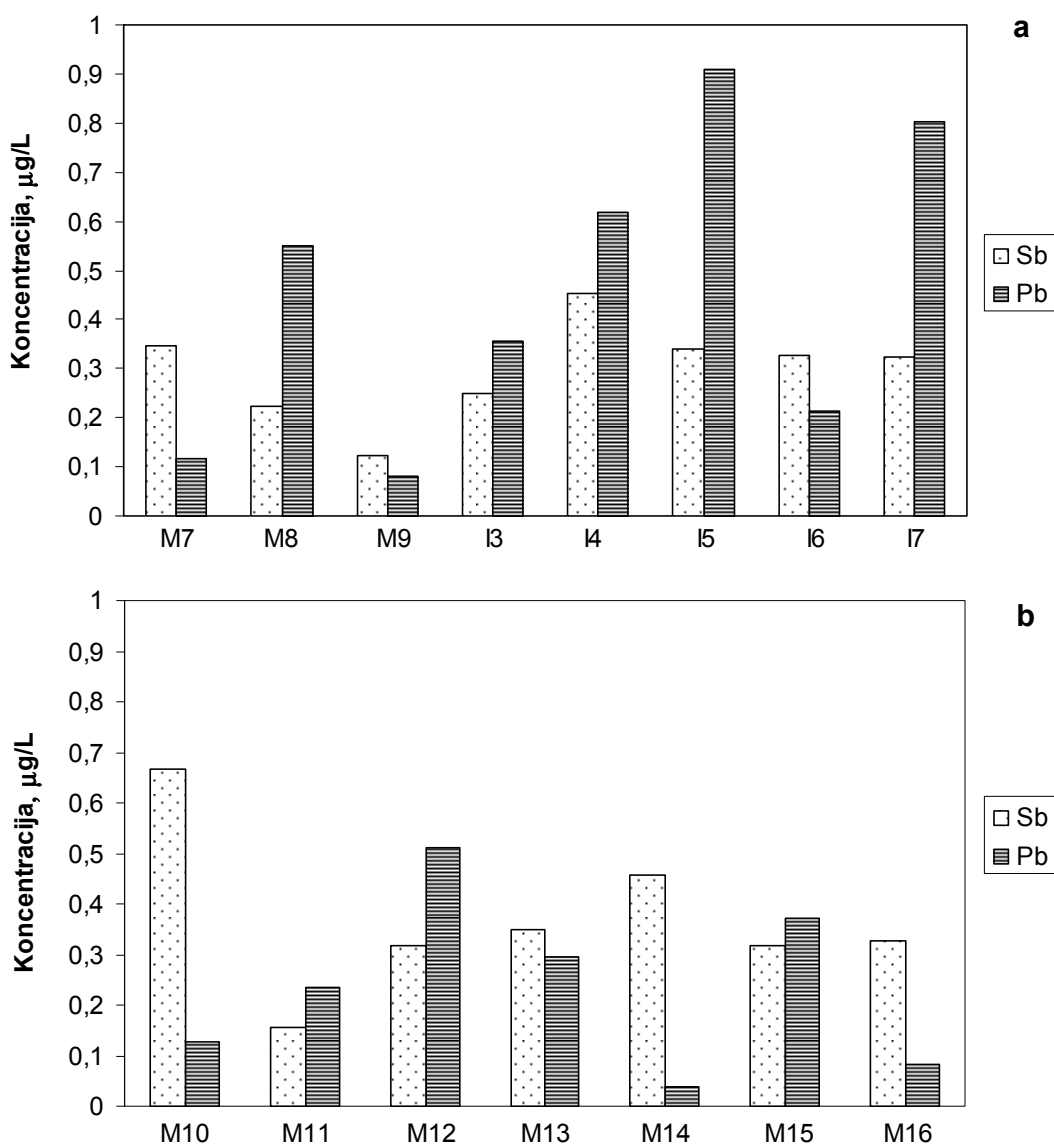
Uzorak	Koncentracija antimona, $\mu\text{g/L}$	
	Staklena ambalaža	PET ambalaža
Mineralne vode		
M1	<0,032	0,364
M2	<0,032	0,365
M3	<0,032	0,346
M4	<0,032	0,283
M5	<0,032	0,201
M6	1,752	1,811
Izvorske vode		
I1	<0,032	0,251
I2	0,660	0,861

Vrednosti dobijene kao rezultat ispitivanja svih uzoraka voda bile su ispod vrednosti maksimalne dozvoljene koncentracije (MDK) propisane nacionalnom regulativom [10]. U najvećem broju uzoraka, sadržaj antimona u vodama flaširanim u staklenoj ambalaži bio je ispod granice detekcije ICP-MS metode ($0,032 \mu\text{g/L}$), dok je u odgovarajućim uzorcima flaširanim u PET ambalaži taj sadržaj višestruko povećan. Jedan uzorak mineralne vode (M6) i jedan uzorak izvorske vode (I2) karakterišu više koncentracije animona u odnosu na ostale uzorke, flaširane u staklenoj ambalaži, ali su ove koncentracije još uvek niže od odgovarajućih vrednosti za uzorke flaširane u PET ambalaži. Dobijeni rezultati, međutim, pokazuju da procenat povećanja koncentracije antimona nije konstantan i da opada sa porastom koncentracije antimona u vodi. Ranija ispitivanja flaširanih voda za piće iz Kanade [7] dovela su do istih podataka,

što upućuje na zaključak da sastav vode, odnosno flaširanog uzorka, utiče na stepen otpuštanja antimona iz PET ambalaže.

Na slici 1 prikazani su rezultati merenja sadržaja antimona i olova u uzorcima mineralnih (M7–M9) i izvorskih (I3–I7) voda sa domaćeg tržišta (slika 1a) i mineralnih voda (M10–M16) koje su proizvedene u zemljama EU (slika 1b). Vode ispitivane u ovom delu rada nisu bile dostupne u staklenoj ambalaži.

Dobijeni rezultati, prikazani na slici 1 pokazuju da odnos koncentracija antimona i olova u ispitivanim flaširanim vodama prevazilazi odnos koji odgovara sadržaju ovih elemenata u prirodnim vodama [5,16], kako u uzorcima sa domaćeg tržišta (slika 1a), tako i u uzorcima sa tržišta zemalja EU (slika 1b), flaširanim u PET ambalaži. Naime, u ispitanim uzorcima voda, odnos koncentracija antimona i olova varira od 1:2,68 do 1:0,33, u



Slika 1. Koncentracije Sb i Pb u flaširanim vodama za piće sa domaćeg tržišta (a) i iz zemalja Evropske unije (b).
Figure 1. Sb and Pb concentrations in bottled drinking waters from Serbian (a) and EU countries (b) markets.

vodama sa domaćeg tržišta, odnosno od 1:1,60 do 1:0,09, u vodama iz zemalja EU, što pokazuje da sadržaj antimona daleko prevazilazi vrednosti karakteristične za prirodne vode. Vrednosti više od očekivanih, na osnovu podataka za prirodne vode, mogu se smatrati posledicom otpuštanja antimona iz PET ambalaže. Ovakvi rezultati u potpunosti su u saglasnosti sa prethodnim ispitivanjima uticaja PET ambalaže na sadržaj antimona u flaširanim vodama za piće [5–9]. Prikazani odnosi koncentracija antimona i olova, takođe, upućuju na činjenicu da se ispitivanja sastava prirodnih voda ne mogu vršiti na osnovu analiza flaširanih uzoraka prirodnih voda.

U tabeli 3 su prikazane srednje vrednosti ($n = 10$) koncentracije antimona, dobijene kao rezultat ispitivanja uticaja PET ambalaže i sunčevog zračenja na sadržaj antimona u vodi iz česme, vodi iz česme nakon tretiranja reversnom osmozom i destilovanoj vodi.

Tabela 3. Koncentracije Sb u uzorcima vode iz česme i destilovane vode

Table 3. Sb concentration in tap and distilled water

Uzorak	Koncentracija antimona, $\mu\text{g/L}$
Č	0,170
Č-PET	0,174
Č-PET-UV, t	0,218
Č(RO)	<0,032
Č(RO)-PET	0,058
Č(RO)-PET-UV, t	0,105
D	<0,032
D-PET	<0,032
D-PET-UV, t	0,083

Č – uzorak vode iz česme; D – uzorak destilovane vode; PET – uzorak čuvan u PET ambalaži; RO – uzorak tretiran reversnom osmozom; UV, t – uzorak izložen sunčevom zračenju i povišenoj temperaturi

Na osnovu dobijenih rezultata može se uočiti da flaširanje u PET ambalaži ima uticaj na sadržaj antimona u česmenskoj i u reversnom osmozom tretiranoj česmenskoj vodi, pri čemu je uticaj značajniji u slučaju uzorka tretiranog reversnom osmozom. U slučaju destilovane vode, koncentracija antimona bila je ispod granice detekcije i pre i posle čuvanja u PET ambalaži. Imajući u vidu da su tri ispitana uzorka bila izložena uticaju PET ambalaže tokom istog vremenskog perioda, može se zaključiti da sastav same vode, odnosno jonska jačina, utiče na stepen otpuštanja antimona. Nakon izlaganja sunčevom zračenju, u sva tri uzorka došlo je do povećanja koncentracije antimona, što je u saglasnosti sa ranijim istraživanjima koja su pokazala da, usled izlaganja sunčevom zračenju, dolazi do značajnijeg otpuštanja antimona iz PET ambalaže [8]. Detaljnija analiza uticaja sunčevog zračenja pokazala je da na stepen otpuštanja antimona prevashodno utiče povišena temperatura, dok je uticaj samog sunčevog, odnosno UV zračenja, zanemarljiv [8].

Prethodna ispitivanja uticaja temperature na otpuštanje antimona iz PET ambalaže pokazala su da je brzina otpuštanja mala, na temperaturama ispod 58 °C [8]. Međutim, sa porastom temperature brzina otpuštanja antimona naglo raste, tako da je za kraće vreme moguće prevazići maksimalnu dozvoljenu koncentraciju. Utvrđeno je da izraz za izračunavanje vremena potrebnog da se dostigne maksimalna dozvoljena koncentracija, MDK, ima oblik [8]:

$$\text{Vreme (h)} = (\text{MDK} / [\text{Sb}_0])^{1/k}$$

gde je $[\text{Sb}_0]$ – početna koncentracija antimona u $\mu\text{g/L}$, t – temperatura izražena u °C i $k = 8,7 \times 10^{-6} t^{2,55}$.

Imajući u vidu da MDK za antimon, prema propisima Republike Srbije za flaširane vode iznosi 5 $\mu\text{g/L}$ [10], predloženi model primenjen je za izračunavanje vremena potrebnog za dostizanje MDK, na temperaturama 60, 70 i 80 °C, za uzorke flaširanih voda sa domaćeg tržišta. Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 4.

Tabela 4. Vreme u danima potrebno za dostizanje maksimalne dozvoljene koncentracije, MDK antimona na povišenim temperaturama, u flaširanim vodama sa domaćeg tržišta
Table 4. Exposure time (days) required for bottled water to reach maximum concentration level, MCL at elevated temperatures

Uzorak	$[\text{Sb}_0]$, $\mu\text{g/L}$	t / °C		
		60	70	80
M1	0,364	276,5	15,8	2,9
M2	0,365	274,0	15,7	2,8
M3	0,346	327,9	17,8	3,1
M4	0,283	644,1	28,0	4,3
M5	0,201	2.032,5	60,8	7,4
M6	1,811	1,3	0,4	0,2
M7	0,347	324,7	17,6	3,1
M8	0,223	1.433,9	48,1	6,3
M9	0,123	10.579,2	185,3	16,4
I1	0,251	963,8	36,8	5,2
I2	0,861	15,3	2,2	0,7
I3	0,249	990,0	37,4	5,3
I4	0,453	132,6	9,6	2,0
I5	0,339	351,2	18,6	3,2

Koncentracije antimona u analiziranim vodama sa domaćeg tržišta, flaširanim u PET ambalaži, variraju u opsegu 0,123–1,811 $\mu\text{g/L}$, tako da su sve dobijene vrednosti bile ispod MDK. Na vreme koje je potrebno da protekne da bi se dostigla MDK, presudan uticaj ima temperatura. Iz table 4 može se uočiti da se vreme potrebno za dostizanje MDK značajno skraćuje sa povećanjem temperature od 60 do 80 °C. Tako, na temperaturi od 80 °C, MDK za uzorke ispitivane u ovom radu, dostigla bi se za vremenski period od 48 sati (za uzorak sa najvišom koncentracijom Sb) do 16,4 dana (za uzorak

sa najnižom koncentracijom Sb). Imajući u vidu dobijene podatke, može se konstatovati da i kratkotrajna izlaganja flaširane vode visokim temperaturama (npr. tokom prevoza, putovanja i sl.), dovode do značajnog porasta koncentracije antimona u vodi.

ZAKLJUČAK

U ovom radu ispitivan je uticaj PET ambalaže na sadržaj antimona u flaširanim vodama za piće. Ni u jednom od ispitanih uzoraka nije izmerena koncentracija antimona koja prevazilazi MDK propisane nacionalnim, odnosno međunarodnim propisima. Na osnovu dobijenih rezultata izvedeni su sledeći zaključci:

1. kao posledica otpuštanja antimona iz PET ambalaže u vodu u uzorcima flaširanim u PET ambalaži, sadržaj antimona uvek je veći, u odnosu na odgovarajuće uzorke koji nisu bili u PET ambalaži;

2. na koncentraciju antimona koji iz PET ambalaže prelazi u vodu utiče sastav vode (jonska jačina);

3. sastav prirodnih voda ne treba određivati iz uzoraka koji su bili flaširani u PET ambalaži;

4. povišena temperatura u opsegu 60–80 °C značajno utiče na opuštanje antimona iz PET ambalaže i skraćuje vremena potrebnog za dostizanje maksimalno dozvoljene koncentracije, MDK;

5. imajući u vidu da su dosadašnja ispitivanja pokazala da sastav vode utiče na stepen otpuštanja antimona iz PET ambalaže, u daljim istraživanjima neophodno je sistematski izučavati uticaj sadržaja PET ambalaže na stepen otpuštanja antimona, s obzirom da se PET ambalaža koristi i za pakovanje različitih napitaka, hrane, kao i farmaceutskih proizvoda.

Zahvalnica

Istraživanja su realizovana u okviru naučnog projekta Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, broj 142002.

LITERATURA

[1] B.L. Gerald, J.A. Marine, J.F. Pope, M.W. Murini, Bottled water practices of Louisiana Healthcare Facilities, *J. Am. Diet. Assoc.* **107** (2007) A68.

- [2] U.K. Thiele, Trends in polyester additives, *Chem. Fibers Int.* **57** (2007) 223.
- [3] Y. Takahashi, K. Sakuma, T. Itai, G. Zheng, S. Mitsunobu, Speciation of antimony in PET bottles produced in Japan and China by X-ray absorption fine structure spectroscopy, *Environ. Sci. Technol.* **42** (2008) 9045–9050.
- [4] B. Duh, Effect of antimony catalyst on solid-state polycondensation of poly(ethylene terephthalate), *Polymer* **43** (2002) 3147–3154.
- [5] W. Shoty, M. Krachler, B. Chen, Contamination of Canadian and European bottled waters with antimony from PET containers, *J. Environ. Monit.* **8** (2006) 288–292.
- [6] H.R. Hansen, S.A. Pergantis, Detection of antimony species in citrus juices and drinking water stored in PET containers, *J. Anal. At. Spectrom.* **21** (2006) 731–733.
- [7] W. Shoty, M. Krachler, Contamination of bottled waters with antimony leaching from polyethylene terephthalate (PET) increases upon storage, *Environ. Sci. Technol.* **41** (2007) 1560–1563.
- [8] P. Westerhoff, P. Prapaipong, E. Shock, A. Hillaireau, Antimony leaching from polyethylene terephthalate (PET) plastic used for bottled drinking water, *Water Res.* **42** (2008) 551–556.
- [9] S. Keresztes, E. Tatar, V. Mihucz, I. Virag, C. Majdik, G. Zaray, Leaching of antimony from polyethylene terephthalate (PET) bottles into mineral water, *Sci. Total Env.* **407** (2009) 4731–4735.
- [10] Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za prirodnu mineralnu vodu, prirodnu izvorsku vodu i stonu vodu, *Sl. list SCG*, 53/2005.
- [11] Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, *Službeni Glasnik SRJ* 42/98 i 44/99.
- [12] European Communities (Natural Mineral Waters, Spring Waters and Other Waters in Bottles or Containers) Regulations 2007, *S.I. No.* 225.
- [13] European Communities (Drinking Water) (No. 2) Regulations 2007, *S.I. No.* 278.
- [14] Guidelines for drinking water quality, Third Edition incorporating the first and second addenda. Volume 1, Recommendations. Geneva, Switzerland: WHO, 2008, pp. 491, 492.
- [15] United States Environmental Protection Agency, Method 2008, 1994.
- [16] H.J.M. Bowen, *Environmental Chemistry of Elements*, Academic Press, New York, 1979.

SUMMARY**THE INFLUENCE OF PET CONTAINERS ON ANTIMONY CONCENTRATION IN BOTTLED DRINKING WATER**

Aleksandra A. Perić-Grujić, Aleksandar R. Radmanovac, Aleksander M. Stojanov, Viktor V. Pocajt, Mirjana Dj. Ristić
Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

(Scientific paper)

Antimony trioxide (Sb_2O_3) is the most frequently used catalyst in the polyethylene terephthalate (PET) manufacture. As a result, antimony is incorporated into PET bottles at concentration level of 100–300 mg/kg. PET containers are used for drinking water and beverages, as well as food packaging and in the pharmaceutical industry. Thus, it is important to understand the factors that may influence the release of antimony from the catalysts into water and other products, since antimony is potentially toxic trace element. In this paper, the antimony content in nine brands of bottled mineral and spring water from Serbia, and seven brands of bottled mineral and spring water from EU countries was analyzed. The measurements were conducted using the inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) technique. In the all examined samples the antimony concentration was below the maximum contaminant level of 5 $\mu\text{g/L}$ prescribed by the Serbian and EU regulations. Comparison of the content of antimony in PET bottled waters with the content of antimony in water bottled commercially in glass and the natural content of antimony in pristine groundwaters, provides explicit evidence of antimony leaching from PET containers. Since waters bottled in PET have much greater concentration ratio of Sb to Pb than corresponding pristine groundwaters, it can be assumed that bottled waters cannot be used as the relevant source for the study of the natural antimony content in groundwaters. There is a clear relation between the quality of water in bottles (composition, ion strength) and antimony leaching rate. Moreover, while the rate of antimony leaching is slow at temperatures below 60 °C, at the temperature range of 60–80 °C antimony release occurs and rapidly reaches maximum contaminant level. As antimony can cause both acute and chronic health problems, factors that promote the increase of antimony concentration should be avoided.

Ključne reči: Antimon • Flaširana voda • PET

Key words: Antimony • Bottled water • PET