

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



**ЗБОРНИК
РАДОВА**

**XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
Сребрно језеро
27- 29. септембар 2017. године**

**Београд
2017. године**

**SOCIETY FOR RADIATION PROTECTION OF
SERBIA AND MONTENEGRO**



PROCEEDINGS

**XXIX SYMPOSIUM DZZSCG
Srebrno jezero
27- 29. September 2017**

**Belgrade
2017**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
27-29.09.2017.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Др Борислав Грубор

Уредници:

Др Јелена Станковић Петровић
Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-144-3

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Јелена Станковић Петровић, Гордана Пантелић

Штампа:

Институт за нуклеарне науке ”Винча”, Мике Петровића Аласа 12-14, 11351
Винча, Београд, Србија

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2017.

RADIONUKLIDI U LANCU ISHRANE NA PODRUČJU OPŠTINE GROCKA

Branislava M. MITROVIĆ¹, Velibor ANDRIĆ¹, Borjana VRANJEŠ¹, Jelena AJTIĆ¹, Svetlana GRDOVIĆ¹ i Mihajlo VIĆENTIJEVIĆ²

1) *Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine, Beograd, Srbija,*
radijacija@vet.bg.ac.rs, jelena.ajtic@vet.bg.ac.rs, ceca@vet.bg.ac.rs

2) *Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Beograd, Srbija,* vicamihajlo@yahoo.com

SADRŽAJ

U cilju procene uticaja deponije komunalnog otpada na životnu sredinu i lanac ishrane, gamaspektrometrijskom analizom ispitani su uzorci zemljišta, vode, kao i proizvodi biljnog i životinjskog porekla. Uzorci su prikupljeni tokom 2016. godine na području prigradske Opštine Grocka, u naselju Vinča. Rezultati pokazuju da je sadržaj prirodnih radionuklida na nivou karakterističnom za ispitivane vrste uzoraka. Proizvedeni radionuklid ¹³⁷Cs detektovan je u zemljištu (7,1–41,1) Bq/kg, ali nije uključen u lanac ishrane. Svi uzorci hrane biljnog i životinjskog porekla su radijaciono higijenski bezbedni za ljudsku ishranu.

1. UVOD

Deponija komunalnog i industrijskog otpada u Vinči postoji od 1977. godine [1]. Visina Deponije „Vinča“ je oko 40 metara, i sastoji se od više slojeva koji se formiraju tako što se na svakih pet metara otpada postavlja sloj od minimum 30 cm sabijene zemlje. Na Deponiji „Vinča“ vrši se i uništavanje industrijskog neopasnog otpada. Spiranje teških metala, radionuklida i drugih polutanata, kao i iscedne vode sa deponije možedovesti do kontaminacije podzemnih voda na području deponije [2]. Štetne efekte po zdravlje ljudi i životnu sredinu imaju i gasovi i prašina stvoreni na deponiji [3]. Deponije mogu biti potencijalni izvori kontaminacije životne sredine ukoliko se na njima nađe izgubljeni ili namerno bačen neevidentirani radioaktivni izvor. Prema „Pravilniku o granicama radioaktivne kontaminacije lica, radne i životne sredine i načinu sporovođenja dekontaminacije“ [4] materijal se može odlagati u životnu sredinu ukoliko je sadržaj prirodnih radionuklida manji od 1 Bq/g, a za ⁴⁰K manji od 10 Bq/g. U istom Pravilniku dati su i nivoi za oslobađanje od regulatorne kontrole materijala koji sadrži radionuklide veštačkog porekla (za ¹³⁷Cs i ^{85,90}Sr iznosi 1 Bq/g). Dugogodišnje odlaganje ovakvog materijala može dovesti do povišenja nivoa radioaktivnosti i uključivanja radionuklida u lanac ishrane putem podzemnih voda ili prašine sa deponije. U blizini Deponije „Vinča“ nalazi se i Institut za nuklearne nauke „Vinča“ u kome se skladišti radioaktivni otpad, koji takođe može dovesti do radioaktivne kontaminacije životne sredine.

Cilj ovog istraživanja je bio da se odredi sadržaj prirodnih radionuklida ⁴⁰K, ²³⁸U, ²³⁵U, ²²⁶Ra, ²¹⁴Bi i ²³²Th i proizvedenog ¹³⁷Cs u uzorcima zemljišta, proizvodima biljnog i životinjskog porekla, bunarske vode i vode iz reke Dunav, radi procene uticaja potencijalnih zagađivača na životnu sredinu i lanac ishrane.

2. MATERIJAL I METODE

Na području Opštine Grocka, naselje Vinča, tokom proleća i leta 2016. godine na individualnim gazdinstvima prikupljeni su uzorci zemljišta, biljnih i životinjskih

производа. Ukupno je prikupljeno 45 uzoraka proizvoda biljnog i životinjskog porekla, od svake vrste po tri uzorka.

Zemljište je uzorkovano specijalnom sondom na dubinama od 0–20 cm i 20–40 cm. Po dopremanju u laboratoriju uzorci su sušeni na temperaturi od 105 °C do konstantne mase, usitnjeni, a zatim zapakovani u standardne Marineli posude zapremine 1 l.

Od proizvoda biljnog porekla prikupljene su jabuke, kajsije, breskve, kruške, crni luk, šargarepa, krompir, kupus i kukuruz. Po dopremanju u laboratoriju, uzorci su usitnjeni i upakovani u standardne Marineli posude zapremine 1 l. Na isti način su uzorkovani i pripremljeni uzorci životinjskih proizvoda: jaja, kozije mleko, koziji sir, svinjsko i pileće meso i svinjska džigerica.

Uzorci vode su uzimani u količini od 10 l. Voda iz bunara je uzorkovana na dva lokaliteta: jedan uzorak na individualnom gazdinstvu, a drugi iz bunara koji se nalazi u okviru Instituta za nuklearne nauke „Vinča“. Voda iz reke Dunav uzorkovana je u blizini same deponije "Vinča". U uzorke vode dodata je azotna kiselina, a zatim su uzorci upareni do zapremine od 1 l i upakovani u standardne Marineli posude.

Posle pakovanja u Marineli posude, svi uzorci su hermetički zatvoreni da bi se postigla radioaktivna ravnoteža i čuvani najmanje 28 dana pre merenja.

Za merenje uzoraka korišćeni su HPGe detektori (Ortec, USA), relativne efikasnosti 30% i 35% sa energijskom rezolucijom od 1,83 keV/1332,5 keV ^{60}Co . Fon i uzorci vode mereni su 210000 s, dok su ostali uzorci mereni 60000 s. Za energetska kalibraciju i kalibraciju efikasnosti upotrebljeni su komercijalni standardi firme „Amersham“, a za analizu spektara korišćen je softverski paket Gamma Vision[®] 32. Merenja su vršena u Laboratoriji za radijacionu higijenu Fakulteta veterinarske medicine u Beogradu koja je akreditovana laboratorija i svake godine sa odličnim rezultatima učestvuje u interkomparacijama organizovanim od strane Međunarodne agencija za atomsku energiju.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati gamaspektrometrijske analize zemljišta na području naselja Vinča, Opština Grocka, prikazani su u tabeli 1. U svim ispitivanim uzorcima zemljišta sadržaj ^{40}K bio je najveći i kretao se u rasponu (534–632) Bq/kg. Srednje vrednosti aktivnosti prirodnih radionuklida u zemljištu bile su 589 Bq/kg za ^{40}K , 44 Bq/kg za ^{238}U , 2 Bq/kg za ^{235}U , 44 Bq/kg za ^{226}Ra , 42 Bq/kg za ^{214}Bi i 50 Bq/kg za ^{232}Th . Nisu uočene značajne razlike u sadržaju prirodnih radionuklida u zavisnosti od dubine ispitivanog zemljišta. Prikazani rezultati su u skladu sa podacima dobijenim u prethodnim istraživanjima na području grada Beograda [5-7], kao i drugih teritorija u Republici Srbiji [8-10]. Prema izveštaju UNSCER-a za 2000. godinu [11], prosečan sadržaj radionuklida u zemljištu na planeti je 400 Bq/kg za ^{40}K , 35 Bq/kg za ^{238}U i 30 Bq/kg za ^{232}Th , što ukazuje da su srednje vrednosti na ispitivanom području iznad globalnog proseka.

U proizvodima biljnog i životinjskog porekla ^{40}K je dominantni radionuklid (tabela 2). U uzorcima voća sadržaj ^{40}K je bio najmanji u jabukama i kruškama (36 Bq/kg), najviši u kajsijama (78 Bq/kg), u proseku 55 Bq/kg. U povrću je najmanji sadržaj ^{40}K izmeren u šargarepi (54 Bq/kg), najviši u krompiru (121 Bq/kg), u proseku 79 Bq/kg. U uzorcima biljnog porekla sadržaj ostalih prirodnih radionuklida bio je ispod praga detekcije, osim u breskvama gde su detektovani ^{238}U (1,9 Bq/kg), ^{226}Ra (1,6 Bq/kg) i ^{214}Bi (2,1 Bq/kg).

Slični rezultati dobijeni su i za proizvode životinjskog porekla, gde je u svim uzorcima detektovan ^{40}K . Najmanji sadržaj ^{40}K detektovan je u kozijem siru (46 Bq/kg), najviši u svinjskom mesu (130 Bq/kg), prosečno 77 Bq/kg. Za razliku od ^{40}K sadržaj prirodnih

Радиоeкологија и излагање становништва

radionuklida ^{238}U , ^{235}U , ^{226}Ra , ^{214}Bi i ^{232}Th bio je ispod praga detekcije, osim u uzorku svinjske džigerice gde je detektovan ^{238}U (7,2 Bq/kg).

Tabela 1. Sadržaj prirodnih i proizvedenog radionuklida u zemljištu na različitim dubinama (Bq/kg)

Zemljište/ dubina	^{40}K	^{238}U	^{235}U	^{226}Ra	^{214}Bi	^{232}Th	^{137}Cs
Vinograd (0–20) cm	547±27	38±4	1,9±0,1	43±4	40±4	44±4	14±1
(20–40) cm	534±26	47±5	2,1±0,2	47±5	39±4	47±5	12±1
Oranica (0–20) cm	632±50	43±5	1,9±0,6	43±4	41±4	49±4	19±1
(20–40) cm	626±45	50±5	2,1±0,4	46±4	48±4	49±4	17±1
Orah (0–20) cm	596±46	42±5	1,8±0,5	42±4	41±4	53±5	41±3
(20–40) cm	601±51	47±5	2,2±0,4	43±3	41±4	56±5	7±1

Tabela 2. Srednje vrednosti sadržaja prirodnih i proizvedenog radionuklida u proizvodima biljnog i životinjskog porekla (Bq/kg)*

Vrsta proizvoda	^{40}K	^{238}U	^{235}U	^{226}Ra	^{214}Bi	^{232}Th	^{137}Cs
Proizvodi biljnog porekla							
Voće							
Jabuke	36±2	< 1,7	< 0,5	< 1,7	< 0,4	< 0,3	< 0,1
Kruške	36±4	< 1,1	< 0,4	< 1,3	< 0,1	< 0,2	< 0,1
Breskve	68±5	1,9±0,2	< 0,4	1,6±0,4	2,1±0,3	< 0,2	< 0,1
Kajsije	78±5	< 1,7	< 0,7	< 2,8	< 0,4	< 0,5	< 0,1
Povrće							
Crni luk	56±4	< 0,9	< 0,3	< 1,1	< 0,1	< 0,3	< 0,1
Šargarepa	54±3	< 1,3	< 0,2	< 1,3	< 0,2	< 0,2	< 0,1
Krompir	121±3	< 1,3	< 0,3	< 1,3	< 0,2	< 0,2	< 0,1
Kupus	72±5	< 2,8	< 0,9	< 3,2	< 0,4	< 0,7	< 0,2
Kukuruz	94±4	< 1,1	< 0,3	< 1,1	< 0,1	< 0,3	< 0,1
Proizvodi životinjskog porekla							
Kokošija jaja	51±3,6	< 1,6	< 0,5	< 1,7	< 0,2	< 0,4	< 0,1
Kozije mleko	69±4	< 1,1	< 0,3	< 1,1	< 0,1	< 0,2	< 0,1
Koziji sir	46±3	< 0,9	< 0,3	< 1,1	< 0,1	< 0,3	< 0,1
Svinjsko meso	130±5	< 1,4	< 0,4	< 1,6	< 0,2	< 0,3	< 0,1
Svijska džigerica	84±4	7,2±2,1	< 0,9	< 3,8	< 1,4	< 0,5	< 0,2
Pileće meso	83±3	< 1,1	< 0,3	< 0,9	< 0,1	< 0,3	< 0,1

*srednja vrednost±standardna devijacija

Ingestija predstavlja najvažniji put kontaminacije ljudi i životinja. Radionuklidi se u najvećoj meri uključuju u lanac ishrane preko biljaka, tako da uzgajanje biljaka na

zemljištu gde je povišen sadržaj prirodnih radionuklida može dovesti do njihovog uključivanja u lanac ishrane. U ishrani životinja se, radi zadovoljenja fizioloških potreba za Ca i P, svakodnevno dodaju mineralni dodaci kao što su mono i dikalcijum-fosfat, koji mogu imati visok sadržaj prirodnih radionuklida, pre svega ^{238}U [12, 13]. Uranijum ne predstavlja esencijalni element za žive organizme i njegova resorpcija iz digestivnog trakta je mala, kod ljudi $< 0,1-6\%$, a kod životinja u proseku oko 1% , u zavisnosti od rastvorljivosti uranijumovih jedinjenja [14]. Istraživanja su pokazala da se kod ljudi uranijum akumulira u kostima (66%), bubrezima (8%) i jetri (16%) [15], a slični rezultati su dobijeni i ispitivanjem na brojerskim pilićima [13]. Koeficijent prelaza za ^{238}U iz hrane u svinjsko meso je $0,044 \text{ Bq/kg}$ [16]. U našem istraživanju nije ispitivana hrana kojom su svinje hranjene, ali se može pretpostaviti da je prisustvo uranijuma u jetri, organu u kojem se uranijum akumulira, posledica dugotrajne ishrane svinja fosfatnim mineralnim dodacima u kojima je sadržaj uranijuma visok.

Proizvedeni radionuklid ^{137}Cs , koji je u životnu sredinu Srbije dospelo posle nuklearnog akcidenta u Černobilju 1986. godine, detektovan je u zemljištu (tabela 1), ali rezultati ukazuju da nije uključen u lanac ishrane (tabela 2). Na vertikalnu migraciju radiocezijuma u zemljištu utiče veliki broj faktora, kao što su tip zemljišta, pH vrednost, prisustvo glina i organskih materija [17]. Sadržaj ^{137}Cs u sloju zemljišta ($0-20$) cm bio je ($14-41$) Bq/kg , a u dubljem sloju ($7-12$) Bq/kg , u proseku 18 Bq/kg . U zemljištu uzorkovanom u vinogradu i sa oranice, sadržaj ^{137}Cs nije varirao u zavisnosti od dubine. Međutim, u zemljištu ispod oraha na dubini ($0-20$) cm, sadržaj ^{137}Cs bio je šest puta veći u odnosu na dublji sloj (tabela 1). U uzorcima biljnog i životinjskog porekla sadržaj radiocezijuma je bio ispod praga detekcije (tabela 2), što ukazuje da je ^{137}Cs u zemljištu nedostupan biljkama za resorpciju putem korena [17].

Radionuklidi prisutni u vodi mogu predstavljati rizik po zdravlje ljudi. Bunarske i mineralne vode najčešće sadrže prirodne radionuklide, zbog čega je neophodna njihova kontrola. Sadržaj prirodnih radionuklida u vodi zavisi prvenstveno od sastava tla na području kroz koje voda prolazi. Rezultati dobijeni ovim istraživanjima (tabela 3) su pokazali da je sadržaj prirodnih radionuklida i proizvedenog radiocezijuma u svim ispitivanim uzorcima nizak i da je voda radijaciono higijenski ispravna.

Tabela 3. Sadržaj prirodnih i proizvedenog radionuklida u vodi (Bq/l)

Voda	^{40}K	^{238}U	^{235}U	^{226}Ra	^{214}Bi	^{232}Th	^{137}Cs
Bunar	$0,3 \pm 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$
Bunar	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$
Dunav	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$

4. ZAKLJUČAK

Rezultati dobijeni ovim istraživanjem pokazuju da je sadržaj prirodnih radionuklida u svim ispitivanim uzorcima bio na nivou vrednosti karakterističnih za date uzorke. Dalje, radioaktivni izotop ^{137}Cs , poreklom od černobiljskog akcidenta, prisutan je u životnoj sredini na području naselja Vinča, ali nije uključen u lanac ishrane. Naši rezultati ne ukazuju na štetne radiološke efekte po životnu sredinu u okolini Deponije „Vinča“ i Instituta za nuklearne nauke „Vinča“. Međutim, zbog postojećeg rizika od zagađenja životne sredine, ispitivanja treba redovno sprovoditi.

5. ZAHVALNICA

Ovaj rad je realizovan u okviru projekata koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije: „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) u okviru programa Integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2017. godine i projekta „Razvoj tehnologija i proizvoda na bazi mineralnih sirovina i otpadne biomase u cilju zaštite resursa za proizvodnju bezbedne hrane“ (31003).

6. LITERATURA

- [1] http://www.gradskacistoca.rs/?page_id=91 pristupljeno 24.04.2017
- [2] K.A. Ademola., A.M.Olaoye, O.P. Abodunrin. Radiological safety assessment and determination of heavy metals in soil samples from some waste dumpsites in Lagos and Ogun state, south-western Nigeria. *J. Radiat. Res. Appl. Sci.* 8, 2015, 148–153.
- [3] P. Ilić, S. Tepić, Lj. Erić. Deponija komunalnog otpada kao izvor zagađenja i uticaj na ljudsko zdravlje. *Materia Socio Medica* 19 (1), 2007, 50–52.
- [4] Pravilnik o granicama radioaktivne kontaminacije lica, radne i životne sredine i načinu sporovođenja dekontaminacije. Sl. Glasnik RS br. 38/11, 2011.
- [5] G. Vitorović, S. Grdović, B. Mitrović, M. Obradović, B. Petrujkić. Radioecological investigation of food of animal origin in Belgrade environment. *Jpn. J. Vet. Res.* 57 (3), 2009, 169–173.
- [6] B. Mitrović, G. Vitorović, V. Andrić, M. Stojanović, D. Vitorović, S. Grdović, M. Vićentijević. Prirodni radionuklidi u mineralnim đubrivima i obradivom zemljištu. *Vet. glasnik* 67 (5-6), 2013, 359–367.
- [7] B. Mitrović, S. Grdović, B. Vranješ, M. Vićentijević, J. Ajtić, D. Sarvan. Radioecological investigation in the environment of Belgrade city, Serbia. *Rad. Applic.* 1 (3), 2016, 199–203.
- [8] I. Bikit, J. Slivka, Lj. Čonkić, M. Krmar, M. Vesković, N. Žikić-Todorović, E. Varga, S. Ćurčić, D. Mrdja. Radioactivity of the soil in Vojvodina (Northern Province of Serbia and Montenegro). *J. Environ. Radioact.* 78, 2005, 11–19.
- [9] D. Popovic, D. Todorovic, M. Frontasyeva, J. Ajtic, M. Tasic, S. Rajsic. Radionuclides and heavy metals in Borovac, Southern Serbia. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 15, 2008, 509–520.
- [10] B. Mitrović, J. Ajtić, M. Lazić, V. Andrić, N. Krstić, B. Vranješ, M. Vićentijević. Natural and anthropogenic radioactivity in the environment of Kopaonik mountain, Serbia. *Environ. Pollut.* 215, 2016, 273–279.
- [11] Sources and Effects of Ionizing Radiation. Report to General Assembly with Scientific Annexes. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), 2000.
- [12] J.D.T. Arruda-Neto, M.V. Tavares, M. Filadelfo. Concentrations of uranium in animal feed supplements: measurements and dose estimates. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 221, 1997, 97–104.
- [13] B. Mitrović, G. Vitorović, M. Jovanović, M. Lazarević-Macanović, V. Andrić, M. Stojanović, A. Daković, D. Vitorović. Uranium distribution in broiler organs and possibilities for protection. *Radiat. Environ. Biophys.* 53(1), 2014, 151–157.

- [14] G.F. Nordberg, B.A. Fowler, M. Nordberg, L.T. Friberg. Handbook on the Toxicology of Metals. Academic Press, Elsevier, 2007.B.V. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-012369413-3/50110-5>
- [15] Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 4. Inhalation Dose Coefficients. Publication 72 Annals of the ICRP. International Commission for Radiation Protection, Pergamon Press Oxford, UK, 1996.
- [16] Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater temperate environments. IAEA-Technical report 472, Vienna, 2010.
- [17] Classification of soil systems on the basis of transfer factors of radionuclides from soil to reference plants. IAEA-TECDOC-1497, Vienna, 2006.

RADIONUCLIDES IN THE FOOD CHAIN AT THE GROCKA MUNICIPALITY

Branislava M. MITROVIĆ¹, Velibor ANDRIĆ¹, Borjana VRANJEŠ¹, Jelena AJTIĆ¹, Svetlana GRDOVIĆ¹ and Mihajlo VIĆENTIJEVIĆ²

- 1) *University of Belgrade, Faculty of Veterinary Medicine, Belgrade, Serbia, slavatab@vet.bg.ac.rs, jelena.ajtic@vet.bg.ac.rs, ceca@vet.bg.ac.rs*
- 2) *Science Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Vojvode Toze 14, 11000 Belgrade, Serbia, vicamihajlo@yahoo.com*

ABSTRACT

To estimate an influence of amunicipal waste landfill on the environment and food chain, gamma spectrometric analysis of the various environmental samples is conducted. The samples were collected in the village of Vinča, Grocka municipality, Belgrade, Serbia, during 2016, and included the following: soil at a depth of 0–20 cm and 20–40 cm; water samples from wells and the Danube river; fruit samples of apples, pears, peaches and apricots; vegetable samples of onions, carrots, potatoes, cabbages and corn; products of animal origin used in human diet—eggs, goat milk, goat cheese, pork, pork liver and chicken meat. A content of ⁴⁰K, ²³⁸U, ²³⁵U, ²²⁶Ra, ²¹⁴Bi, ²³²Th, and ¹³⁷Cs in the samples is investigated. The results show concentrations of the natural radionuclides within the reported ranges for Serbia. The artificial ¹³⁷Cs is detected in the soil (7.1–41.1 Bq/kg), but not in any of the other samples from the food chain. Therefore, our results imply that the products of plant and animal origin produced in the vicinity of the landfill are radiologically safe for human consumption.