

## UTICAJ PRIRODNO POVIŠENOG NIVOA URANIJUMA I RADIJUMA U TLU NA ANIMALNU PROIZVODNJU PREŽIVARA NA PODRUČJU LIVNA

Nedžad Gradašćević\*, Lejla Saračević, Davorin Samek, Anto Mihalj  
Katedra za radiobiologiju i biofiziku Veterinarskog fakulteta Univerziteta u  
Sarajevu, Zmaja od Bosne 90, 71 000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

### Kratak sadržaj

U radu je istraživao uticaj viših nivoa uranijuma i radijuma u tlu na nivoe aktivnosti i radijaciono-higijensku ispravnost animalnih proizvoda preživara sa područja Livna. Područje Livanjskog polja leži na ugljenom sloju u kome su zabeleženi nešto viši nivoi uranijuma i radijuma u odnosu na ostale ugljeve korišćene u Bosni i Hercegovini. Kao rezultat mešanja ugljenog matriksa i tla, na ovom području izmerena je nešto viša prosečna vrednost apsorbovane doze zračenja na 1 metar iznad tla ( $144 \text{ nGy h}$ ) u odnosu na druge lokalitete u Bosni i Hercegovini. Najviše prosečne aktivnosti U i Ra u uzorcima animalnih proizvoda preživara izmerene su u uzorcima ovčijeg sira ( $0,070 \text{ Bq kg za } U$  i  $0,207 \text{ Bq kg za } Ra$ ), dok su nivoi ova dva radionuklida u ostalim animalnim proizvodima preživara bili približno jednaki sa rasponima  $0,016\text{--}0,046 \text{ Bq kg za } U$  i  $0,028\text{--}0,080 \text{ Bq kg za } Ra$ . Nivoi K kretali su se u rasponu prosečnih vrednosti za animalne proizvode ( $31,2\text{--}86,4 \text{ Bq kg}$ ). Procenjena godišnja efektivna doza ingestijom animalnih proizvoda preživara za odraslu populaciju na ovom području iznosila je približno  $0,064 \text{ mSv}$  sa najvišim doprinosom dozi od K ( $96,4\%$ ). Na osnovu dobijenih rezultata, animalni proizvodi preživara ovoga područja mogu se, sa radijaciono-higijenskog aspekta, smatrati ispravnim za ljudsku upotrebu.

**Ključne reči:** radijaciono-higijenska ispravnost, godišnja efektivna doza ingestijom, animalni proizvodi preživara

---

\* E-mail: nedzad.gradascevic@vfs.unsa.ba

# THE IMPACT OF INCREASED NATURAL BACKGROUND OF SOIL ON THE ANIMAL PRODUCTION OF RUMINANTS IN THE REGION LIVNO

Nedžad Gradašćević, Lejla Saračević, Davorin Samek, Anto Mihalj  
Department of Radiobiology and Biophysics, Veterinary Faculty,  
University of Sarajevo, *Zmaja od Bosne 90, Sarajevo, Bosna i Hercegovina*

## Abstract

In this paper, the impact of increased levels of uranium and radium in soil on the levels of activity and radiation-hygienic validity of animal products of ruminants was investigated.

Region around Livno town is placed on coal layer with the increased levels of uranium and radium compared with other coals used in Bosnia and Herzegovina. As a result of mixing between coal matrix and soil, increased value of average absorbed dose rate at 1 m above the ground (144 nGy h) was measured. The highest average value of  $^238\text{U}$  and  $^{226}\text{Ra}$  in the samples of animal products of ruminants was measured in the samples of sheep cheese (0.070 Bq kg for  $^238\text{U}$  and 0.207 Bq kg for  $^{226}\text{Ra}$ ). The levels of these two radionuclides in the rest of animal product of ruminants were approximately similar and ranged 0.016–0.046 Bq kg for  $^238\text{U}$  and 0.028–0.080 Bq kg for  $^{226}\text{Ra}$ . Levels of K were in the range of average values for animal products (31.2–86.4 Bq kg). Calculated annual effective dose by ingestion of the animal products of ruminants were approximately 0.064 mSv with the highest dose contribution of K (96.4%). On the base of obtained results, animal products of ruminants produced in observed region, can be considered as valid for human consumption from radiation-hygienic aspect.

**Key words:** radiation-hygienic validity, annual effective dose by ingestion, animal products of ruminants.

## UVOD

Razvoj različitih tehnologija u oblasti industrijske i poljoprivredne proizvodnje rezultirao je narušavanjem prirodne ravnoteže i distribucije većine prirodnih radionuklida u životnoj sredini što za posledicu ima, pored ostalog, i koncentrisanje radionuklida u površnim slojevima tla i njihovo uključivanje u lanac ishrane ljudi i životinja. U novije vreme u naučnim i stručnim krugovima je uvedena terminološka

odrednica *tehnološki povišena prirodna radioaktivnost* (engl. **Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials**, skr. **TENORM**) koja označava pojavu povišene prirodne radioaktivnosti nastale kao rezultat ljudskih aktivnosti tokom kojih je došlo do premeštanja prirodnih radionuklida iz izvornih staništa i njihovog koncentrisanja u užem području životne sredine čoveka. Različitost tehnoloških procesa koji se koriste u tzv. **NORM** industrijama rezultiraće koncentrisanjem prirodnih radionuklida u različitim medijima što je od velike važnosti za definisanje glavnih puteva širenja polutanata u životnoj sredini.

Konvencionalnim rudarenjem koje podrazumeva podzemne jame i površinske kopove proizvodi se otpad u vidu prekrivke, mineralizovanog otpada i jalovine koja u većini slučajeva sadrži niske do srednje visoke nivoe radionuklida iz serija uranijuma i torijuma koji uglavnom ostaje na lokaciji rudnika.

Pri pregledu literature vezane za istraživanja radioaktivnosti u okruženju rudnika može se zapaziti da većina studija uticaja rudnika uranijuma i torijuma koincidira sa studijama na mestima prirodno povišenog nivoa uranijuma i radijuma. Zajednička karakteristika ovih studija su i merenja nivoa kontaminacije vegetacije kao i procene doza ingestijom poljoprivrednih i animalnih proizvoda. U studiji izvedenoj u Kirgistanu (Vandenhove i sar., 2006) utvrđeni su povišeni nivoi uranijuma i radijuma u uzorcima tla, trave i poljoprivrednih i animalnih proizvoda koji su rezultirali prosečnom godišnjom efektivnom dozom ingestijom od 22 mSv za odraslu populaciju u okruženju uranijumskog rudnika. Američki autori (Lapham i sar., 1989) utvrdili su povišene nivoe  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{210}\text{Po}$  u jetri i bubrezima krava uzgajanih u neposrednom okruženju uranijumskog rudnika. Obzirom na nisko procentualno učešće ovih proizvoda u ukupnoj godišnjoj konzumaciji populacije Novog Meksika, zaključeno je da povišeni nivoi pomenutih radionuklida ne doprinose u značajnoj mjeri povišenju ukupne efektivne doze ingestijom.

U radu bosanskih autora (Saračević i sar., 2009) prikazani su rezultati projekta **”Procena okolišnog rizika pri upotrebi radioaktivno kontaminiranog industrijskog otpada”** izvedenog unutar 6. okvirnog programa Evropske komisije. U radu je istraživao uticaj povišenih aktivnosti uranijuma i radijuma u uglju rudnika „Tušnica” kod Livna na životnu sredinu i populaciju u neposrednom okruženju kao i profesionalno izlaganje rudara. Najviša godišnja efektivna doza utvrđena je za rudare koji rade u kopu mrkog uglja i iznosila je 0,616 mSv dok je procenjena godišnja efektivna doza ingestijom poljoprivrednih i animalnih proizvoda iznosila 0,412 mSv godišnje za odraslu populaciju. Utvrđene doze nisu prekoračivale granične vrednosti navedene u izveštaju UNSEAR-a (UNSCEAR 2000). U istraživanju nisu utvrđeni značajno povišeni nivoi uranijuma i radijuma u poljoprivrednim i animalnim proizvodima.

## MATERIJAL I METODE RADA

Rudnik mrkog uglja „Tušnica-Drage” je rudnik sa površinskim kopom smeštenim u podnožju planine Tušnice u jugozapadnom delu opštine Livno. Pored

nalazišta mrkog uglja u sastav rudnika ulazi i površinski kop lignita „Table” koji je smešten u samome Livanjskom polju. U prethodnoj studiji izvedenoj na ovome području (Saračević i sar., 2009) ugalj iz rudnika mrkog uglja površinskog kopa „Drage” pokazao je povišene nivoe prirodnih radionuklida  $^{238}\text{U}$  i  $^{226}\text{Ra}$ . Rudnik je smešten u stočarskom području sa nekoliko seoskih domaćinstva u neposrednoj blizini rudnika. U seoskim domaćinstvima ugalj je korišćen za zagrevanje prostorija, a pepeo uglja je uglavnom upotrebljavan za fertilizaciju oranica. Takođe je utvrđeno da se u ovom području sloj uglja nalazi ispod same površine tla. U području Potkraj u kojem ugljeni sloj leži blizu površine tla smešteno je nekoliko seoskih domaćinstava koja se u većoj ili manjoj mjeri bave poljoprivrednom i stočarskom proizvodnjom.

Merenja brzine apsorbovane doze gama zračenja vršena su pomoću dozimetra tipa Berthold Model LB 123 na 1 metar iznad tla sa statističkom greškom merenja od 10%. Koordinate mernih tačaka su utvrđivane pomoću GPS uređaja Magellan explorer 600. Za prikaz rezultata korišćen je geografski informacioni sistem MapInfo Professional.

Uzorkovanje tla i animalnih proizvoda preživara hrane vršeno je, u skladu sa postavkama istraživanja, u bližem i daljem okruženju rudnika „Tušnica-Drage”. Priprema uzorka za gama-spektrometrijska merenja obuhvatala je sušenje, homogenizaciju i prosejavanje uzorka tla i mineralizaciju zbirnih uzoraka animalnih proizvoda preživara na  $400^{\circ}\text{C}$ .

Gamaspektrometrijska merenja vršena su na vertikalnom koaksijalnom HPGe POP-TOP detektoru p-tipa, proizvođača „ORTEC”, model „GEM 30P4” sa relativnom efikasnošću 30% i rezolucijom 1,85 keV-a na 1,33 MeV-a.

Aktivnosti ispitivanih radionuklida ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{40}\text{K}$ ) utvrđene su iz njihovih gama linija i gama linija njihovih potomaka. Specifična aktivnost  $^{238}\text{U}$  izračunavana je iz  $^{234}\text{Th}$  na energiji 63 keV-a i  $^{234\text{m}}\text{Pa}$  na energiji 1001 keV-a. Aktivnost  $^{232}\text{Th}$  izračunavana je iz potomaka  $^{228}\text{Ac}$  na energijama 911 keV-a i 967 keV-a i  $^{208}\text{Tl}$  na energijama 583 keV-a i 2614 keV-a. Aktivnost  $^{226}\text{Ra}$  obračunavana je iz energija  $^{214}\text{Pb}$  na 239 keV-a i 295 keV-a i energijama  $^{214}\text{Bi}$  na 609 keV-a i 1764 keV-a. Aktivnosti kalijuma dobijene su iz njegove gama linije na energiji 1461 keV-a. Rezultati su izražavani sa nivoom pouzdanosti 95%. Kao dodatna metoda za proveru rezultata pri merenju niskih aktivnosti korišćena je metoda komparativnog merenja sa standardnim uzorkom poznatih niskih aktivnosti. U tu svrhu je korišćen standardni uzorak IAEA-414.

Obračun godišnje efektivne doze ingestijom animalnih proizvoda vršen je prema preporukama Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA, 1996). Obrazac za efektivnu ekvivalentnu dozu od određenog radionuklida dat je izrazom:

$$E_x = A_x \cdot m \cdot \text{DCF}_x$$

Gde je:

$E_x$  - efektivna doza za ispitivani radionuklid;

$A_x$  - specifična aktivnost ispitivanog radionuklida u animalnom proizvodu;

**m** - masa (volumen) namirnice konzumirana tokom godine (kg ili L);

**DCF<sub>x</sub>** – doza konverzioni faktori (nSv/Bq).

## REZULTATI I DISKUSIJA

Prostorna raspodela brzina apsorbovanih doza zračenja na 1 metar iznad tla na području opštine Livno u okolini rudnika mrkog uglja „Tušnica-Drage” prikazana je kartografski na slici 1.

Slika 1. Brzine apsorbovanih doza zračenja na 1 m iznad tla u okolini rudnika „Tušnica – Drage”

Na lokalitetu Livno–Drage apsorbovana doza zračenja izmerena je na 65 tačaka a izmerene vrednosti su se kretale u rasponu 96–500 nGy h<sup>-1</sup>. Statistička analiza dobijenih rezultata pokazala je srednju vrednost od 144 nGy sat<sup>-1</sup> sa standardnom devijacijom od 51,3 što je ukazalo na neujednačenu distribuciju brzina doza. Najviše vrednosti brzine doze izmerene su na površinskom kopu rudnika (500 nGy h<sup>-1</sup>), a najniže na tačkama udaljenim od smera pružanja ugljenog sloja (105 nGy h<sup>-1</sup>).

Za utvrđivanje aktivnosti ispitivanih radionuklida u tlu uzimani su uzorci tla sa pašnjaka iz užeg i šireg okruženja rudnika „Tušnica-Drage”, a dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Aktivnosti <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>226</sup>Ra i <sup>40</sup>K u uzorcima tla (Bq kg<sup>-1</sup> suhog tla) sa područja Livna (dubina 0-15 cm)

Lokalitet	<sup>238</sup> U	<sup>232</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>40</sup> K
Podhum 1	37,31 ± 4,07	63,25 ± 1,46	124,53 ± 2,99	340,32 ± 34,2
Podhum 2	25,35 ± 2,93	45,75 ± 1,88	118,69 ± 2,97	362,18 ± 35,9
Potkraj 1	26,29 ± 2,70	49,67 ± 1,68	108,15 ± 2,70	304,17 ± 30,1
Potkraj 2	50,17 ± 5,62	65,75 ± 1,64	121,08 ± 2,91	430,21 ± 42,8
Potkraj 3	71,05 ± 7,39	49,94 ± 1,65	161,77 ± 3,72	359,59 ± 35,7
Podkraj 4	164,73 ± 13,51	25,95 ± 1,38	223,37 ± 5,02	157,36 ± 16,1
Potkraj 5	92,44 ± 9,15	63,58 ± 1,91	148,47 ± 3,16	436,8 ± 43,1
Potkraj 6	71,99 ± 7,42	70,24 ± 1,97	181,18 ± 4,89	463,8 ± 45,8
Potkraj 7	104,31 ± 11,58	53,61 ± 1,34	162,86 ± 3,93	327,21 ± 32,3
Deponija	65,54 ± 6,69	66,28 ± 1,69	113,36 ± 3,63	422,28 ± 42,0
<i>Srednja</i>	70,92	55,40	146,35	360,40
<i>Minimum</i>	25,35	25,95	108,15	157,36
<i>Maksimum</i>	164,73	70,24	223,37	422,28
<i>SD</i>	42,21	13,33	36,64	88,90

Na lokalitetu Livna zabeležene su više prosečne vrednosti uranijuma i naročito radijuma u uzorcima tla u odnosu na ostale lokalitete u Bosni i Hercegovini. Visoke standardne devijacije rezultata ukazale su na neravnomernu distribuciju ispitivanih radionuklida sa izuzetkom torijuma. Prva tri uzorka potiču sa tačaka uzorkovanja udaljenih od rudnika 2-5 km, dok je uzorkovanje ostalih uzoraka vršeno u smeru pružanja ugljenog sloja.

Najviše prosečne aktivnosti  $^{238}\text{U}$  i  $^{226}\text{Ra}$  u tlu utvrđene su u području Potkraj. Uzorci tla van ovog područja (Podhum) pokazali su niže nivoe  $^{238}\text{U}$  koji su se kretali od 25,4–37,3 Bq kg<sup>-1</sup> tla. Povišeni nivoi prirodnih radionuklida u tlu sa lokaliteta Potkraj posledica su izlaska ugljenog sloja na površinu tla tog područja i njegovog mešanja sa zemljom. Poznato je da veći deo Livanjskog polja leži na sloju uglja koji u području Potkraj pokazuje visoke nivoe aktivnosti  $^{238}\text{U}$  (623 Bq kg<sup>-1</sup>) i  $^{226}\text{Ra}$  (1191 Bq kg<sup>-1</sup>) zabeležene od drugih autora (Saračević i sar., 2009). Međutim, u uzorcima tla sa područja Podhum koje se nalazi van potencijalnog uticaja rudnika, nivoi  $^{226}\text{Ra}$  bili su takođe relativno visoki sa rasponom vrednosti 118,7-124,5 Bq kg<sup>-1</sup>. Ovaj nalaz je ukazao da veći dio Livanjskog polja pokazuje povišene nivoe  $^{226}\text{Ra}$  u tlu najverovatnije usled mešanja ugljene i krečnjačke formacije koja se nalazi u podlozi ovog područja. Nivoi  $^{232}\text{Th}$  i  $^{40}\text{K}$  u uzorcima tla bili su u okviru prosečnih svetskih vrednosti (UNSCEAR 2000). Uticaj samog rudnika na tlo u okruženju bio je minimalan u kontekstu činjenice da čitavo područje leži na sloju uglja sa višim nivoima uranijuma i radijuma. Značajniji rizik po životnu sredinu zasnivao se na činjenici da se ovaj ugalj često koristi za zagrevanje lokalnih domaćinstava, te da se pepeo i ugalj koriste za fertilizaciju oranica na kojima se uzgajaju različiti usevi.

Tabela 2. Prosečne vrednosti  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{40}\text{K}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$  i  $\text{Bq L}^{-1}$ ) u animalnim proizvodima preživara sa osnovnim statističkim parametrima.

Radionuklid	Mleko kravlje	Sir kravljji	Mleko ovčije	Sir ovčiji	Meso goveđe	Meso ovčije
$^{238}\text{U}$	$0,016 \pm 0,006$	$0,046 \pm 0,019$	$0,018 \pm 0,007$	$0,070 \pm 0,030$	$0,020 \pm 0,008$	$0,017 \pm 0,007$
Min. – maks.	0,012–0,0200	0,020 – 0,070	0,015 – 0,020	0,050 – 0,080	0,016–0,023	0,011–0,024
SD	0,004	0,027	0,010	0,015	0,050	0,006
$^{232}\text{Th}$	$0,002 \pm 0,001$	$0,010 \pm 0,003$	$0,003 \pm 0,001$	$0,011 \pm 0,003$	$0,002 \pm 0,001$	$0,002 \pm 0,001$
Min. – maks.	0,002 - 0,003	0,007 - 0,015	0,001–0,004	0,009–0,013	0,002–0,002	0,001–0,003
SD	6 E-04	0,004	0,002	0,002	7 E-04	0,0013
$^{226}\text{Ra}$	$0,049 \pm 0,150$	$0,080 \pm 0,024$	$0,032 \pm 0,010$	$0,207 \pm 0,060$	$0,039 \pm 0,012$	$0,028 \pm 0,009$
Min.-maks.	0,040 – 0,060	0,060 – 0,100	0,022–0,045	0,190–0,230	0,027–0,060	0,030 – 0,050
SD	0,008	0,020	0,016	0,020	0,350	0,011
$^{40}\text{K}$	$53,0 \pm 6,4$	$47,5 \pm 5,7$	$46,4 \pm 5,6$	$31,2 \pm 3,8$	$83,9 \pm 9,1$	$86,4 \pm 9,2$
Min. – maks.	46,6 – 67,0	30,3 – 58,9	39,2 – 51,2	27,3 – 34,9	74,1 – 96,9	78,1 – 95,9
SD	9,6	15,2	6,4	3,8	11,8	6,6

U tabeli 2. prikazane su prosečne vrednosti  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{40}\text{K}$  u uzorcima animalnih proizvoda preživara sa rasponima i standardnim devijacijama dobijenih vrednosti. Dobijeni rezultati ukazali su na blago povišene nivoe  $^{238}\text{U}$  i  $^{226}\text{Ra}$  u uzorcima animalnih proizvoda preživara u odnosu na vrednosti navedene u izveštaju UNSCEAR-a (UNSCEAR 2000). Razlog tome bili su povišeni nivoi ova dva radionuklida u tlu ispitivanog područja. Međutim, dobijene vrednosti ukazale su takođe na nelinearan transfer pomenutih radionuklida iz tla u animalne proizvode preživara u poređenju sa nekim drugim područjima Bosne i Hercegovine. U studiji izvedenoj u okolini termoelektrane Kakanj (Samek-a i sar., 2009) prosečni nivoi  $^{238}\text{U}$  i  $^{226}\text{Ra}$  u tlu ( $41 \text{ Bq kg}^{-1}$  za  $^{238}\text{U}$  i  $27 \text{ Bq kg}^{-1}$  za  $^{226}\text{Ra}$ ) rezultirali su nivoima ova dva radionuklida u animalnim proizvodima preživara koji su se kretali u rasponu  $0,010\text{--}0,025 \text{ Bq kg}^{-1}$  za  $^{238}\text{U}$  i  $0,025\text{--}0,053 \text{ Bq kg}^{-1}$  za  $^{226}\text{Ra}$ . Obzirom na više nivoe pomenutih radionuklida u tlu sa područja Livna u odnosu na područje Kaknja, nivoi aktivnosti u uzorcima animalnih proizvoda iz Livna nisu bili značajnije povišeni što je ukazalo na slabiju biološku iskoristljivost ispitivanih radionuklida sa područja Livna.

U tabeli 3. date su vrednosti efektivnih godišnjih doza ingestijom animalnih proizvoda preživara sa osnovnim podacima potrebnim za njihov obračun (prosečne aktivnosti radionuklida u ispitivanim uzorcima, prosečna godišnja konzumacija animalnih proizvoda preživara i doza konverzioni faktori (DCF) za prevođenje aktivnosti u efektivnu dozu ingestijom).

Tabela 3. Godišnje efektivne doze od ingestije animalnih proizvoda preživara za odraslu populaciju na području Livna (nSv )

Animalni Proizvod	Aktivnost (Bq kg <sup>-1</sup> ili L <sup>-1</sup> )				Konzumacija (kg godišnje)	DCF * (nSv/Bq)				Efektivna godišnja doza (nSv)				Ukupna godišnja efektivna doza (nSv)
	<sup>238</sup> U	<sup>232</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>40</sup> K		<sup>238</sup> U	<sup>232</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>40</sup> K	<sup>238</sup> U	<sup>232</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>40</sup> K	
Kravlje mleko	0,016	0,002	0,049	52,9	70	45	220	280	6,2	50	31	960	22959	24000
Ovčije mleko	0,018	0,003	0,032	46,4	3	45	220	280	6,2	2	2	27	863	894
Kravlji sir	0,046	0,010	0,080	47,5	10	45	220	280	6,2	21	22	224	2945	3212
Ovčiji sir	0,066	0,010	0,200	31,2	3	45	220	280	6,2	9	7	168	580	764
Govedina	0,02	0,002	0,039	83,9	50	45	220	280	6,2	45	22	546	26009	26622
Ovčetina	0,017	0,002	0,028	86,4	15	45	220	280	6,2	12	7	118	8035	8172
UKUPNO					151					139	91	2042	61392	63664

Na lokalitetu Livna utvrđena godišnje efektivna doza ingestijom animalnih proizvoda preživara iznosila je približno 0,064 mSv (tabela 3). Najveći doprinos dozi dolazio je od <sup>40</sup>K (96,4%) dok su od radionuklida uranijumovog niza u efektivnoj godišnjoj dozi učestvovali i <sup>226</sup>Ra (3,2%) i <sup>238</sup>U (0,2%). Učešće torijuma u godišnjoj dozi ingestijom animalnih proizvoda preživara iznosilo je 0,14%. U godišnjoj efektivnoj dozi ingestijom pored animalnih proizvoda učestvuju i doze od konzumiranja poljoprivrednih proizvoda i vode. Kako u ovom istraživanju nije vršeno ispitivanje nivoa u poljoprivrednim proizvodima i vodi za piće namenjenoj ljudima ocenu nivoa je moguće izvesti iz podataka datih u poslednjem izveštaju UNSCEAR-a (UNSCEAR 2000). Prema tom izveštaju animalni proizvodi u prosečnom godišnjem obroku odraslih individua učestvuju sa 15% ili 155 kg godišnje. Anketom dobijeni podaci o konzumiranju animalnih proizvoda preživara sa ispitivanih područja pokazali su da se animalni proizvodi preživara na ovim područjima konzumiraju u godišnjoj količini od 151 kg što odgovara godišnjoj konzumaciji navedenoj u izvještaju UNSCEAR-a. Takođe, sastav i odnosi ostalih komponenti obroka navedenih u izveštaju UNSCEAR-a odgovaraju prosečnom obroku na području BiH. U sastav obroka za odrasle osobe ulazi takođe i prosečna godišnja konzumacija vode od 500 litara. Ako se uzme da dobijena vrednost godišnje efektivne doze utvrđene na području Livna od 0,064 mSv iznosi 15% ukupne doze ingestijom, onda se obračunom na ukupni obrok koji uključuje poljoprivredne proizvode i vodu dobije vrednost od 0,426 mSv godišnje. Ovaj rezultat je u veoma dobroj saglasnosti sa rezultatima drugih autora (Saračević i sar., 2009), koji su u istraživanju na području Livna dobili vrednost od 0,412 mSv godišnje obračunato na ukupni godišnji obrok. Dobijene vrednosti uklapaju se u raspon vrednosti ponuđenih u navedenom izvještaju UNSCEAR-a (0,2–0,8 mSv godišnje) za ukupnu godišnju efektivnu dozu ingestijom mada su nešto više od prosečnih vrednosti od 0,3 mSv navedenih u istom izveštaju. Razlog tome bili su nešto viši nivoi radijuma i uranijuma u uzorcima animalnih proizvoda preživara sa ovoga područja. Uzrok viših nivoa aktivnosti prirodnih radionuklida u uzorcima animalnih proizvoda preživara kao i posledičnoj dozi ingestijom ovih proizvoda bio je prirodno povišeni sastav uranijuma i radijuma na tom području. Uticaj rudnika u tom smislu bio je bez



značaja obzirom da su više vrednosti u animalnim proizvodima dobijene i u uzorcima van uticaja rudnika. Značajniji uticaj bi se mogao pojaviti u slučaju intenzivnijeg spaljivanja uglja u domaćinstvima i industriji usled koncentrisanja aktivnosti u pepelu. Obzirom da dobijena vrednost leži u rasponu ponuđenih vrednosti UNSCEAR-a za godišnju efektivnu dozu ingestijom, uzorci animalnih proizvoda preživara sa ovog lokaliteta se mogu smatrati radijaciono-higijenski ispravnim za ljudsku upotrebu.

## ZAKLJUČAK

Prosečna brzina apsorbovane doze zračenja i prosečne aktivnosti ispitivanih radionuklida u uzorcima tla izmerene u okruženju površinskog kopa rudnika mrkog uglja „Tušnica-Drage” ukazale su na povišene nivoe uranijuma i radijuma u podlozi ovoga područja. Povišeni nivoi uranijuma i radijuma u animalnim proizvodima preživara nisu rezultirali značajnijim povišenjem godišnje efektivne doze ingestijom ovih proizvoda za odraslu populaciju. Dobijeni rezultati ukazali su na nisku biološku iskoristljivost ispitivanih radionuklida koja je rezultirala zadovoljavajućim radijaciono-higijenskim statusom animalnih proizvoda ovoga područja. Aktivnosti rudnika mrkog uglja „Tušnica-Drage” nisu pokazale značajan uticaj sa aspekta radijaciono-higijenske ispravnosti animalnih proizvoda preživara u neposrednom okruženju.

## ZAHVALNICA

Veći dio ovog rada realizovan je u okviru projekta „Procjena okolišnog rizika pri upotrebi radioaktivno kontaminiranog industrijskog otpada”, skraćenica „INTAILRISK” finansiranog unutar FP6 Programa Evropske komisije (Ugovor br. INCO-CT-2004-509214).

## LITERATURA

1. IAEA: International Basic Safety Standards for Protection against Ionising Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna, 1996.
2. Lapham, S.C., Millard, J.B., Samet, J.M.: Health implications of radionuclide levels in cattle raised near U mining and milling facilities in Ambrosia Lake, New Mexico. *Health Physics* 56,327–340, 1989.
3. Samek, D., Saračević, L., Gradašćević, N., Mihalj, A.: Technologically enhanced natural radioactivity in vicinity of the Coal Burning Power Plant Kakanj, BiH, Radioprotection, *EDP Sciences*, Vol 44, n° 5, 759-764., 2009.
4. Saračević L., Samek, D., Mihalj, A., Gradašćević N.: The natural radioactivity in vicinity of the brown coal mine Tusnica-Livno, BiH, Radioprotection, *EDP Sciences*, Vol 44, n° 5, 315-320, 2008.

5. UNSCEAR: Sources and Effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly with Scientific Annexes, UN, New York, 2000.
6. Vandenhove, H., Sweck, L., Mallants, D., Vanmarcke, H., Aitkulov, A., Sadyrov, O., Savosin, M., Tolongutov, B., Mirzachev, M., Clerc, J.J., Quarch, H., Aitaliev, A.: Assessment of radiation exposure in the uranium mining and milling area of Mailuu Suu, Kyrgyzstan, *Journal of Environmental Radioactivity*, 88, 118-139, 2006.

Primljeno: 02.11.2009.

Odobreno: 17.11.2009.