



Република Србија
Агенција за заштиту од јонизујућих зрачења и
нуклеарну сигурност Србије

**Извештај о систематском испитивању
садржаја радионуклида у земљишту
у 2014 години**

Београд, август 2015. године



ИЗВЕШТАЈ

О СИСТЕМАТСКОМ ИСПИТИВАЊУ САДРЖАЈА РАДИОНУКЛИДА У ЗЕМЉИШТУ У 2014. ГОДИНИ

Овај извештај урађен је у складу са:

- Законом о заштити од јонизујућих зрачења и о нуклеарној сигурности („Службени гласник РС“, број 36/09 и 93/12) и
- Правилником о утврђивању програма систематског испитивања радионуклида у животној средини („Службени гласник РС“, број 100/10),
- Правилником о мониторингу радиоактивности („Службени гласник РС“, број 97/2011)

а на основу података које су доставили:

- Институт за нуклеарне науке "Винча", Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту животне средине
- Лабораторија за испитивање узорака и дозе јонизујућег и нејонизујућег зрачења, Природно-математички факултет, Нови Сад:

Београд, август 2015. године

СИСТЕМАТСКО ИСПИТИВАЊЕ САДРЖАЈА РАДИОНУКЛИДА У ЗЕМЉИШТУ

У току 2014 године су извршена мерења Систематског испитивања садржаја радионуклида у земљишту на основу Уговора број 404-02-7/6/2014-01 од 29.09.2014.год. који је склопљен између Агенције за заштиту од јонизујућих зрачења и нуклеарну сигурност Србије, и Института за нуклеарне науке Винча, Лабораторије за заштиту од зрачења и заштиту животне средине и Природно математичког факултета у Новом Саду, Лабораторије за испитивање радиоактивности узорак и дозе јонизујућег и нејонизујућег зрачења.

Програм испитивања

Програм испитивања земљишта подељен је на два дела односно:

1. Испитивање садржаја радионуклида у земљишту I (партија 1)
2. Испитивање садржаја радионуклида у земљишту II (партија 2)

Елементи за израду програма испитивања дати су у табели 1, за "Испитивање садржаја радионуклида у земљишту I" и у табели 2 за "Испитивање садржаја радионуклида у земљишту II".

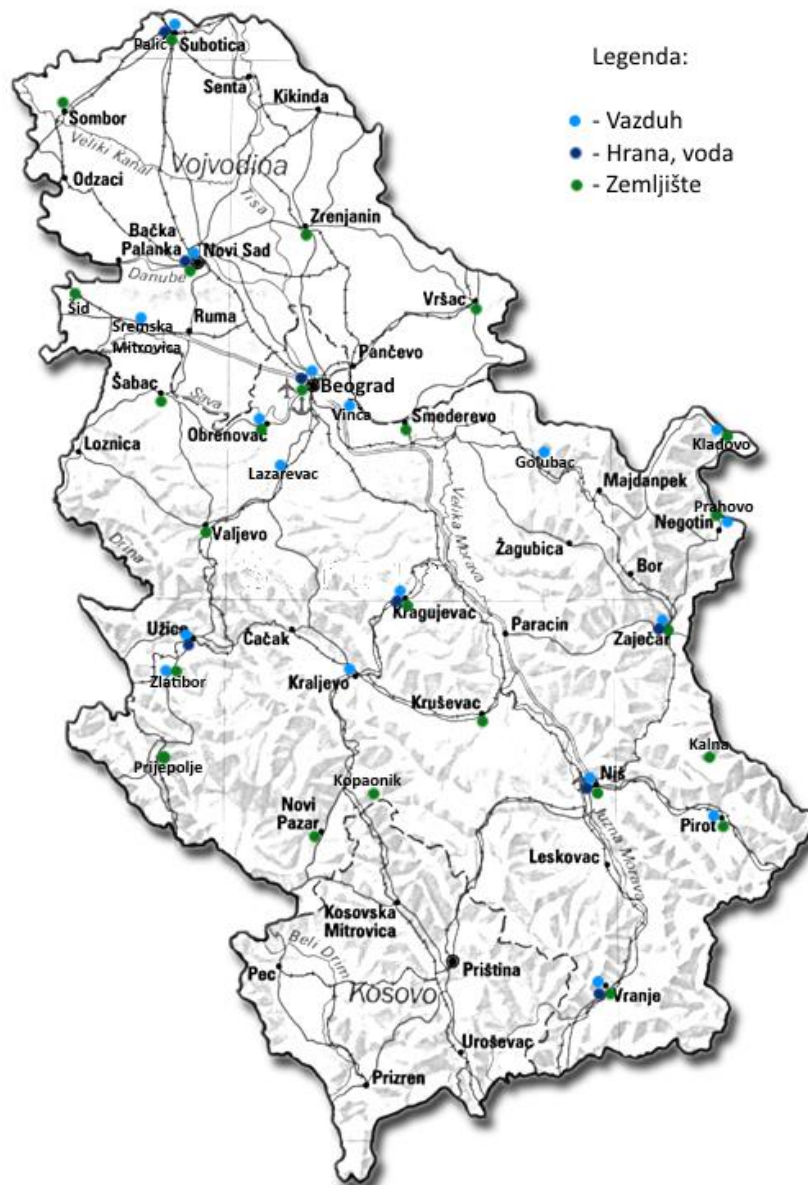
Табела 1. Програм испитивања за партију 1: "Испитивање садржаја радионуклида у земљишту I"

Врста узорак	Врста испитивања	Мерно место	Број узорак по мерном месту	Укупан број испитиваних узорак
Обрадиво земљиште дубине 0-20cm	Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	- Београд	1	8
Необрадиво земљиште дубина 1. 0-5cm и 2. 5-15cm		- Суботица - Нови Сад - Ниш - Златибор - Зајечар		
Необрадиво земљиште дубина 0-5 cm	Испитивање садржаја ^{90}Sr	- Кладово - Врање	1	8

Табела 2. Програм испитивања за партију 2: "Испитивање садржаја радионуклида у земљишту II"

Врста узорака	Врста испитивања	Мерно место	Број узорака по мерном месту	Укупан број испитиваних узорака
Обрадиво земљиште дубине 0-20cm	Гамаспектромет-ријско одређивање садржаја радионуклида	- Обреновац - Сомбор - Зрењанин - Вршац - Ваљево - Крушевац - Пријепоље - Нови Пазар - Пирот - Смедерево - Крагујевац - Шабац - Копаоник - Шид - Кална - Прахово	1	16
Необрадиво земљиште дубине 1. 0-5cm и 2. 5-15cm			2	32

На слици 1. је приказана мапа Србије са означеним местима са којих је узорковано земљиште, као и места на којима се врше мерења или узорковања у систему ране најаве (амбијентални еквивалент дозе) односно мониторинга.



Слика 1. Мапа Србије са означеним местима узорковања

Испитивање радиоактивности земљишта

Увод

Земљиште је сложен вишефазни систем који једним делом покрива површински слој планете. Чврста фаза земљишта чини 50% укупне запремине (остало је течна и гасовита фаза), а она се састоји од неорганске и органске фазе. Органске материје су мањи део (до 5%) чврсте фазе, настају разградњом изумрлих делова биљака, земљишне фауне и плазме микроорганизама и веома су битне за квалитет земљишта. Неоргански део земљишта чине песак, прашина и глине и настаје од стенског материјала процесима разлагања. Земљиште је динамичан систем који се услед различитих процеса у природи као и непосредним деловањем човека мења. Стога је важно познавање референтног стања, у циљу праћења промена и утицаја појединих процеса на састав и структуру земљишта.

Са радиолошког становиштва, човекове активности које у највећој мери утичу или су утицале на промену састава земљишта су: нуклеарне пробе из претходног периода (од 1945 до 1980), акциденти на нуклеарним електранама (највећи у историји коришћења нуклеарне енергије Чернобиљски акцидент, 1986. год., акцидент на нуклеарној електрани Фукушима, 2011. год.), као и примена савремених агротехничких мера којима се повећава удео појединих елемената у земљишту значајних за развој биљака, али и пратећих елемената концентрованих процесом производње ђубрива (U-238, Ra-226), експлоатација и сагоревање угља и други.

Наведене промене утичу на изложеност становништва јонизујућем зрачењу, чија је заштита циљ мерења и процена које се врше.

Методe мерења

Спектрометрија гама емитера

Припрема узорака

Узорци земљишта су суше на 105 °C, просејавају, одмеравају и затапају пчелињим воском у геометрији маринели посуде од 0.5 l и посуде за мерење облика цилиндра висине 62 mm и пречника 67 mm у складу са методом IAEA Technical Report Series No. 295 – Measurement of Radionuclides in Food and the Environment - Section 5. Collection and Preparation of Samples-page 27 (5.2.3 Soil) [1]. Да би се у узорцима успоставила радиоактивна равнотежа, припремљени узорци се налазе у лабораторији 40 дана, пре анализе.

Гамаспектрометријска мерења

Спектрометрија гама емитера урађена је на HPGe детекторима релативне ефикасности 20%, 23%, фирме, CANBERRA. Резолуција детектора је 1.8 keV на енергији од 1332 keV. Калибрација детектора, урађена је примарним референтним радиоактивним материјалом у маринели геометрији, Czech Metrological Institute Praha, Cert. No.9031-OL-420/12, укупне

активности 41.48 kBq на 31.08.2012. године (^{241}Am , ^{109}Cd , ^{139}Ce , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{88}Y , ^{113}Sn , ^{85}Sr , ^{137}Cs , ^{203}Hg).

За обраду спектра коришћена је верзија програма GENIE која осим идентификованих гама-линија увек исказује спектралне интензитете и за више од 30 изабраних изотопа. За гама-спектрометријска мерења радиоактивности у узорцима земљишта коришћен је и ултра ниско-фонски германијумски детектор типа GMX (са проширеним енергетским опсегом од 10 keV до 3 MeV-а произвођача ORTEC, номиналне ефикасности 32% у пасивној и активној заштити.

Време мерења узорка је 60 ks. Мерна несигурност резултата мерења изражена је као проширена мерна несигурност за фактор $k=2$, који за нормалну расподелу одговара нивоу поверења од 95%.

Одређивање садржаја ^{90}Sr

Припрема узорака

Припрема узорака земљишта обухвата сушење у сушници на 105°C током 24-48 h. Део узорка масе од 300 g сувог и просејаног узорка се минерализује на 500°C у трајању од 24h. Метода за одређивање стронцијума-90 обухвата радиохемијско издвајање итријума из узорка, тако да се активност стронцијума-90 одређује на основу мерења активности итријума-90 након успостављања радиоактивне равнотеже између стронцијума и итријума.

Мерења

За мерење активности ^{90}Sr користи се гасни пропорционални α/β бројач THERMO-EBERLINE FHT 770T. Калибрација бројача урађена је са стандардом ^{90}Sr (Czech Metrological Institute EM145, Prague) са укупном активношћу 189.4 Bq на датум 1 август 2011.

Време мерења узорка је 3600 s. Мерна несигурност резултата мерења изражена је као проширена мерна несигурност за фактор $k=2$, који за нормалну расподелу одговара нивоу поверења од 95%.

Резултати мерења

Садржај радионуклида у земљишту

Резултати мерења садржаја радионуклида у испитиваним узорцима земљишта, дати су у табели 3.

Табела3. Садржај радионуклида (Bq/kg) у испитиваним узорцима земљишта из 24 града

Локација	Тип земљишта	^{40}K	^{137}Cs	^{232}Th	^{226}Ra	^{238}U	^{235}U	^{90}Sr
Београд	Обрадиво	600±40	26 ±2	55 ± 4	43 ±3	42 ±5	2,1 ±0,2	-
	Необр.0-5	540 ±30	32 ±2	46 ±3	44 ±3	35 ±5	2,2 ±0,2	0,21 ±0,06
	Необр. 5-15	530 ±30	36 ±2	48 ±3	44 ±3	37 ±4	1,6 ±0,1	-
Суботица	Обрадиво	380±20	2,8±0,3	38±3	40±3	32±4	1,6±0,2	-
	Необр.0-5	310±20	3,1±0,3	23±2	23±2	17±3	1,0±0,1	<0,21
	Необр. 5-15	330±20	3,1±0,3	24±2	23±2	21±4	1,0±0,1	-

Нови Сад	Обрадиво	630±40	4,8±0,5	46±3	48±4	41±5	2,1±0,2	-
	Необр. 0-5	380±20	13±1	23±2	22±2	21±4	1,1± 0,1	0,22±0,09
	Необр.5-15	420±30	14±1	26±2	23±2	19±5	1,0±0,1	-
Ниш	Обрадиво	450±30	3,3±0,4	41±3	35±2	29±4	1,4±0,1	-
	Необр. 0-5	440±30	13±1	25±2	33±2	32±5	1,6±0,2	0,18±0,06
	Необр.5-15	440±30	12±1	24±2	32±3	22±4	1,3±0,1	-
Златибор	Обрадиво	220±20	45±3	9,2±1,2	14±1	<4	1,2±0,8	-
	Необр. 0-5	150±10	19±1	10±1	10±1	10±3	0,57±0,09	0,29±0,09
	Необр.5-15	120±10	21±2	7±2	11±2	<6	0,20±0,08	-
Зајечар	Обрадиво	600±40	14±1	41±3	32±2	29±4	1,4±0,1	-
	Необр. 0-5	490±30	18±1	27±2	27±2	19±4	1,1±0,1	0,22±0,08
	Необр.5-15	480±30	23±2	28±2	28±2	22±3	1,1±0,1	-
Кладово	Обрадиво	400±30	40±3	45±3	40±3	35±5	2,0±0,2	-
	Необр. 0-5	500±30	110±7	35±3	34±3	27±12	1,9±0,2	0,39±0,14
	Необр.5-15	500±30	54±3	35±3	36±2	38±5	1,7±0,6	-
Врање	Обрадиво	550±30	12±1	57±4	45±3	46±5	1,9±0,2	-
	Необр. 0-5	660±40	15±1	47±4	48±4	48±6	2,5±0,2	0,25±0,08
	Необр.5-15	670±40	12±1	53±4	53±4	50±10	2,1±0,2	-
Обреновац	Обрадиво	640±70	27±1	39±3	25±2	23±6	1,9±0,7	-
	Необр. 0-5	570±60	20±3	28±6	29±3	44±13	<7	-
	Необр.5-15	590±60	21±3	30±7	28±3	30±4	<6	-
Сомбор	Обрадиво	680±20	6,4±0,7	55±2	47±2	63±3	3,4±0,4	-
	Необр. 0-5	710±25	6±1	54±4	47±3	44±4	<1,9	-
	Необр.5-15	630±20	7,2±0,6	53±2	44±1	42±3	<1,7	-
Зрењанин	Обрадиво	490±20	1,4±0,5	32±2	20±1	19±4	<3	-
	Необр. 0-5	590±30	1,6±0,6	37±2	22±2	19±4	<3	-
	Необр.5-15	560±50	2,5±0,4	35±2	21±2	36±5	1,6±0,3	-
Вршац	Обрадиво	400±20	20±1	22±1	20±1	20±2	1,1±0,3	-
	Необр. 0-5	410±20	20±1	25±1	24±1	28±3	1,5±0,2	-
	Необр.5-15	420±20	3,8±0,7	23±1	21±1	27±2	1,2±0,3	-
Ваљево	Обрадиво	430±40	8±2	52±7	31±3	50±12	<6	-
	Необр.0-5	300±40	25±2	47±3	29±2	41±6	1,8±0,7	-
	Необр. 5-15	350±40	27±3	48±10	26±4	30±3	<5	-
Крушевац	Обрадиво	400±50	3,4±1,2	31±3	29±2	36±6	1,8±0,8	-
	Необр.0-5	710±50	13±3	32±6	23±2	49±5	<7	-
	Необр. 5-15	350±20	6±1	21±2	10±1	17±2	<3	-
Пријеполје	Обрадиво	580±60	20±3	31±5	33±4	33±3	<6	-
	Необр.0-5	300±50	190±9	22±3	17±3	14±2	2,2±0,9	-
	Необр. 5-15	370±50	98±8	13±4	13±3	16±3	<6	-
Нови Пазар	Обрадиво	310±40	10±2	16±4	16±3	35±9	<7	-
	Необр.0-5	320±40	9±3	7±2	8±2	33±9	<7	-
	Необр. 5-15	290±40	<3	8±3	8±3	10±2	<7	-
Пирот	Обрадиво	420±40	4,4±0,3	30±2	19±1	30±4	1,8±0,3	-
	Необр.0-5	490±40	6,4±0,6	26±1	17±2	30±4	1,6±0,4	-
	Необр. 5-15	530±30	7,3±0,8	30±2	20±2	23±5	<5	-
Смедерево	Обрадиво	520±60	12±3	32±6	33±4	33±5	<10	-
	Необр.0-5	460±50	<3	45±3	28±2	43±5	2,0±0,7	-
	Необр. 5-15	540±50	<4	52±7	27±3	36±9	<8	-
Крагујевац	Обрадиво	430±50	15±2	30±3	24±2	28±4	1,4±0,8	-

	Необр.0-5	390±50	42±3	30±3	17±2	20±6	1,2±0,5	-
	Необр. 5-15	650±60	9±3	36±6	27±4	76±9	<10	-
Шабач	Обрадиво	480±60	<4	47±9	36±4	34±10	<8	-
	Необр.0-5	390±50	<4	29±3	21±2	24±9	1,2±0,7	-
	Необр. 5-15	400±50	<4	28±5	19±3	18±5	<7	-
Копаоник	Обрадиво	560±70	18±4	32±6	24±4	50±10	<10	-
	Необр.0-5	350±40	14±2	34±3	21±2	32±5	2,2±0,8	-
	Необр. 5-15	420±50	17±2	35±3	24±2	34±7	2,3±1,0	-
Шид	Обрадиво	570±30	<3	44±3	35±2	51±8	<5	-
	Необр.0-5	480±60	16±3	39±5	37±7	30±6	<8	-
	Необр. 5-15	490±50	<3	37±5	33±4	33±5	<5	-
Кална	Обрадиво	480±60	23±2	45±3	26±6	48±7	2,4±0,9	-
	Необр.0-5	470±40	12±2	28±5	25±2	45±5	<7	-
	Необр. 5-15	450±50	5±2	35±5	28±4	58±10	<10	-
Прахово	Обрадиво	500±50	20±2	38±6	31±3	34±3	<8	-
	Необр.0-5	480±50	12±2	35±3	39±2	48±6	2,4±0,7	-
	Необр. 5-15	530±50	10±1	32±5	36±3	56±11	<8	-

У испитиваним узорцима земљишта су детектовани и измерени радионуклиди природног порекла који припадају радиоактивним низовима урана (^{238}U , ^{226}Ra), и торијума (први члан ^{232}Th), пратећи изотоп природног урана - ^{235}U , природни изотоп ^{40}K , као и вештачки произведен радионуклид ^{137}Cs .

На основу резултата мерења активности радионуклида у земљишту коришћењем једначине [2].

$$\dot{D}(\text{nGy h}^{-1}) = 0.462 \times C_{Ra} + 0.604 \times C_{Th} + 0.0417 \times C_K \quad (1)$$

одређена је јачина апсорбоване дозе гама зрачења која потиче од активности радионуклида у земљишту, а на основу једначине (2), одређена је годишња ефективна доза, где су C_{Ra} , C_{Th} и C_K концентрације радионуклида у земљишту.

$$D_E(\text{mSv}) = 0.7 \text{Sv Gy}^{-1} \times 0.2 \times 365 \times 24 \times \dot{D} \quad (2)$$

Добијене вредности апсорбоване дозе зрачења и годишње ефективне дозе на основу садржаја природних радионуклида дате су у табели 4.

Табела 4. Вредности апсорбоване дозе зрачења $\dot{D}$ [nGy/h] и годишње ефективне дозе D_E [mSv/god]

Град	Необрадиво 0-5 cm		Необрадиво 5-15 cm		Обрадиво 0-20 cm	
	$\dot{D}$ [nGy/h]	D_E [mSv/god]	$\dot{D}$ [nGy/h]	D_E [mSv/god]	$\dot{D}$ [nGy/h]	D_E [mSv/god]
Београд	70,4	0,086	71,2	0,087	78,1	0,096
Суботица	37,4	0,046	38,9	0,048	57,3	0,070
Нови Сад	39,9	0,049	43,8	0,054	76,2	0,093
Ниш	48,7	0,060	47,7	0,058	59,7	0,073
Златибор	16,9	0,021	14,4	0,018	21,1	0,026
Зајечар	49,2	0,060	49,9	0,061	64,6	0,080
Кладово	57,7	0,071	58,6	0,072	78,1	0,096
Врање	78	0,096	84,3	0,103	57,3	0,070
Обреновац	54,1	0,066	55,7	0,068	61,8	0,076
Сомбор	83,9	0,103	78,6	0,096	83,1	0,102
Зрењанин	57,1	0,070	54,2	0,066	48,9	0,060
Вршац	43,3	0,053	41,1	0,050	39,2	0,048
Ваљево	54,3	0,067	55,6	0,068	63,7	0,078
Крушевац	59,6	0,073	31,9	0,039	48,8	0,060
Пријеполје	33,6	0,041	29,3	0,04	58,2	0,071
Нови Пазар	21,3	0,026	20,3	0,025	30,0	0,037
Пирот	44	0,054	49,5	0,061	44,4	0,054
Смедерево	59,3	0,073	66,4	0,081	56,3	0,069
Крагујевац	42,2	0,052	61,3	0,075	47,1	0,058
Шабац	43,4	0,053	42,4	0,052	65,0	0,080
Копаноник	44,8	0,055	49,7	0,061	53,8	0,066
Шид	60,7	0,074	58,0	0,071	66,5	0,082
Кална	48,1	0,059	52,8	0,065	59,2	0,073
Прахово	57,5	0,071	56,4	0,069	58,1	0,071

АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

Садржај радионуклида у земљишту

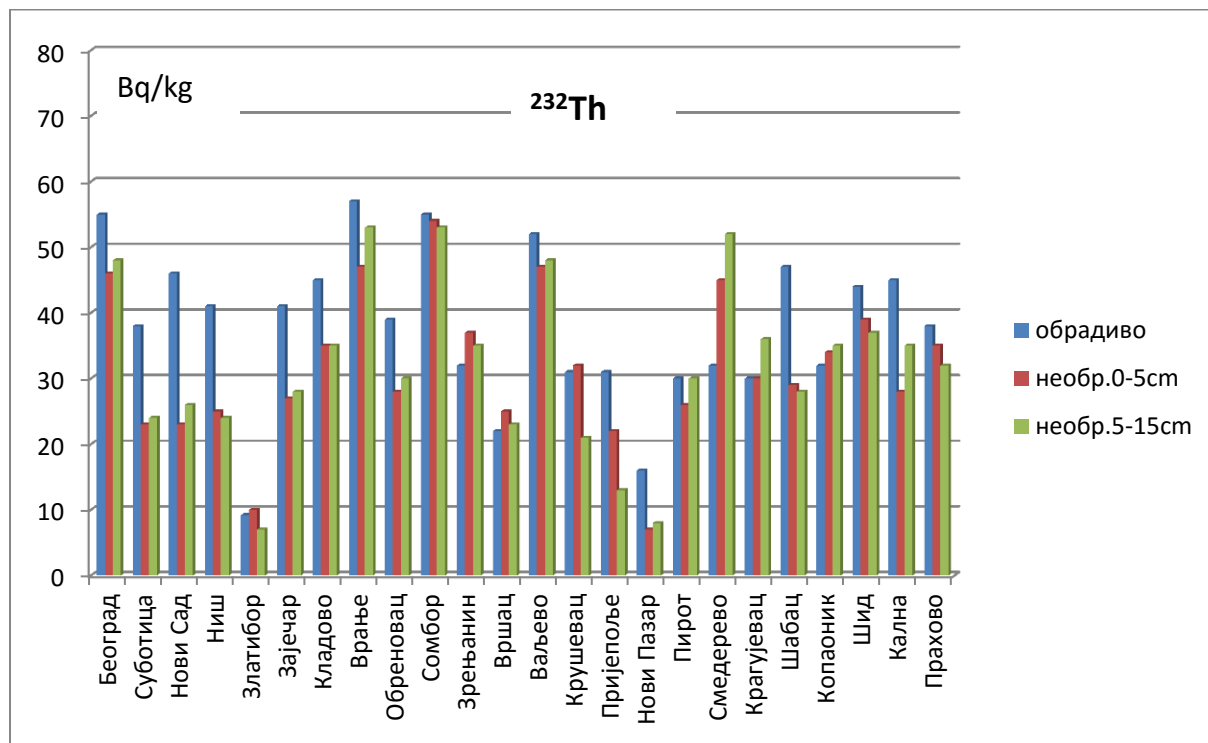
У табели 5 су дате средње вредности садржаја радионуклида са стандарном девијацијом, као и опсеги у оквиру којих су измерене вредности узорака са свих локација. Приказани су и подаци просечног садржаја радионуклида у свету, према UNSCEAR-у, из 2000г. [2] .

Табела 5. Средње вредности, опсег садржаја радионуклида у земљишту за све 24 локације

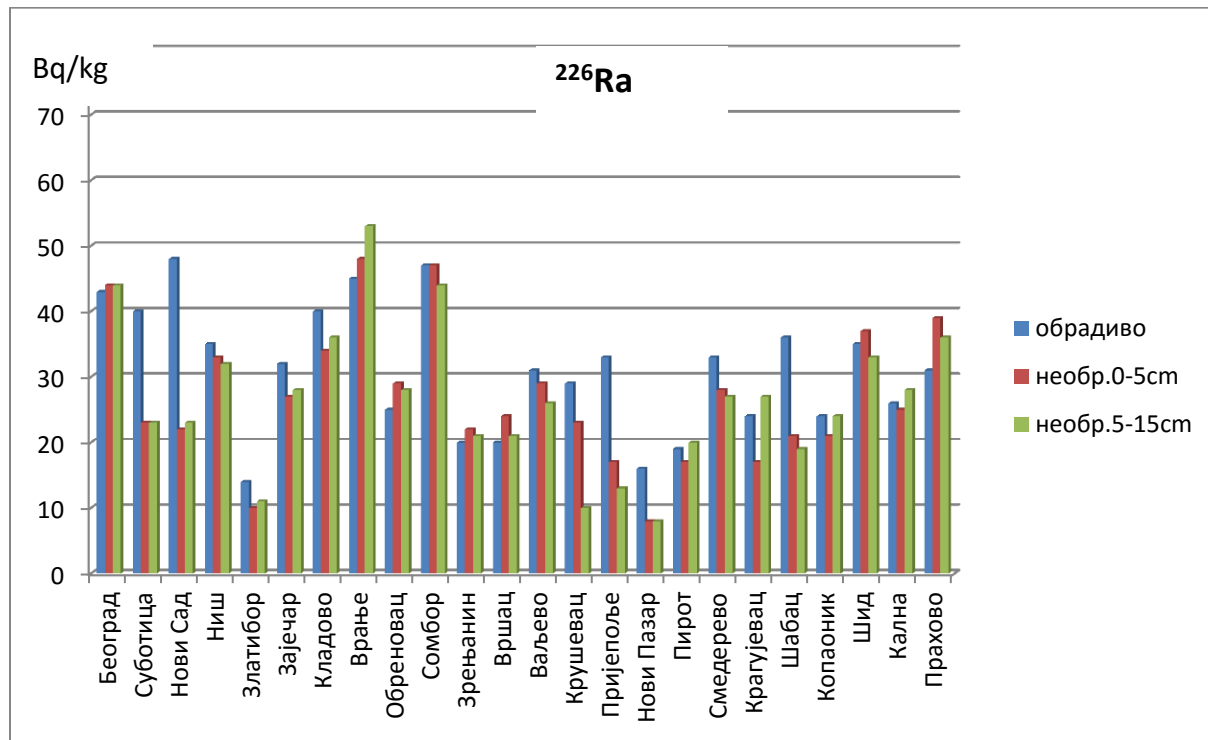
Радионуклид	Необрадиво	A_{sr} [Bq/kg] $\pm$ $\sigma(A_{sr})$ [Bq/kg]	Опсег [Bq/kg]	Обрадиво A_{sr} [Bq/kg] $\pm$ $\sigma(A_{sr})$ [Bq/kg]	Обрадиво опсег [Bq/kg]	Просечан садржај у свету [Bq/kg]	Опсег [Bq/kg]
^{40}K	0 - 5 cm	454 $\pm$ 136	150 - 710	488 $\pm$ 111	220 - 680	400	140-850
	5 -15 cm	461 $\pm$ 126	120 - 670				
^{232}Th	0 - 5 cm	31,4 $\pm$ 11,3	7 - 54	37,8 $\pm$ 12,0	9 - 57	35	11-64
	5 -15 cm	31,7 $\pm$ 12,9	7 - 53				
^{238}U	0 - 5 cm	31,4 $\pm$ 11,8	10 - 49	36,6 $\pm$ 10,9	mdc – 63	30	16-110
	5 -15 cm	32,6 $\pm$ 15,7	mdc - 76				
^{235}U	0 - 5 cm	1,6 $\pm$ 0,6	mdc – 2.5	1,8 $\pm$ 0,6	mdc –3,4	/	/
	5 -15 cm	1,4 $\pm$ 0,6	mdc – 2.3				
^{137}Cs	0 - 5 cm	27,7 $\pm$ 42,4	mdc -190	15,3 $\pm$ 11,8	mdc – 45	/	/
	5 -15 cm	19,4 $\pm$ 22,4	mdc - 98				
^{226}Ra	0 - 5 cm	26,9 $\pm$ 10,6	8 - 48	31.1 $\pm$ 9,7	14 - 48	35	17-60
	5 - 15 cm	26,5 $\pm$ 11,0	8 - 48				

Природни радионуклиди

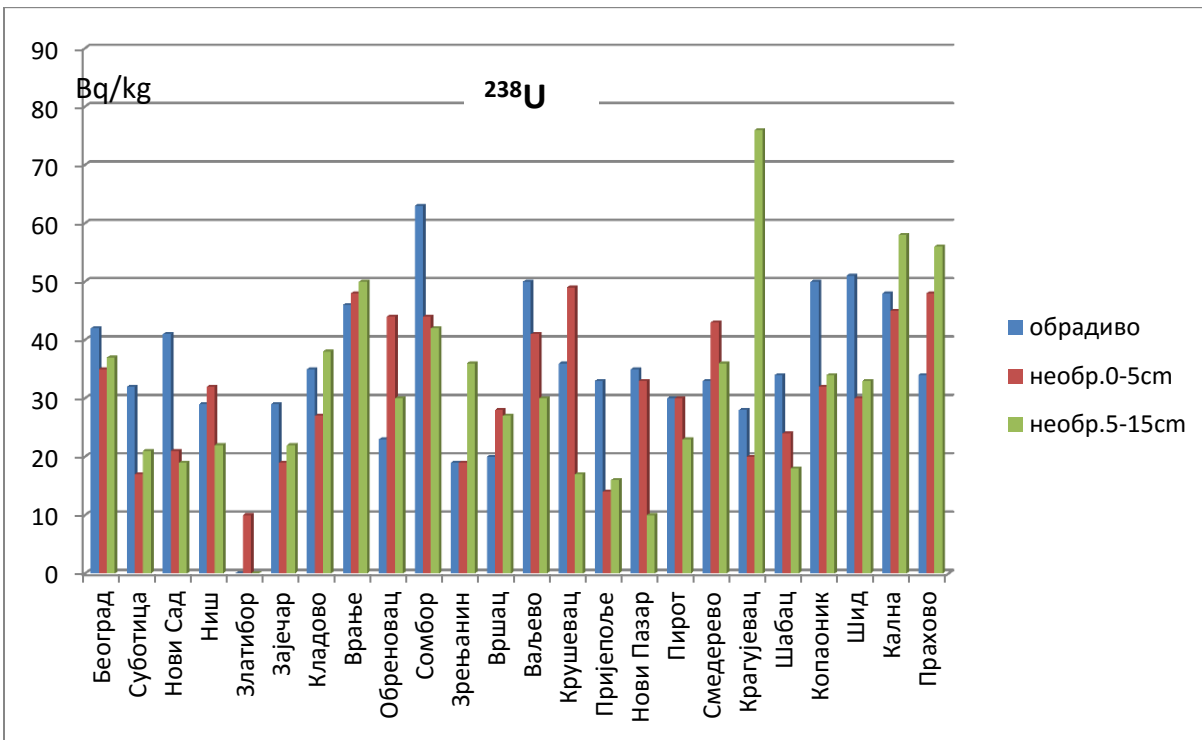
Садржај радионуклида у испитиваним узорцима земљишта графички су приказани на сликама 2-6.



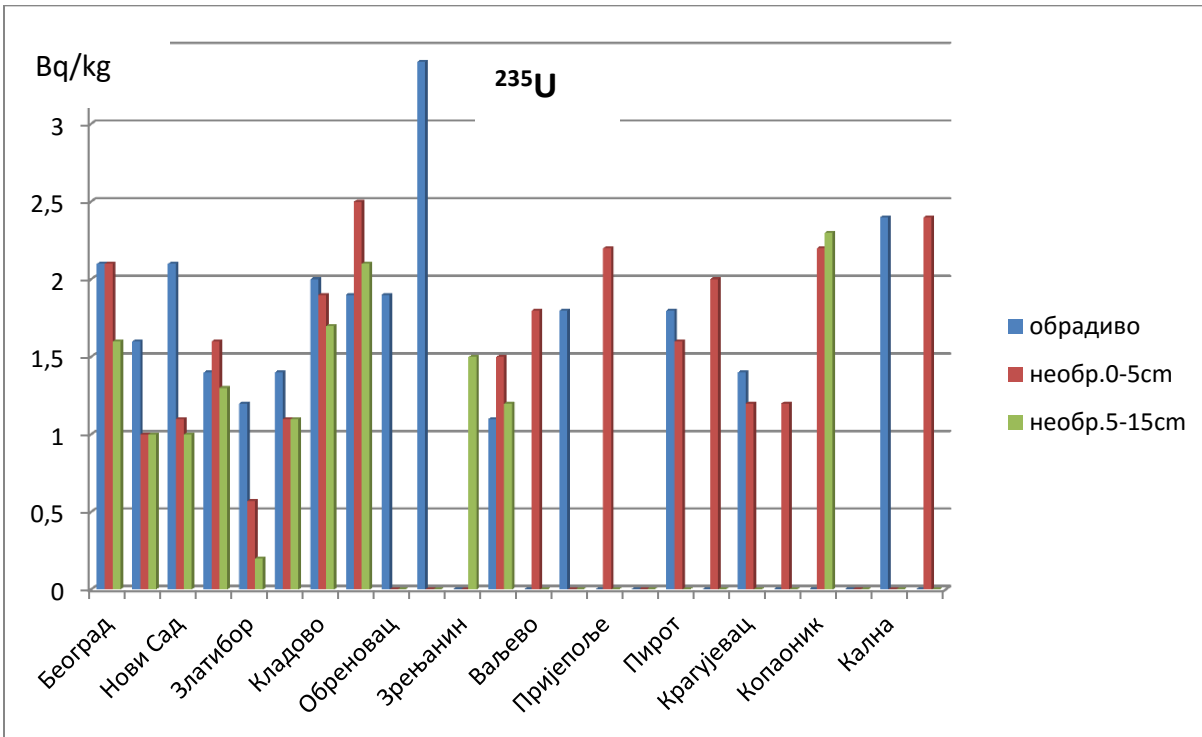
Слика 2. Садржај ^{232}Th узорцима земљишта



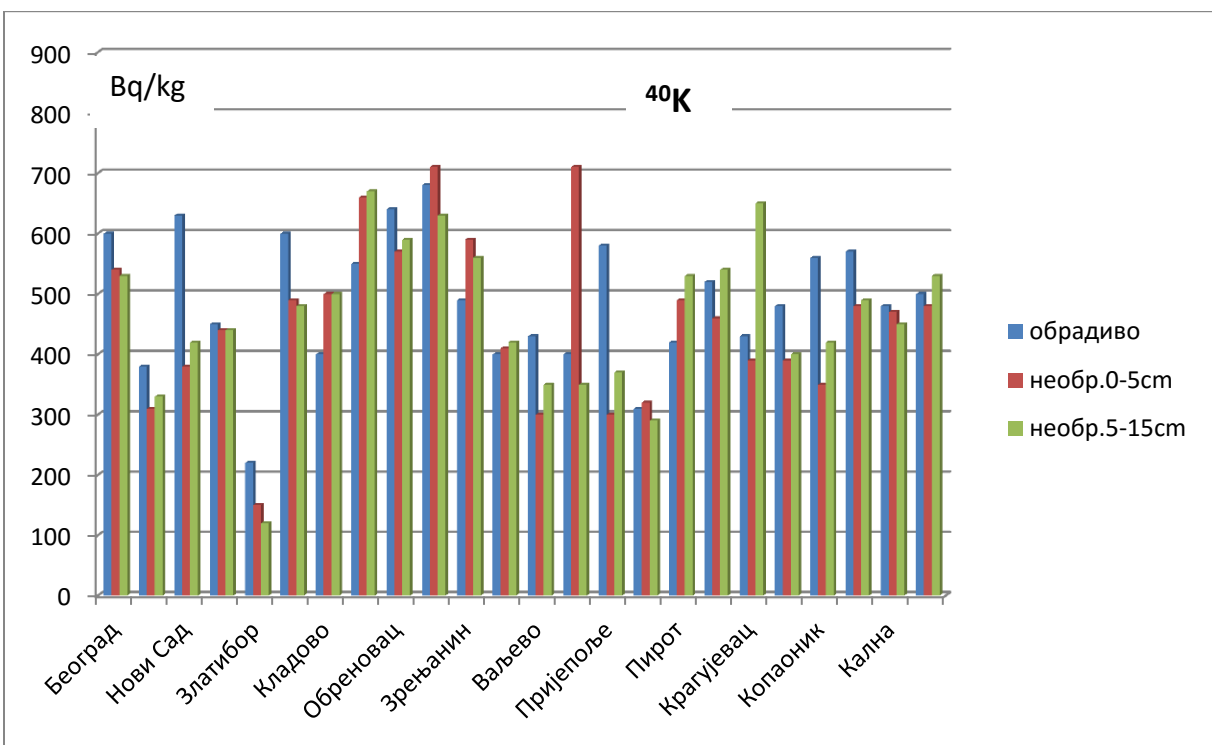
Слика 3. Садржај ^{226}Ra у узорцима земљишта



Слика 4. Садржај ^{238}U у узорцима земљишта



Слика 5. Садржај ^{235}U у узорцима земљишта



Слика 6. Садржај ^{40}K у узорцима земљишта

Измерене вредности садржаја радионуклида природног порекла указују на просечне вредности које не одступају много од објављених за просек на светском нивоу, али и на постојање мањих варијација у зависности од локације. Најниже вредности садржаја радионуклида су измерене на Златибору (^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th , ^{235}U) и Новом Пазару (^{226}Ra) док су највише вредности измерене у Врању (^{232}Th , ^{226}Ra), Сомбору (^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th), и Крагујевцу и Сомбору (^{238}U).

У табели 6. је дат однос активности радионуклида $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$.

Табела 6. Однос $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ у испитиваним узорцима земљишта

Локација		$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$		Локација		$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$	
	Обр. 0 -20 cm	Необр 0 - 5 cm	Необр. 5 -15 cm		Обр. 0 -20 cm	Необр. 0 - 5 cm	Необр. 5 -15 cm
Београд	0,05	0,06	0,043	Ваљево	-	0,044	-
Суботица	0,05	0,059	0,048	Крушевац	0,05	-	-
Нови Сад	0,051	0,053	0,053	Пријепоље	-	0,157	-
Ниш	0,048	0,05	0,059	Нови Пазар	-	-	-
Златибор	-	0,057	-	Пирот	0,06	0,053	-
Зајечар	0,048	0,058	0,05	Смедерево	-	0,046	-
Кладово	0,057	0,07	0,045	Крагујевац	0,05	0,06	-
Врање	0,041	0,052	0,042	Шабац	-	0,05	-
Обреновац	0,083	-	-	Копаоник	-	0,069	0,068
Сомбор	0,054	-	-	Шид	-	-	-
Зрењанин	-	-	0,042	Кална	0,05	-	-
Вршац	0,055	0,054	0,044	Прахово	-	0,05	-
Средње вредности односа $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$							
Обрадиво 0 -20 cm			Необрадиво 0 - 5 cm		Необрадиво 5 -15 cm		
0,050			0,049		0,043		

Однос активности $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ у испитиваним узорцима земљишта (табела 6) је близак њиховом односу у урану природног изотопског састава (0,045), па израчунати односи не указују на присуство осиромашеног уранијума, што је у складу са објављеним подацима да на територији Републике Србије није било дејстава муницијом са осиромашеним уранијумом изнад 43 паралеле [3].

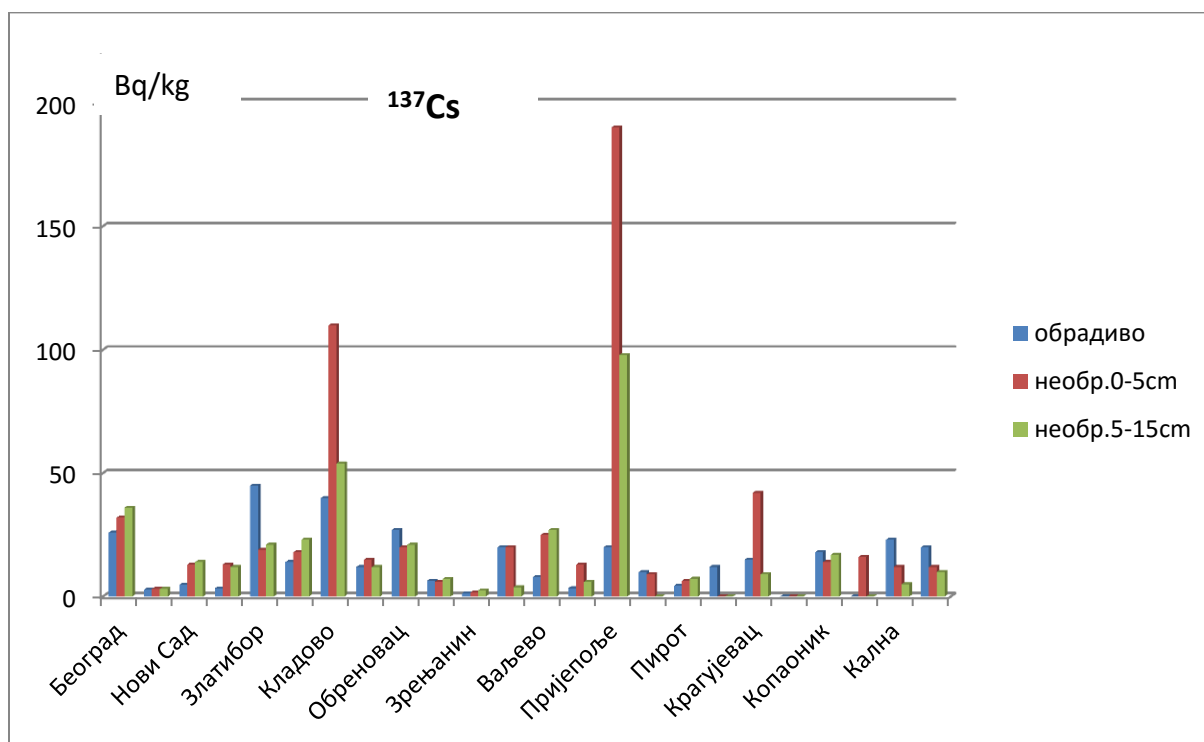
Садржај ^{238}U је благо повишен у односу на садржај ^{226}Ra у узорцима земљишта што се може објаснити различитом геохемијском активношћу радионуклида и већом мобилношћу радијума. Одржавања ове равнотеже, као и блиске активности ^{232}Th и ^{238}U , такође указује да је у испитиваним узорцима задржан однос радионуклида који одговара њиховом природном односу.

Нису приметне варијације у вредностима концентрације детектованих природних радионуклида између обрадивог и необрадивог земљишта. Минималне вредности концентрације природних радионуклида детектоване су на локацији Нови Пазар, а максималне вредности на локацији Сомбор, и код обрадивог и код необрадивог земљишта.

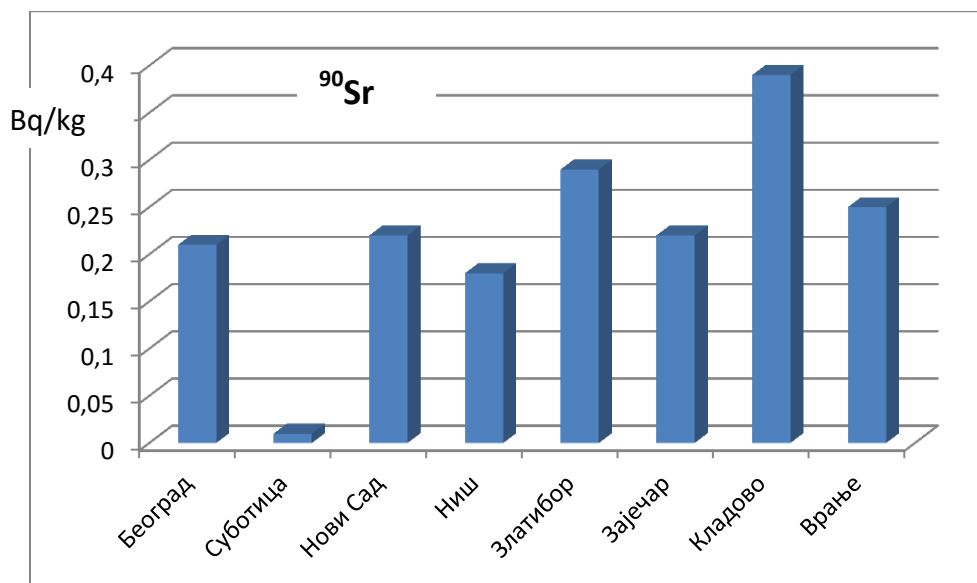
Сви природни радионуклиди се налазе на уобичајеном нивоу за земљиште, а њихова уједначеност на различитим дубинама указује на одсуство људских активности које би довеле до технолошког повећања концентрације ових радионуклида, као што је ђубрење фосфатним ђубривима.

Вештачки радионуклиди

Садржај произведених радионуклида у испитиваним узорцима земљишта графички су приказани на сликама 7 и 8.



Слика 7. Садржај ^{137}Cs узорцима земљишта



Слика 7. Садржај ^{90}Sr у узорцима земљишта

У узорцима земљишта са свих локација осим Шапца, методом гамаспектрометрије је утврђено присуство вештачког радионуклида ^{137}Cs чернобиљског порекла (Табела 3, слика 6), који ће с обзиром на време полураспада ^{137}Cs од 30 година бити присутан још дуго у екосистему Србије. Постоје варијације у садржају овог радионуклида у земљишту, што је и очекивано с обзиром на његово порекло и начин таложења – из ваздуха. Највише вредности (Кладово и Пријепоље) су измерене на површинским слојевима необрадивог земљишта. Код узорака са локација: Вршац, Пријепоље, Нови Пазар, Крагујевац, Шид, Кална и Прахово уочава се смањење концентрације цезијума по дубини што је одлика непољопривредног земљишта које се не меша по слојевима. За извођење поузданијих закључака потребна су и мерења већег броја узорака

Резултати мерења садржаја ^{90}Sr у узорцима необрадивог земљишта, узетих са дубине 0 - 5 cm дати су у табели 3, док је графички приказ промене вредности концентрације ^{90}Sr у узорцима земљишта са свих испитиваних локација приказан на слици 7.

Минимална вредност концентрације ^{90}Sr детектована је у узорку земљишта на локацији Ниш, док је максимална концентрација детектована у узорку земљишта на локацији Кладово. Уочава се да је у Суботици, где су (заједно са Зрењанином) измерене најниже концентрације ^{137}Cs , садржај ^{90}Sr био испод граница детекције.

Процена јачине апсорбоване дозе у ваздуху

Процењене вредности јачине апсорбоване дозе гама зрачења ($\dot{D}$) и годишње ефективне дозе D_E од спољашњег излагања гама зрачењу из обрадивог и необрадивог земљишта дате су у табели 7.

Табела 7. Средње вредности јачине апсорбоване дозе гама зрачења ($\dot{D}$) и годишње ефективне дозе D_E од спољашњег излагања гама зрачењу добијене на основу садржаја природних радионуклида

Земљиште	Средња вр. $\dot{D}$ [nGy/h]	Опсег $\dot{D}$ [nGy/h]	Средња вр. D_E [mSv/god]	Опсег D_E [mSv/god]	Просечна вредност у свету [nGy/h]
Необрадиво 0 – 5 cm	50.2	16,9 – 83,9	0,062	0,021 – 0,103	51
Необрадиво 5 – 15 cm	50,5	14,4 – 84,3	0,062	0,018 – 0,103	
Обрадиво 0-20 cm	57,4	21,1 – 83,1	0,070	0,026 – 0,102	

Средње вредности јачине апсорбоване дозе гама зрачења и годишње ефективне дозе од спољашњег излагања гама зрачењу на основу садржаја природних радионуклида у земљишту су у оквиру очекиваних вредности и блиске су просечној вредности у свету, а према UNSCEAR-у из 2000г.

ЗАКЉУЧАК

Детектоване концентрације активности природних радионуклида у обрадивом и необрадивом земљишту на свих 24 локација на територији Републике Србије у току 2014. године се налазе у оквиру уобичајених вредности за земљиште нашег региона без значајних варијација [3,4,5,6,7].

На основу добијених резултата, може се закључити да узорци земљишта са свих локација не указују на повећање радиоактивности које би угрозило производњу здравствено безбедне хране или довело до значајног спољашњег озрачивања становништва.

Ни у једном узорку није примећена повишена активност уранијума ^{238}U , ^{235}U , тако ни осиромашеног уранијума. Уочене су значајне варијације у садржају радионуклида ^{137}Cs у земљишту.

Процењене вредности јачине апсорбоване дозе гама зрачења ($\dot{D}$) и годишње ефективне дозе D_E од спољашњег излагања гама зрачењу из обрадивог и необрадивог земљишта одговарају вредностима које се могу наћи у литератури и које су реда величине светских вредности [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. IAEA Technical Reports Series No.295 – Measurement of Radionuclides in Food and the Environment - Section 5. - Collection and Preparation of Samples.
2. UNSCEAR 2000, REPORT Vol. I SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly,with scientific annexes
3. Pantelić G. Eremić-Savković M. Vuletić V, Испитивање земљишта у оквиру програма мониторинга радиоактивности животне средине у Србији, Контаминација земљишта Србије радионуклидима и могућност њихове реедације, Монографија уредник/едитор др Мирјана Стојановић, ИТНМС, Београд, 2006, 141-164.
4. I. Bikit, et al.: Radioactivity of the soil in Vojvodina (northern province of Serbia and Montenegro), Journal of Environmental Radioactivity 78 (2005) 11-19
5. I. Vukasinović. A. Djordjevic. D. Todorovic. M. B. Rajkovic. V. Pavlovic, Distribution of natural radionuclides in rigosol type soil, Turkish journal of agriculture and forestry. 34. (2010). 539-546
6. Извештај о нивоу излагања становништва јонизујућим зрачењима из животне средине у Републици Србији у 2010. години, Агенција за заштиту од јонизујућих зрачења и нуклеарну сигурност Србије, јуни 2011.године.