

Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

**Монографија**  
**ЧЕРНОБИЉ**  
**30 година после**

Уредник  
**др Гордана Пантелић**

**Београд**  
**2016**

Монографија: **ЧЕРНОБИЉ 30 година после**

Издавач: Институт за нуклеарне науке „Винча“, Лабораторија за  
заштиту од зрачења и заштиту животне средине  
„Заштита“  
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За издавача: др Борислав Грубор

Рецензенти: др Оливера Цирај Бјелац  
др Иштван Бикит  
др Владимир Удовичић  
др Невенка Антовић  
др Ивана Вуканац  
др Драгослав Никезић  
др Душан Мрђа  
др Марија Јанковић  
др Јелена Крнета Николић

Уредник: др Гордана Пантелић

Лектор/коректор: Мариола Пантелић, MSc

Објављивање монографије помогли:  
Министарство просвете, науке и технолошког развоја

ISBN 978-86-7306-138-2

Штампа: Штампарија Института за нуклеарне науке „Винча“, 522,  
11001 Београд, Тел. 011-8066-746

Тираж: 150 примерака

## GAMASPEKTROMETRIJSKA KONTROLA HRANE ZA LJUDE I ŽIVOTINJE NAKON AKCIDENTA U ČERNOBILJU

Dubravka VUKOVIĆ<sup>1</sup>, Mihajlo VICENTILJEVIĆ<sup>1</sup> i Gordana PANTELIĆ<sup>2</sup>

1) Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Beograd, Srbija, [dubakaiva@gmail.com](mailto:dubakaiva@gmail.com),  
[vicamihajlo@yahoo.com](mailto:vicamihajlo@yahoo.com)

2) Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd, Srbija, [pantelic@vinca.rs](mailto:pantelic@vinca.rs)

### Rezime

Nuklearni akcident u Černobilju koji se desio 26.04.1986. godine u bivšem SSSR-u, (danas Ukrajina) izazvao je veliku pažnju i zabrinutost javnosti zbog moguće kontaminacije životne sredine. Radioaktivni oblak je do naših prostora stigao za nekoliko dana, kada su u uzorcima aerosola i padavina u bivšoj Jugoslaviji detektovani radionuklidi poreklom iz Černobilja. Laboratorije u Srbiji koje su bile opremljene za merenja su započele ispitivanje radioaktivnosti odmah nakon akcidenta, a u Laboratoriji za Radijacionu higijenu Naučnog instituta za veterinarstvo Srbije sadržaj radionuklida se ispituje gamaspektrometrijski u namirnicama i hrani za životinje od 1989. godine. Godišnje je analizirano od 206 do 2400 uzoraka. Od toga je najviše bilo uzoraka ribljeg brašna, mesa, riba, mleka u prahu, itd., koji su većinom bili radijaciono-higijenski ispravni i bezbedni za upotrebu. Nakon akcidenta u Fukušimi 2011. godine pojačana je analiza hrane koja dolazi iz Azije. Najveći broj ispitanih uzoraka su bile ribe iz Tajlanda, Kine i Vijetnama, a ispitivani uzorci su bili radijaciono-higijenski ispravni i bezbedni za upotrebu.

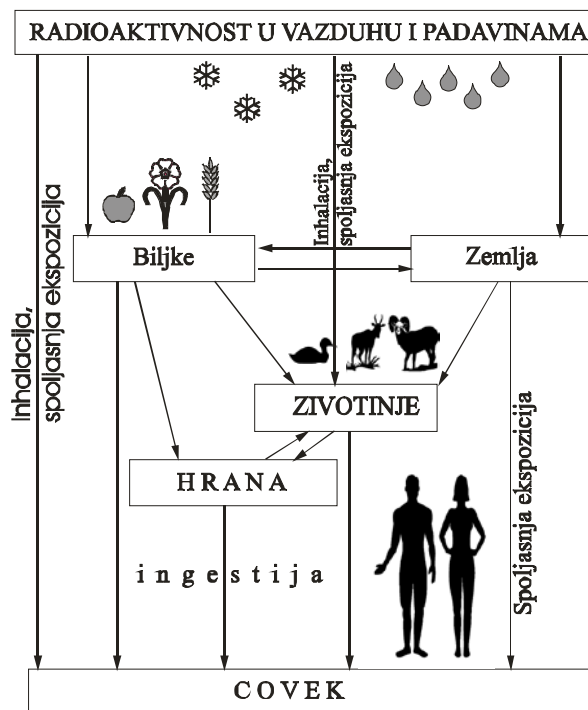
### 1. UVOD

Od više nuklearnih akcidenata posle drugog svetskog rata, akcident na četvrtom bloku nuklearne elektrane u Černobilju koji se desio 26.04.1986. godine, je naznačajniji sa posledicama koje se i danas osećaju. Loše planirani i neodgovorno sproveden eksperiment je doveo do smrti 28 ljudi, preseljenja hiljada ljudi i materijalnu štetu koja se meri milijardama dolara. Akcidentom je najviše bila ugrožena severna hemisfera.

Na distribuciju izbačenog materijala, a samim tim i zagađenje teritorija u najvećoj meri su uticali meteorološki uslovi. Zemlje van Sovjetskog Saveza primile su više radiocezijuma nego sam Sovjetski Savez. Od  $1,5 \times 10^{17}$  Bq ukupno emitovanog  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u Sovjetskom Savezu je deponovano  $45 \times 10^{15}$  Bq, dok je veći deo  $^{90}\text{Sr}$  i transuranskih elemenata zadržan u granicama SSSR-a [1].

Prema podacima UNSCEAR-a radioaktivni oblak je zahvatio teritoriju SFRJ u dva talasa. Procenjeno je da je u toku 1986. godine na teritoriju SFRJ deponovano oko 2,4% od ukupno ispuštenih radionuklida (bez inertnih gasova), odnosno oko 5%  $^{131}\text{I}$  i oko 10%  $^{137}\text{Cs}$ . Radioaktivne padavine koje su usledile neposredno posle akcidenta u Černobilju su kontaminirale područje SFRJ, pri čemu je najmanje bila ugrožena centralna Srbija i obala Jadranskog mora [2]. Glavni putevi delovanja na čoveka su se ispoljili kroz spoljašnje ozračivanje, od radionuklida deponovanih na tlu, i unutrašnje

ozračivanje konzumiranjem hrane i vode [3] (slika 1). U prvih nekoliko nedelja najveći deo doze je poticao od joda, da bi već sledeće godine (a i kasnije) to bilo od cezijuma. Prvih nekoliko nedelja posle akcidenta najveći problem je bio  $^{131}\text{I}$  u mleku i mlečnim proizvodima. U velikim količinama utiče na štitnu žlezdu dovodeći do pojave raka. Rešenje je bilo da se od kontaminiranog mleka naprave proizvodi koji mogu duže da stoje kao što je mleko u prahu, kondezovano mleko, sir [4].



Slika 1. Glavni putevi ekspozicije stanovništva [3]

Od sedam radioaktivnih izotopa cezijuma dva su značajna za zagađenje životne sredine:  $^{134}\text{Cs}$  ( $T_{1/2} = 2,06$  godina) i  $^{137}\text{Cs}$  ( $T_{1/2} = 30,17$  godina). Oba radionuklida su bila prisutna u gorivnim elementima nuklearnog reaktora iz koga su emisijom dospela u životnu sredinu. Radiocezijum do biljaka dospeva suvim ili vlažnim padavinama. Jon cezijuma je hemijski i biohemijski homolog kalijuma i u organizmu prati njegov metabolizam, a može se usvojiti fizičkom i hemijskom sorpcijom ili jonskom izmenom. Potpuno je rastvorljiv u telesnim tečnostima i ravnomerno se raspoređuje u organizmu. Zbog ove osobine za cezijum ne postoji kritičan organ i on predstavlja organotropni radionuklid. Fizičko-hemijske karakteristike su mu takve da se aktivno uključuje u lanac ishrane ljudi i životinja preko biljaka.

Informacije o prostornoj i vremenskoj podeli i trendovima zagađenja vazduha i okoline radionuklidima, posebno u uslovima nuklearne nesreće i nekontrolisane emisije fisionih produkata mogu se prikupiti pomoću lišajeva, jer oni predstavljaju indikatore zagađenja životne sredine. Lišajevi su organizmi adaptirani za preživljavanje ekstremnih uslova. Opstaju u predelima velike vlage i suše, velikih svetlosnih i temperaturnih promena, visokih nivoa radioaktivnosti i visokih koncentracija zagađujućih supstanci. Imaju veliku upotrebu u farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji.

Pošto je ispuštanje radionuklida iz oštećenog reaktora bilo neujednačeno, izmereni nivo aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  u lišajevima su bili različiti što je posledica kontaminacije iz radioaktivnog oblaka i njegovog kretanja. Neposredno posle akcidenta 1986. godine nivo aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  u lišajevima tundri u Norveškoj je bio od 7600 do 20800 Bq/kg, a godinu dana kasnije i do 40040 Bq/kg [5]. Tako visoke aktivnosti predstavljaju problem u ishrani životinja (irvasi) a nisu pogodni ni za upotrebu u farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji.

Mere koje se mogu preduzeti u slučaju kontaminacije zemljišta su duboko zaoravanje, dodavanje kreča, đubrenje sa kalijumovim đubrivima.

Problem kontaminacije pašnjaka i ishrane životinja ekstezivnog uzgoja može da se reši korišćenjem radioprotektora koji vezuju cezijum u gastrointestinalnom traktu životinja. Vršeni su eksperimenti sa glinom, bentonitom, amonijum heksacijanoferatom (prusko plavo). U eksperimentima sa bentonitom došlo je do redukcije cezijuma u mleku i mesu za 50%, međutim problem predstavlja smanjenje apetita kod životinja kao i povećano unošenje tečnosti. Najpogodniji za upotrebu se pokazao heksacijanoferat u obliku velikih kapsula prekrivenih voskom koji u želudcu životinja apsorbuje 50-60% cezijuma. Za divlje životinje je najpogodnija so za lizanje na bazi heksacijanoferata. Posle Černobiljskog akcidenta, davali su ga u manjem broju zemalja (Norveška, Švedska, Nemačka, Austrija) da bi se sredinom devedesetih ta praksa ustalila i u drugim zemljama [6-9].

Navike u ishrani u velikoj meri utiču na kontaminaciju cezijumom. Unošenje hrane kao što su bobice, pečurke i ribe iz ribnjaka u oblastima Rusije, Ukrajine i Belorusije koje se nalaze bliže Černobilju su dovele do toga da 50-80% unetog cezijuma otpada na tu vrstu hrane. Od toga samo na ribu otpada 20-40%. Slatkovodna riba je u nekim oblastima bila visoko kontaminirana. Izmerena vrednost aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  u pastrmki u Norveškoj je bila 8400 Bq/kg u 1987. godini, da bi 2008. godine bilo izmereno 200-300 Bq/kg. Ispitivanja sa različitih aspekata su vršena u raznim zemljama u pokušaju da se shvati mehanizam kontaminacije i dekontaminacije i šta utiče na njih [10-16].

U martu 2011. godine istočni Japan je pogodio zemljotres koji je prouzrokovao veliki cunami koji je oštetiо sistem za hlađenje Fukušima Dai-iči nuklearke i doveo do ispuštanja velike količine radioaktivnih elemenata. Ispušteno je 6% I-131 i 42% Cs-137 od količine koja je ispuštena u Černobilju. Radioaktivni oblak koji je krenuo iz Japana prešao Severnu Ameriku, zatim preko Atlanskog okeana, da bi na kraju stigao u Evropu. S obzirom na toliki put nije ni čudo da su u Evropi detektovane minimalne količine radionuklida [17].

U Japanu je u aprilu 2012. godine doneta norma za cezijum u ribama od 100 Bq/kg, međutim ta norma je premašena čak i na udaljenosti od više stotina kilometara što predstavlja problem kako japancima koji su veliki konzumenti ribe, tako i izvoznicima ribe [18].

## 2. MATERIJAL I METODE

Neposredno nakon akcidenta pa do 1989. godine merenje radioaktivnosti uzoraka prikupljenih u Institutu za veterinarstvu Srbije vršena su u drugim laboratorijama [19]. U našoj laboratoriji se gamaspektrometrijska merenja vrše od 1989. godine kada je nabavljen prvi detektor firme ORTEC, dok je drugi nabavljen 1997. godine. Efikasnost prvog detektora je 25%, drugog 30%, a rezolucija na gama liniji 1332,50 keV  $^{60}\text{Co}$  je

ista za oba detektora i iznosi 1,85 keV. Kalibracija je rađena sa mešanim standardima iste zapremine (1 L) i oblika kao što su Marineli posude u kojima su se uzorci merili. Mereni su uzorci namirnica i hrane za životinje uglavnom iz uvoza, dok je manji deo bio domaćeg porekla. Vreme merenja je iznosilo 3600 s, a po potrebi i duže.

### 3. REZULTATI

#### 3.1. Rezultati merenja u toku 80-ih i 90-ih godina

Odmah nakon informacija da je došlo do akcidenta započeta su intezivna merenja u bivšoj Jugoslaviji (i Srbiji) da bi se dobile informacije o nivou kontaminacije. Utvrđeno je da je u zavisnosti od padavina sadžaj cezijuma neujednačen i zavisi od količine padavina kao i da nivoi kontaminacije rastu sa nadmorskom visinom. U tabeli 1 su prikazani rezultati određivanja nivoa aktivnosti  $^{137+134}\text{Cs}$  u biljnim proizvodima u prvim mesecima posle akcidenta.

Tabela 1. Nivoi aktivnosti radionuklida  $^{137+134}\text{Cs}$  u biljnim proizvodima za period maj-jul 1986.

Vrsta uzoraka	Aktivnost $^{137+134}\text{Cs}$ (Bq/kg)
trava	22 - 200
povrće i voće	15 - 200
spanać	207
kupus	162
luk	2
razno povrće	10- 4200
raž	172

U tabeli 2 su prikazani rezultati u stočnim proizvodima za isti period. Uočava se da je način ishrane životinja uticao na nivo kontaminacije. Ekstenzivan uzgoj – slobodna paša goveda i ovaca je doprinela tome da njihovo meso i mleko imaju višestruko viši sadržaj cezijuma u odnosu na životinje iz intezivnog uzgoja. Najviši sadržaj cezijuma je bio u mleku u prahu, koje je koncentrisan proizvod (8-10 L mleka za 1 kg mleka u prahu).

Krajem osamdesetih godina kontaminacija se postepeno smanjivala, kao što se vidi u tabeli 3. Najviše uzoraka je iz uvoza, a manji deo je domaćeg porekla. U tom periodu su povećanu aktivnost imali goveđe meso i riba, kao i riblje brašno i mleko u prahu kao koncentrovani proizvodi [19]. U Hrvatskoj je na osnovu dugogodišnjih merenja sadržaj cezijuma u ribama (šaran) merenim 1987. godine iznosio 19,5 Bq/kg, da bi 2007. godine pao na 0,07 Bq/kg [20]. Rezultati naših merenja iz više ribnjaka u Srbiji od sredine devedesetih do 2015. godine pokazuju da je sadržaj cezijuma manji od 1 Bq/kg.

Sadržaj cezijuma se prikazivao kao zbirna vrednost  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{134}\text{Cs}$  zbog njihove visoke aktivnosti, međutim zbog kratkog vremena poluraspada  $^{134}\text{Cs}$  početkom devedesetih nije mogao da se detektuje u većini uzoraka s obzirom da je aktivnost  $^{137}\text{Cs}$  iznosila manje od 1 Bq/kg.

**Tabela 2. Nivoi aktivnosti radionuklida  $^{137+134}\text{Cs}$  u stočnim proizvodima za period maj-jul 1986. godine**

Vrsta namirnice		Aktivnosti $^{137+134}\text{Cs}$ (Bq/kg)
MLEKO	kravlje	4-366
	ovčije	13-3980
	kozje	9-35
MLEČNI PROIZVODI	mleko u prahu	441-4545
	kiselo mleko	10-287
	kravlji sir	255
	ovčiji sir	128-356
MESO	goveđe	2-1490
	Teleće	4-60
	jagnjeće	10-680
	svinjsko	10-34
	živinsko	10-37

**Tabela 3. Komparativni prikaz nivoa aktivnosti radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  u uzorcima animalnih proizvoda i stočne hrane za period 1990-1995. godine**

Vrsta uzorka		Aktivnost $^{137+134}\text{Cs}$ (Bq/kg)					
		1990	1991	1992	1993	1994	1995
Meso	goveđe	<1 - 41	<1 - 2	<1 - 1,5	<1	<1	<1
	juneće	<1	<1 - 2	<1	<1	<1	<1
	ovčije	-	<1 - 4	<1 - 1,2	-	-	-
	jagnjeće	<1 - 1,4	<1 - 1,4	<1 - 1,2	<1 - 1,2	<1 - 2,2	-
	svinjsko	<1	<1 - 1,8	<1	<1 - 1,2	<1 - 1,1	-
	pileće	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	proizvodi od mesa	<1 - 2,2	<1	<1	<1	<1	<1
Mleko	kravlje	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	mlečni proizvodi	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	mleko u prahu	<1 - 1,3	<1 - 2	<1	<1 - 12	<1 - 25	<1 - 20
	RIBA	<1	<1	<1 - 1,3	<1 - 1,2	<1	<1 - 9,7
Stočna hrana	pšenica	-	<1	-	-	<1	<1
	kukuruz	-	<1	-	<1	<1	<1
	ječam	-	<1	-	-	<1	-
	brašno od lucerke	-	<1	-	-	<1	-
	sojina sačma	-	<1	-	-	<1 - 3	<1 - 1,8
	suncokretova sačma	-	<1	-	-	-	<1
	riblje brašno	-	<1	-	<1 - 21	<1 - 7,5	<1

U tabeli 4 su prikazani broj uzoraka po godinama, broj neispravnih uzoraka, kao i maksimalne vrednosti za cezijum u toku svake godine. Povećane vrednosti cezijuma su detektovane kod sitnijih riba kao što su papaline zbog njihovog načina ishrane. Niske vrednosti cezijuma izmerene u ribama iz ribnjaka, mleku i mesu u Srbiji ( $< 1$  Bq/kg) su uticale na donošenje odluke o dozvoljenoj granici kod uvoznih proizvoda koja je od početka devedesetih godina iznosila 1 Bq/kg za sveže uzorke, dok je za koncentrovane proizvode kao što su mleko u prahu i riblje brašno iznosila 10 Bq/kg [21-23]. To je važno do donošenja novog pravilnika iz 2011. godine kada su dozvoljene granice povećane [24].

### 3.2. Rezultati merenja u toku 2011. godine (akcident u Fukušimi)

Na vest da je u Japanu došlo do većeg akcidenta u našoj laboratoriji je izvršeno merenje trave i deteline pokošene u okolini Naučnog instituta za veterinarstvo, da bi se ustanovilo da li je do naših prostora došla kontaminacija. Rezultati su prikazani u tabeli 5. Detektovali smo samo veoma male aktivnosti  $^{131}\text{I}$ , što odgovara vrednostima koje su nađene i u Španiji [17, 25]. Na slici 2 prikazan je deo spektra na kome može da se uoči pik koji potiče od  $^{131}\text{I}$ .

U uzorcima poreklom iz Azije kao što su ribe, čajevi i alge nije uočeno povećanje radioaktivnosti ni joda ni cezijuma.

**Tabela 4. Broj ispitivanih uzoraka i broj neispravnih uzoraka po godinama i maksimalno izmerene vrednosti aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$**

Godina	Broj izmerenih uzoraka	Broj uzoraka sa sadržajem $^{137}\text{Cs}$ iznad granica	Maksimalna izmerena aktivnost $^{137}\text{Cs}$ (Bq/kg)
1990	205	-	41 (meso)
1991	813	-	2 (meso)
1992	1106	-	1,5 (meso)
1993	543	2	21 (riblje brašno)
1994	1018	40	25 (mleko u prahu)
1995	751	17	20 (mleko u prahu)
1996	342	15	24 (riblje brašno)
1997	868	7	18 (mleko u prahu)
1998	1195	3	53 (čaj)
1999	296	2	10 (riba)
2000	688	2	159 (pečurke)
2001	1761	3	22 (stočni kvasac)
2002	875	2	15 (stočni kvasac)
2003	407	-	5,9 (riba)

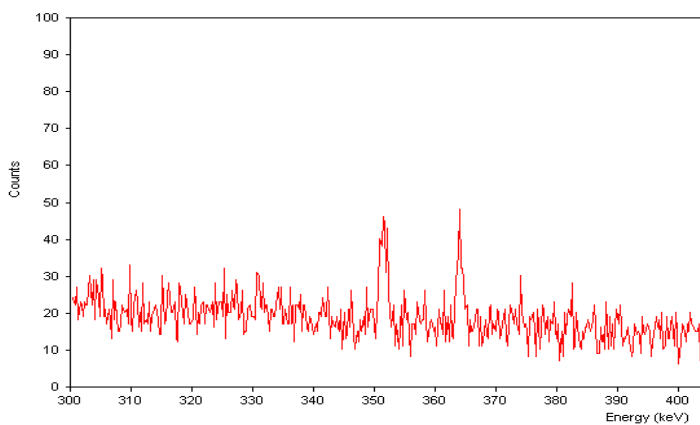


Tabela 4. nastavak

2004	373	-	5,6 (riblje brašno)
2005	1341	-	5,4 (riblje brašno)
2006	1878	1	13,3 (min.vit.dodaci)
2007	1468	-	4,4 ( riblje brašno)
2008	1018	-	4,3 (riba)
2009	2036	1	50 (riblje brašno)
2010	1623	1	20,4 (čaj)
2011	1042	-	4,1 (riba)
2012	674	-	3,7 (mleko u prahu)
2013	626	-	1,95 (riblje brašno)
2014	1138	-	3,9 (riba)
2015	2409	-	3,1 (riba)

Tabela 5.  $^{131}\text{I}$  u uzorcima sveže trave

Uzorak	Datum uzorkovanja	Aktivnost $^{131}\text{I}$ (Bq/kg)
Trava	18.04.2011.	0,42 ± 0,10
Detelina	18.04.2011.	0,43 ± 0,09



Slika 2. Deo spektra trave na kome se vidi linija 364,5 keV-a koja pripada radionuklidu  $^{131}\text{I}$

#### 4. ZAKLJUČAK

Upotreba nuklearne energije nosi sa sobom rizik od mogućih akcidenata koliko god da se preduzimaju sigurnosne mere. Neposredno nakon akcidenta u Černobilju najveću opasnost su predstavljali jod i cezijum. Jod se relativno brzo raspao, ali cezijum koji ima duže vreme poluraspada je ostao mnogo duže u životnoj sredini. Najviše aktivnosti su bile izmerena u mesu i mleku ovaca, mleku u prahu, govedem mesu i određenim vrstama povrća (do 4545Bq/kg). Tokom godina vrednosti su padale, da bi danas najveći broj uzoraka imao vrednost manju od jednog bekerela po kilogramu.

Akcident u Černobilju je primer za to, pa iako je prošlo 30 godina posledice se i danas osećaju u nekim delovima Evrope. Bez obzira na veliko iskustvo koje je tu stečeno akcident u Fukušimi je doneo nove izazove u rešavanju specifičnih problema.

Od 1975. godine se u našoj zemlji vrši redovna kontrola predmeta veterinarsko-sanitarnog i fito-sanitarnog nadzora hrane iz uvoza. Na taj način se uz kontrolu domaćih proizvoda obezbeđuje radijaciono-higijenski ispravna hrana za ljude i životinje.

#### 5. LITERATURA

- [1] A. Aakrog. The radiological impact of Chernobyl debris compared with from nuclear weapons fallout. *J. Environ. Radioact.* 6 (1988) 151-162.
- [2] Nivo radioaktivne kontaminacije čovekove sredine i ozračenost stanovništva Jugoslavije 1986. godine usled havarije nuklearne elektrane u Černobilju. Savezni komitet za rad, zdravlje i socijalnu zaštitu, Beograd, 1987.
- [3] Gordana Pantelić. Genetski algoritmi, doktorska disertacija, Fizički fakultet, Beograd, 2010.
- [4] N.A. Beresford, S.Fesenko, A.Konoplev, L.Skuterud, J.T.Smith, G.Voigt. Thirty years after the Chernobyl accident: What lessons have we learnt? *J. Environ. Radioact.* 157 (2016) 77-89.
- [5] H. Staaland, T.H. Garmo, K. Hove and Pedersen Ø. Feed selection and radiocesium intake by reindeer, sheep and goats grazing alpine summer habitats in southern Norway. *J. Environ. Radioact.* 29(1) (1995) 39-56.
- [6] Giese, W., Counter measures for Reducing of Radiocesium to Animal Derived Food, *Sci. Total Environ.*, 85 (1989) 317-326.
- [7] Hove, K., Hansen, H.S., Reduction of Radiocesium Transfer to Animal Products Using Sustained Release Boli with Ammonium iron (III) Hexacyanoferate (II), *Acta Vet. Scand.*, 34 (3) (1993) 287-29.
- [8] Hansen, H.S., et al., The Effect of Sustained Release Boli with Ammonium iron (III) Hexacyanoferate (II) on Radiocesium Accumulation in Sheep Grazing Contaminated Pasture. *Health Phys.*, 71(5) (1996) 705-712.
- [9] M.Vicentijevic, G.Pantelic, D.Vukovic, B.Mitrovic, V.Vukovic, D. Zivanov, The Effect of Radioprotectors Protection Ability in peasant after alimentary contamination with <sup>137</sup>Cs. *Nucl. Technol. Radiat Prot.* 28(2) (2013) 232-236.
- [10] Smith, J.T., Kudelsky, A.V., Ryabov, I.N., Daire, S.E., Boyer, L., Blust, R.J., Fernandez, J.A., Haddingh, R.H., Voitsekhovitch, O.V., Uptake and elimination of radiocesium in fish and the "size effect". *J. Environ. Radioact.* 62 (2002) 145-164.
- [11] Koulikov, A.O., Mean depths, physiological and ecological factors influencing the radiocesium contamination of fish species from Kiev reservoir. *Sci. Total Environ.* 177 (1996) 125-135.
- [12] Koulikov, A.O., Ryabov, I.N., Specific cesium activity in freshwater fish and the size effect. *Sci. Total Environ.* 112 (1992) 125-142.
- [13] Monte, L., Brittain, J.E., Hakanson, L., Heling, R., Smith, J.T., Zheleznyak, M., 2003. Review and assessment of models used to predict the fate of radionuclides in lakes. *J. Environ. Radioact.* 69 (2003) 177-205.
- [14] Monte, L., Fratarcangeli, S., Pompei, F., Quaggia, S., Battella, C., Bioaccumulation of <sup>137</sup>Cs in the main species of fishes in lakes of central Italy. *Radiochem. Acta*, 60 (1993) 219-222.
- [15] Rowan, D. J., Rasmussen, J. B., Bioaccumulation of radiocesium by fish: the influence of physicochemical factors and trophic structure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51 (1994) 2388-2410.

- [16] Rowan, D.J., Rasmussen, J. B., The elimination of radiocaesium from fish. *J. Appl. Ecology* 32 (1995) 739–744.
- [17] A.Baeza, J.A.Corbacho, A.Rodriguez. Influence of the Fukushima Dai-ichi nuclear accident on Spanish environmental radioactivity levels. *J. Environ. Radioact.* 114 (2012) 138-145.
- [18] Mayumi Yoshimura, Tetsuya Yokoduka. Radioactive contamination of fishes in lake and streams impacted by the Fukushima nuclear power plant accident. *Sci.Total Environ.* 482–483 (2014) 184–192.
- [19] Mitrović R., R.Kljajić, B.Petrović, Dubravka Vuković: Rezultati analize radioaktivnog cezijuma (<sup>134,137</sup> Cs) u biotehničkoj proizvodnji za period 1985-1995. godine, *Savetovanje: "Černobilj, 10 godina posle", Zbornik radova*, 123-126, Budva, 1996.
- [20] Zdenko Franić, Gordana Marović. Long- term investigations of radioceasium activity in carp in North Croactia after the Chernobyl accident. *J. Environ. Radioact.* 94 (2007) 75-85.
- [21] Dubravka Vuković, R. Mitrović, B. Petrović, R. Kljajić: Aspects of radioecological determinations <sup>134</sup>Cs i <sup>137</sup>Cs in fodder, *EKOLOGIJA 1998, Supplementum*, 251-253.
- [22] Mitrović R., Dubravka Vuković, M. Vićentijević, R. Kljajić, B. Petrović: Riba kao pokazatelj radioaktivne kontaminacije, 46. *Savetovanje industrije mesa –( sa međunarodnim učešćem) Meso i proizvodi od mesa – ishrana i okolina*, Vrnjačka Banja, 1997. *TEHNOLOGIJA MESA*, No 2, 76-81, Beograd, 1998.
- [23] Vuković Dubravka, R. Mitrović, Vićentijević, M., Suzana Manić, D. Milićević: Stepen radioaktivne kontaminiranosti mesa i proizvoda od mesa u periodu od 1992. do 2000. 50. *jubilarno savetovanje industrije mesa-(sa međunarodnim učešćem), Arandelovac-Bukovička Banja, oktobar 2001.TEHNOLOGIJA MESA*, N° 1-2, 53-55, Beograd, 2002.
- [24] Pravilnik o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevinskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet. Službeni glasnik RS br. 86/2011.
- [25] Dubravka Vuković, Radosav Mitrović, Mihajlo Vićentijević, Gordana Pantelić: Kontrola radioaktivnosti nakon Fukušima akcidenta. 26. *Simpozijum društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore*, Zbornik radova, 133-136, Tara, 2011.

## **GAMMA SPECTROMETRY CONTROL OF FOOD AND FEED AFTER CHERNOBYL**

**Dubravka VUKOVIĆ<sup>1</sup>, Mihajlo VIĆENTIJEVIĆ<sup>1</sup> and Gordana PANTELIĆ<sup>2</sup>**

1) *Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Belgrade, Serbia, [dubakaiva@gmail.com](mailto:dubakaiva@gmail.com), [vicamihajlo@yahoo.com](mailto:vicamihajlo@yahoo.com)*

2) *Vinca Institute of Nuclear Science, Belgrade, Serbia, [pantelic@vinca.rs](mailto:pantelic@vinca.rs)*

The nuclear accident at Chernobyl, which occurred on 26 April 1986 in former SSSR, (now Ukraine), caused a great deal of attention and public concern about the possible contamination of the environment. In a few days the radioactive cloud came to our country, when radionuclides were detected in the samples of aerosol and precipitation. Laboratories in Serbia have begun testing radioactivity in food samples immediately after the accident, while radionuclide content is examined in food and feed in the Laboratory for Radiation Hygiene of the Institute of Veterinary Medicine of Serbia since 1989 by gamma spectrometry method. It was measured from 206 to 2400 samples annually. The most analysed samples were fishmeal, meet, fish, milk powder, etc. Almost all samples were radiation-hygienically correct and safe for use. Number of analysis of food that comes from Asia was increased after the accident in Fukushima in 2011. The largest number of samples have been fish from Thailand, China, Vietnam. All of the samples were radiation-hygienically correct and safe for use.

CIP - Каталогизација у публикацији –  
Народна библиотека Србије, Београд

614.876(082)

621.311.25(477.41)(082)

504.5:539.16(497.11)(082)

ЧЕРНОБИЉ : 30 година после : монографија / уредник  
Гордана Пантелић. - Београд : Институт за нуклеарне науке  
"Винча", Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту  
животне средине "Заштита" : Друштво за заштиту од зрачења  
Србије и Црне Горе, 2016 (Београд : Институт за нуклеарне  
науке "Винча"). - 286 стр. : илустр. ; 25 cm

Тираж 150. - Библиографија уз сваки рад. - Summaries.

ISBN 978-86-7306-138-2 ("Винча")

1. Пантелић, Гордана [уредник]

а) Нуклеарна електрана "Чернобил" - Хаварија - Зборници

б) Животна средина - Загађење радиоактивним материјама

- Србија - Зборници с) Несреће у нуклеарним електранама

- Последице - Зборници д) Јонизујуће зрачење - Штетно

дејство - Србија - Зборници

COBISS.SR-ID 226685452