

**RADIOAKTIVNOST NAMIRNICA NA PODRUČJU GRADA
BEOGRADA******RADIOAKTIVITY IN FOOD IN BELGRADE CITY***

**Gordana Vitorović, Branislava Mitrović, Svetlana Grdović, B. Petrujković,
D. Vitorović****

Aktivnost ^{40}K , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{137}Cs merena je gamaspektrometrijskom metodom u različitim uzorcima hrane iz lanca ishrane u okolini Beograda tokom maja i juna 2007. i 2008. godine. Izmerene su relativno visoke aktivnosti ^{40}K i ^{137}Cs u zemljištu. Ovi rezultati ukazuju na to da se ^{137}Cs može naći u životnoj sredini Beograda čak i 20 godina nakon nuklearnog incidenta u Černobilju. Međutim, u uzorcima stočne hrane, animalnim proizvodima i bioindikatorima (mesu divljih životinja i riba), aktivnost primordijalnih radionuklida i antropogenog ^{137}Cs je bila niska i ispod nivoa detekcije. Ispitivanja su pokazala da su animalni proizvodi proizvedeni u prigradskim opštinama grada Beograda, radiološki bezbedni za ishranu stanovništva Beograda.

Ključne reči: Beograd, Černobilj, lanac ishrane, radionuklidi, radioekologija

Uvod / Introduction

Radioaktivna kontaminacija životne sredine Srbije sa antropogenim radionuklidima desila se nakon nuklearnog incidenta u Černobilju, Ukrajina (1986). I 20 godina nakon te nesreće, prisustvo ^{137}Cs se može detektovati u životnoj sredini, zbog njegovog dugog vremena poluraspada (30 godina). Divlje životinje predstavljaju bioindikatore radioaktivne kontaminacije životne sredine. Zbog svog načina ishrane, one akumuliraju visoke koncentracije ^{137}Cs u tkivima (Hecht, 1988).

Korišćenje nuklearne energije širom sveta, probe nuklearnih oružja, sagorevanje uglja, prerada i korišćenje fosfornih đubriva, rudarska industrija i

* Rad primljen za štampu 01. 11. 2010. godine

** Dr sci. med. vet. Gordana Vitorović, redovni profesor, mr sci. med. vet. Branislava Mitrović, asistent, dr sci. med. vet. Svetlana Grdović, docent, mr sci. med. vet. Branko Petrujković, asistent, Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine; dr Duško Vitorović, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun

stvaranje radioaktivnog otpada doprinose povećanju prirodne radioaktivnosti (Bikit i sar., 2005; Pantelić i sar., 2004; Pietrzak-Flis i sar., 2001). Među najvažnijim zagađivačima životne sredine su primordijalni radionuklidi (^{40}K , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th) koji nastaju pri proizvodnji i korišćenju fosfornih đubriva (Adel i sar., 2005; Bolca i sar., 2007).

Cilj ovog rada bio je da se kroz radiološki monitoring lanca ishrane odredi udeo prirodnih i proizvedenih radionuklida (^{40}K , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{137}Cs) na 9 lokaliteta, odnosno na 6 beogradskih prigradskih opština u kojima se proizvodi hrana, koja se svakodnevno koristi za ishranu stanovništva Beograda.

Uzorci zemljišta, lucerke, kukuruza, mlečnih proizvoda, jaja, mesa domaćih i divljih životinja i ribe sakupljani su tokom maja i juna 2007. i maja i juna 2008. god. Za svaku vrstu uzorka uzeto je po tri primerka sa jednog mesta u obe sezone. U tabeli 1 i na slici 1, prikazani su lokaliteti na kojima su sakupljani uzorci.

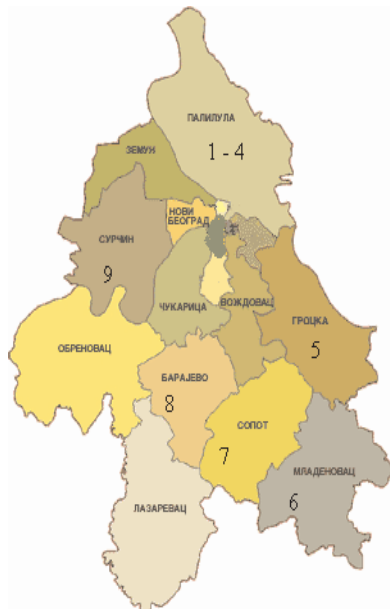
Tabela 1. Lokaliteti u prigradskim opštinama Beograda na kojima su sakupljeni uzorci /
Table 1. Localities in suburban municipalities of Belgrade where samples were collected

Broj / Number	SO Opština / Municipality Office	Lokalitet / Locality
1.	SO Palilula	Sela Slanci i Veliko Selo / <i>Villages Slanci and Veliko Selo</i>
2.	SO Palilula	Borča
3.	SO Palilula	Dunavac
4.	SO Palilula	PKB selo Opovo / <i>PKB Opovo village</i>
5.	SO Grocka	Selo Vinča i Boleč / <i>Vinča village and Boleč</i>
6.	SO Mladenovac	Kosmaj; sela Nemenikuće i Pružatovac / <i>Kosmaj; villages Nemenikuće and Pružatovac</i>
7.	SO Sopot	Avala – selo Zuce / <i>Avala – Zuce village</i>
8.	SO Barajevo	Barajevo – sela Rožanci i Beljina / <i>Barajevo – villages Rožanci and Beljina</i>
9.	SO Surčin	Selo Jakovo, Bojčinska šuma / <i>Jakovo village, Bojčinska šuma forest</i>

Da bi se jasno uočilo kako je došlo do radioaktivne kontaminacije, na slici 2 je prikazno kretanje radioaktivnog oblaka iznad Evrope 1986. god. i geografski položaj Srbije – Beograda u odnosu na Černobilj – Kijev.

Uzorci zemljišta su sakupljani u količini od 3 do 5 kg na dubini od 10 do 20 cm, sušeni na temperaturi od 105°C, homogenizovani i pripremljeni u Marineli posude zapremine 1 l. Lucerka i kukuruz su sakupljani u količini od 2 do 5 kg, samleveni i spaljeni do mineralnog ostatka. Za merenje su korišćene plastične posude zapremine 200 ml.

Uzorci mleka su sakupljani u količini od 5 l, upareni do 1 l i onda pripremljeni u Marineli posude. Uzorci svežeg mesa, jaja, sira i ribe su homogenizovani i pripremljeni u Marineli posudama od 1 l. Uzorci ribe potiču iz reka Save i Dunava, koje protiču kroz Beograd.



Slika 1. Opštine na kojima su sakupljeni uzorci /
Figure 1. Municipalities where samples were collected



Slika 2. Kretanje radioaktivnog oblaka po-
sle černobiljskog incidenta 1986. god. /
Figure 2. Movement of radioactive cloud following
1986 Chernobyl accident

Svi uzorci su iste starosti skupljeni sveži u maju i junu 2007. i maju i junu 2008. godine; samo kukuruz potiče iz prethodne godine. Pripremljeni uzorci su čuvani 40 dana pre merenja kako bi se postigao radioaktivni balans.

Radioaktivnost uzoraka je određivana gamaspektrometrijskom metodom merenja na HPGe detektoru (Ortec, SAD), sa relativnom efikasnošću od 30% i energetsom rezolucijom od 1,85 keV (1332.5 keV ^{60}Co). Radioaktivna merenja su sprovedena prema proceduri opisanoj od strane Mitrović i sar. (Mitrović i sar., 2009).

Rezultati i diskusija / Results and Discussion

Prosečne vrednosti aktivnosti prirodnih i proizvedenih radionuklida u uzorcima: obrađivanog i neobrađivanog zemljišta, hrani za životinje (lucerka i kukuruz), animalnim proizvodima (mleko, sir i jaja) i mesu (domaćih i divljih životinja i riba) sakupljenih u okolini Beograda, prikazani su u tabeli 2. Svi dobijeni rezultati su prikazani preko \pm standardne devijacije (MEAN \pm SD) (Strand i sar., 1996).

Tabela 2. Nivo aktivnosti ^{40}K , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{137}Cs (Bq/kg) u ispitivanin uzorcima /
Table 2. Activity levels of ^{40}K , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{137}Cs (Bq/kg) in examined samples

Uzorci / Samples*	^{40}K	^{238}U	^{232}Th	^{137}Cs
Kultivisano zemljište (s.u.) Cultivated soil	608 ± 15	47 ± 7	50 ± 4	25 ± 2
Ne kultivisano zemljište (s.u.) Non-cultivated soil	560 ± 16	41 ± 5	47 ± 2	39 ± 1
Lucerka (s.u.) Lucerne	538 ± 19	<5	<1.6	<0.4
Kukuruz (s.u.) Corn	95 ± 5	<1.9	<0.3	<0.1
Kravlje mleko (s.u.) Cow's milk	50 ± 5	<1.2	<0.2	<0.1
Kozje mleko (s.u.) Goat's milk	57 ± 2	<1.4	<0.3	<0.3
Kravlji sir (s.u.) Cow milk cheese	37 ± 4	<1.5	<0.3	<0.1
Jaja (kokošja) (s.u.) Eggs (of hens)	52 ± 2	<1.7	<0.7	<0.1
Goveđe meso (s.u.) Beef	102 ± 4	1.1 ± 0.3	<0.8	<0.1
Ovčje meso (s.u.) Mutton	96 ± 6	3 ± 0.2	<2.5	<0.3
Svinjsko meso (s.u.) Pork	94 ± 3	1.1 ± 0.4	<1.3	<0.1
Pileće meso (s.u.) Chicken meat	92 ± 3	2.7 ± 0.4	<1.5	<0.1
Zečje meso (s.u.) Rabbit meat	90 ± 3	<1.8	<0.2	<0.1
Fazansko meso (s.u.) Pheasant meat	85 ± 4	<1.6	<0.3	<0.2
Srneće meso (s.u.) Venison	136 ± 4	<1.2	<0.2	<0.2
Meso divlje svinje (s.u.) Wild boar meat	95 ± 3	<1.1	<0.2	<0.1
Bela riba (s.u.) White fish	85 ± 3	<1.5	<0.5	<0.5
Som (s.u.) Catfish	91 ± 3	<2.1	<0.5	<0.2
Šaran (s.u.) Carp	94 ± 4	<1.8	<0.4	<0.2
Štuka (s.u.) Pike	98 ± 7	<2.5	<0.7	<0.1
Deverika (s.u.) Bream	85 ± 3	<1.4	<0.5	<0.1

s.u.: svežeg uzorka / *all samples were fresh samples

vrednosti su srednje vrednosti ± standardna devijacija / values are mean values ± standard deviation

^{40}K predstavlja najdominantniji prirodni radioaktivni element. Prosečno visok nivo aktivnosti ovog radionuklida bio je u uzorcima zemljišta (kultivisanom 608 ± 15 i ne kultivisanom 560 ± 16 Bq/kg) i lucerki (538 ± 19 Bq/kg), dok je u uzorcima kukuruza bio značajno niži (95 ± 5 Bq/kg). Nivoi aktivnosti drugih prirodnih radionuklida (^{238}U i ^{232}Th) bili su niži i kretali su se u okviru granica prosečnih vrednosti u Srbiji (Pantelić i sar., 2004).

Nivo aktivnosti ^{137}Cs u uzorcima zemljišta kretao se od 25 ± 2 Bq/kg u kultivisanom zemljištu do 39 ± 1 Bq/kg u nekultivisanom zemljištu, što je u saglasnosti sa rezultatima drugih autora (Beresford i Howard, 1991; Bikit i sar., 2005; Bolca i sar., 2007; Strand i sar., 1996). Aktivnost u nekultivisanom zemljištu je za 1,6 puta veća, što potvrđuju i rezultati ispitivanja drugih autora (Mitrović i sar., 2009). Ovi rezultati ukazuju na to da i 20 godina posle nuklearnog incidenta u Černobilju, ovaj radionuklid je još uvek prisutan u životnoj sredini Beograda.

U uzorcima hrane za životinje, koje su najčešće zastupljene u ishrani domaćih životinja (lucerka i kukuruz) izmeren je nizak nivo aktivnosti prirodnih radionuklida, a nivo ^{137}Cs je bio ispod granice detekcije.

Dobijeni rezultati pokazuju da su uzorci mesa domaćih životinja, poreklom iz okoline Beograda, radiohigijenski ispravni za ljudsku upotrebu. Nivo aktivnosti ^{137}Cs je nizak (ispod granice detekcije), a aktivnost ^{40}K je u opseg od 92 ± 3 Bq/kg do 102 ± 4 Bq/kg. Slične rezultate su dobili i drugi autori (Mitrović, 2009).

U ispitivanim uzorcima mleka, sira i jaja (tabela 2), izmeren je nizak nivo aktivnosti prirodnih radionuklida, a nivo aktivnosti ^{137}Cs je bio u granicama detekcije. Dobijeni rezultati pokazuju da su ispitivani animalni proizvodi radijaciono higijenski bezbedni za ishranu ljudi.

Podaci prikazani u tabeli 2 pokazuju da je nivo aktivnosti prirodnih i proizvedenih radionuklida u mesu divljih životinja bio nizak (u granicama detekcije). Aktivnost ^{40}K je bilo u opsegu od 85 ± 4 Bq/kg (fazana) do 136 ± 4 Bq/kg (jelen).

Nivo aktivnosti prirodnih i proizvedenih radionuklida u ribljem mesu (tabela 2) je bio nizak (na granici detekcije), što je u saglasnosti sa literaturnim podacima (Kritidis i Florou, 1994).

Diskusija i zaključak / Conclusion and Discussion

Aktivnost prirodnih radionuklida u zemljištu nalazi se u granicama prosečnih vrednosti za Srbiju. Nije ustanovljeno postojanje značajnih razlika između obradivog i neobradivog zemljišta. Radioaktivni cesijum, poreklom iz černobiljske nesreće, još uvek se može detektovati u zemljištu. Njegova aktivnost je u obradivom zemljištu (25 Bq/kg) bila dvostruko manja nego u neobradivom (40 Bq/kg). Ova razlika se objašnjava primenom agrotehničkih mera pri obradi zemljišta (đubrenje, oranje i sl.) kada dolazi do razblaženja sadržaja radiocezi-

juma. Ovaj postupak je jedna od mera koja se preporučuje u slučajevima radioaktivne kontaminacije određene teritorije.

U stočnoj hrani biljnog porekla, koja se uzgaja na ovom području, (lucerka i kukuruz) izmerene su niske aktivnosti većine prirodnih radionuklida, a aktivnost radiocezijuma (^{137}Cs) je bila niska (ispod granice detekcije). Na osnovu ovih rezultata se može reći da su ispitivana stočna hraniva bezbedna za ishranu životinja, sa radijaciono higijenskog aspekta.

U animalnim proizvodima, koji se koriste u ishrani ljudi (meso: goveđe, svinjsko, ovčije i živinsko; mleko: kravlje i kozije; mlečni proizvod – sir; jaja) nivoi aktivnosti prirodnih radionuklida (^{238}U , ^{235}U , ^{226}Ra i ^{232}Th) i proizvedenog radiocezijuma (^{137}Cs) su veoma niski i nalaze se na granicama detekcije. Osim ^{40}K koji je najzastupljeniji prirodni radionuklid.

Pored lanca ishrane, značajan pokazatelj ugroženosti životne sredine od kontaminacije radionuklidima su bioindikatorski organizmi. To su divlje životinje i riba. Zbog svog načina ishrane, širokog areala kretanja i metabolizma, ovi organizmi imaju sposobnost da, u većoj meri od drugih, usvajaju i deponuju radionuklide.

Na osnovu ovih rezultata može se reći da je radioaktivnost lanca ishrane kao i bioindikatora na lokalitetima prigradskih opština Beograda, obuhvaćenim ovim ispitivanjem, za period jesen 2007. i proleće 2008, niska i da su animalni proizvodi sa ovog terena, sa radijaciono higijenskog aspekta, bezbedni za ishranu ljudi.

Mala aktivnost radiocezijuma (^{137}Cs) pokazuje da je efektivna doza za stanovništvo od ovog radionuklida, kada se konzumiraju animalni proizvodi iz lanca ishrane, značajno ispod preporučene godišnje granice primljene doze za pojedinca (1 mSv/god).

Literatura / References

1. Adel A, Uosif M, El-Taher A. Natural radioactivity and dose assesment for phosphate rock from Wadi El-Mashash and El-Mahamid Mines, Egypt. J Environ Radioactivity 2005; 84: 65-78.
2. Beresford NA, Howard BJ. The importance of soil adhered to vegetation as a source of radionuclides ingested by grazing animals. Sci Total Environ 1991; 107: 237-54.
3. Bikit I, Slivka J, Čonkić Lj, Krmar M, Vesković M, Žikić-Todorović N, Varga E, Ćurčić S, Mrdja D. Radioactivity of the soil in Vojvodina (northern province of Serbia and Montenegro). J Environ Radioactivity 2005; 78: 11-9.
4. Bolca M, Sac M, Cokuysal B, Karali T, Ekdal E. Radioactivity in soils and various food-stuffs from the Gediz river Basin of Turkey. Radiat Meas 2007; 42: 263-70.
5. Hecht H. Radioaktive belastung von wild und nutztieren nach dem unfall von Tschernobyl. Fleischwirtschaft 1988; 68: 508-13.
6. Kritidis P, Florou H. Environmental study of radioactive caesium in Greek lake fish after the Chernobyl accident. J Environ Radioactivity 1994; 28: 285-93.

7. Mitrović B, Vitorović G, Vitorović D, Pantelić G, Adamović I. Natural and anthropogenic radioactivity in the environment of mountain region of Serbia. J Environ Monitor 2009; 11: 383-8.
8. Pantelić G, Tanasković I, Javorina LJ, Vitorović G, Vuletić V. Aktivnost ^{137}Cs u uzorcima iz životne sredine regiona Užica. Veterinarski glasnik 2004; 58: 233-39.
9. Pietrzak-Flis Z, Rosiak L, Suplinska MM, Chrzanowski E, Dembinska S. Daily intakes of ^{238}U , ^{234}U , ^{232}Th , ^{230}Th , ^{228}Th and ^{226}Ra in the adult population of central Poland. Sci Total Environ 2001; 273: 163-9.
10. Strand P, Howard BJ, Averin V. Transfer of radionuclides to animals, their comparative importance under different agricultural ecosystems and appropriate countermeasures. International scientific collaboration on the consequences of the Chernobyl accident. Experimental Collaboration Project No. 9 EUR 16539 EN157-193. ECSC-EC-EAEC, Brussels, 1996.

ENGLISH

RADIOAKTIVITY IN FOOD IN BELGRADE CITY

G. Vitorović, B. Mitrović, S. Grdović, B. Petrujkić, D. Vitorović

The activity concentrations of ^{40}K , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{137}Cs were measured using the gamma spectrometric method in different food chain samples from the area of the City of Belgrade during the periods May-June 2007 and May-June 2008. Relatively high activities of ^{40}K and ^{137}Cs were detected in the soil. These results indicate that ^{137}Cs is present in the area of Belgrade even 20 years after the nuclear accident in the Chernobyl nuclear power plant. However, in the samples of feedstuffs, animal products and bio indicators (meat of wild animals and fish), activity concentrations of primordial radionuclides and ^{137}Cs were low and below the detection limits. The results of these trials have shown that investigated animal products from the natural environment around Belgrade are radioactivity safe.

Key words: Belgrade, Chernobyl, food chain, radionuclides, radioecology

РУССКИЙ

РАДИОАКТИВНОСТЬ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БЕЛГРАДА

Гордана Виторович, Бранислава Митрович, Светлана Грдович, Б. Петруйкич, Д. Виторович

Активность ^{40}K , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{137}Cs мерена гаммаспектрометрическим методом в различных образчиках корма из цепи питания в окрестности Белграда в течение периода май-июнь 2007 и май-июнь 2008 года. Измерены относительно высокие активности ^{40}K и ^{137}Cs в почве. Эти результаты указывают на это, что ^{137}Cs присутствующий в среде обитания Белграда даже и 20 лет после ядерного ак-

цидента в Чернобиле. Между тем, в образчиках корма для скота, анимальными продуктами и биондикаторами (мясу диких животных и рыб), активность примордиальных радионуклидов и антропогенного ^{137}Cs была низкая и ниже уровня детекции. Испытания показали, что анимальные продукты, произведённые в пригородных общинах города Белграда, радиологически безопасны для питания населения Белграда.

Ключевые слова: Белград, Чернобиль, цепь питания, радионуклиды, радиозэкология