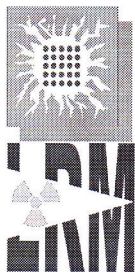




**ИСПИТИВАЊА САДРЖАЈА РАДИОНУКЛИДА У
ЖИВОТНОЈ СРЕДИНИ У 2017. ГОДИНИ
НА ЛОКАЦИЈАМА НА КОЈИМА ЈЕ ДЕЈСТВОВАНО
ОСИРОМАШЕНИМ УРАНИЈУМОМ**

Београд, март 2018. године



ИНСТИТУТ ЗА НУКЛЕАРНЕ НАУКЕ "ВИНЧА"
Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту
животне средине "ЗАШТИТА"
Лабораторија за радијациона мерења
Лабораторија за испитивање, Сектор за испитивање
активности радионуклида



Број: 1-0294
Датум: 27.03.2018. године

ИЗВЕШТАЈ
ИСПИТИВАЊА САДРЖАЈА РАДИОНУКЛИДА У ЖИВОТНОЈ
СРЕДИНИ У 2017. ГОДИНИ НА ЛОКАЦИЈАМА НА КОЈИМА ЈЕ
ДЕЈСТВОВАНО ОСИРОМАШЕНИМ УРАНИЈУМОМ

Овај извештај је документ о извршењу задатака у складу са:

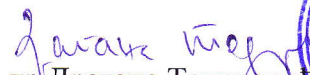
- Законом о заштити од јонизујућег зрачења и о нуклеарној сигурности, Сл. Гласник РС бр. 36/09 и
 - Правилником о утврђивању програма систематског испитивања радиоактивности у животној средини, Сл. Гласник бр. 100/2010,
- на основу Уговора број 404-02-5/12/2017-04 од 22.06.2017. године између Агенције за заштиту од јонизујућих зрачења и нуклеарну сигурност Србије и Института за нуклеарне науке "Винча", Лабораторије за заштиту од зрачења и заштиту животне средине.

У овом извештају су дати резултати испитивања садржаја радионуклида у животној средини на локацијама на којима је дејствовано осиромашеним уранијумом.

Руководилац Сектора за испитивање активности радионуклида


др Ивана Вуканац

Директор Лабораторије за заштиту од зрачења
и заштиту животне средине


др Драгана Годоровић



САРАДНИЦИ НА ПОСЛОВИМА

1. др Драгана Тодоровић, дипл. физичар
2. др Гордана Пантелић, дипл. физичар
3. др Марија Јанковић, дипл. физикохемичар
4. др Јелена Николић, дипл. физичар
5. др Наташа Сарап, дипл. физикохемичар
6. MSc. Милица Рајачић, дипл. физичар
7. др Ивана Вуканац, дипл. физичар

ТЕХНИЧКИ САРАДНИЦИ:

1. Јелена Арсић
2. Радица Грујић
3. Хацић Зоран

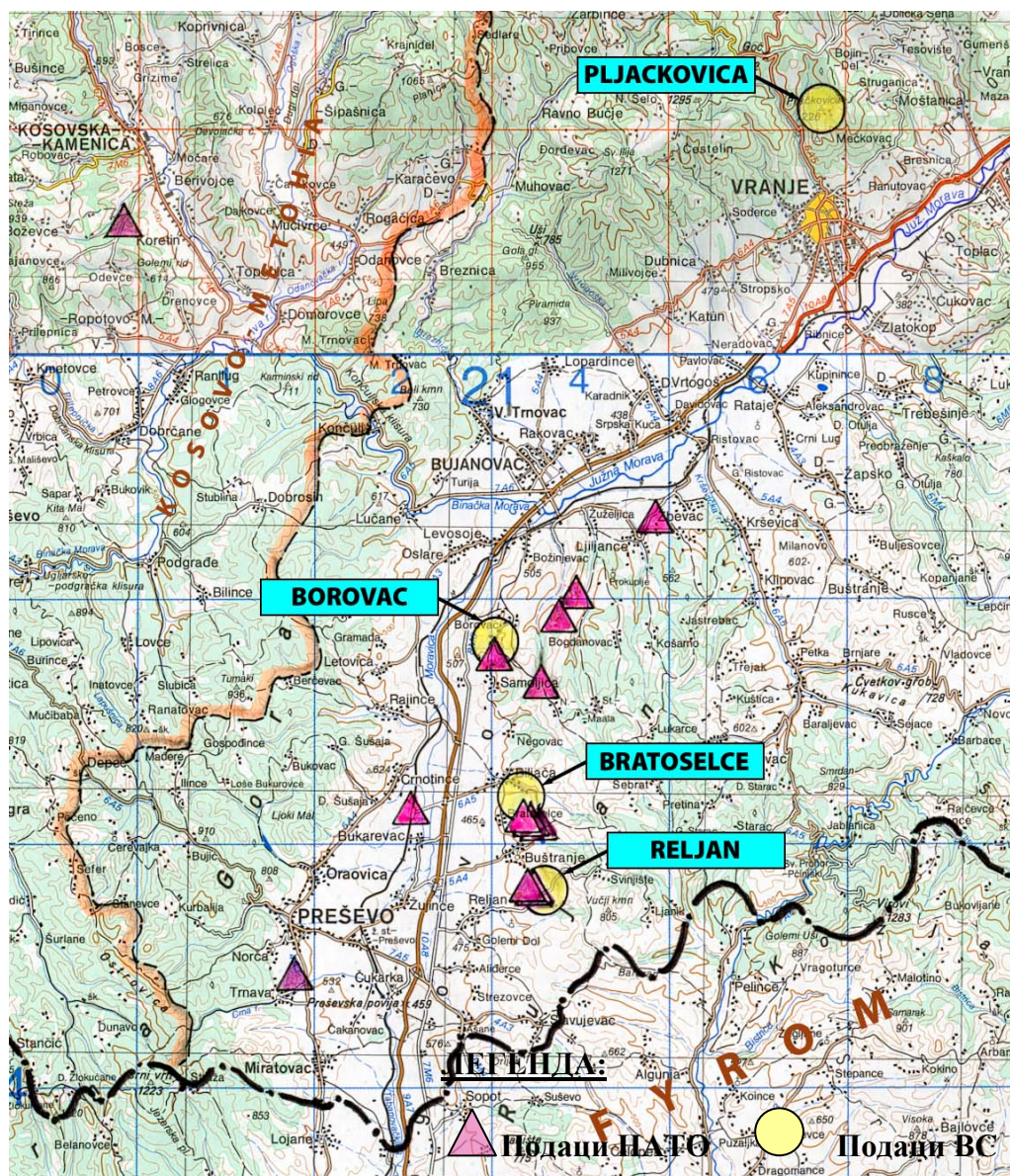
САДРЖАЈ

1.	УВОД	1
2.	ПРОГРАМ ИСПИТИВАЊА	2
3.	МЕТОДЕ МЕРЕЊА	3
3.1.	Спектрометрија гама емитера	3
3.1.1.	Припрема узорака	3
3.1.2.	Мерење узорака	3
3.2.	Мерење укупне алфа и укупне бета активности	3
3.2.1.	Припрема узорака	3
4.	РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА	4
4.1.	Спектрометрија гама емитера	4
4.1.1.	Резултати мерења узорака земљишта	4
4.1.2.	Резултати мерења узорака воде	8
4.1.3.	Резултати мерења узорака биљних култура	10
4.2.	Резултати мерења укупне алфа и укупне бета активности	12
5.	ЗАКЉУЧАК	13
6.	ЛИТЕРАТУРА	13

1. УВОД

У нападу на Савезну Републику Југославију 1999. године, НАТО снаге су поред осталих убојних средстава користиле муницију са осиромашеним уранијумом. Ова муниција, чија је ознака у армији САД:PGU-14/B API, је испаливана из седмоцевног авионског топа GETLING GAU/8A - 30 mm којима су наоружани авиони типа А -10 из састава ратног ваздухопловства САД. Тежиште дејства авиона било је на простору Косова и Метохије и на југу уже Србије.

Према подацима које је дао НАТО, осиромашени уранијум је употребљаван на 91 локацији. Подаци НАТО и Војске Србије(ВС) се у значајној мери не слажу, тако да је употреба осиромашеног уранијума потврђена на 4 места на југу Србије, у општинама Прешево, Бујановац и Врање. Подаци о локацијама које су дали НАТО и ВС дати су на слици 1.



Слика 1. Подаци о локацијама које су гађане осиромашеним уранијумом

У периоду од 2002. до 2007. године, спроведена је акција чишћења осиромашеног уранијума на локацијама: Пљачковица, Братоселце, Боровац и Рељан.

На свим локацијама урађена је детаљна дозиметријска проспекција и деконтаминација. Због растреситог земљишта, пројектили од осиромашеног уранијума су налажени до дубине од 1 m. Пронађени пројектили, контаминирано земљиште и сав радиоактивни материјал су сакупљени и ускладиштени као радиоактивни отпад. После чишћења, терен је поравнат и урађена још једна дозиметријска проспекција.

Да би се проценила угроженост животне средине и здравствени ризик за становништво, неопходно је стално испитивање радиоактивности на овим локалитетима.

2. ПРОГРАМ ИСПИТИВАЊА

Контрола радиоактивности на локацијама на југу Србије, где је коришћена муниција са осиромашеним уранијумом, на основу програма испитивања који је дефинисала Агенција за јонизујуће зрачење и нуклеарну сигурност (1), обухватила је спектрометрију гама емитера узорака земљишта, биљних култура и воде, као и мерење укупне алфа и укупне бета активности воде. На основу програма, извршено је узорковање на локацијама Братоселце, Боровац, Рељани и Пљачковица. У табели 1 дате су координате локација на којима је извршено узорковање.

На свим локацијама, узорци земљишта узети су са дубине 0-15 cm, где су претходно отклоњене трава и растиње са места одакле се извршило узорковање. Један узорак је узет у центру локације, а остали источно, западно, северно и јужно од њега. Дубина узорковања је изабрана на основу чињенице да се овим мерењима прати миграција радионуклида по дубини.

Биљне културе на локацијама су биле различите и није постојала могућност да се једна врста биљних култура нађе на свим локацијама. Због тога је узорак биљне културе на локацији обухватио оне биљне културе које су биле присутне.

Узорци воде узети су са јавних чесми или бунара из којих се снабдева становништво околних села.

Табела 1. Координате локација са којих је извршено узорковање

Локација	GPS координате	
Братоселце	42°20'40" N	21°45'23" E
Боровац	42°23'45" N	21°45'09" E
Рељан	42°18'57" N	21°46'01"E
Пљачковица	42°34'48" N	21°53'49" E

3. МЕТОДЕ МЕРЕЊА

3.1. Спектрометрија гама емитера

3.1.1. Припрема узорака

Узорци земљишта су сушени на 105°C, просејавни и одмеравани у маринели посуду запремине 0,5 l. Узорци су затапани пчелињим воском, како би се успоставила радиоактивна равнотежа између ^{226}Ra и његових потомака (време успостављања радиоактивне равнотеже је око 40 дана), након чега је извршено гамаспектрометријско мерење.

Припрема узорака биљне културе састојала се од сушења на собној температури, минерализације на температури од 450°C, паковања у геометрију мерења (пластична цилиндрична посуда од 120 ml) и затапања пчелињим воском (због успостављања радиоактивне равнотеже). Биљне културе су припремане као целина, без одвајања корена и стабла.

Припрема узорака воде вршена је упаравањем око 10 l узорка, до сувог остатка и минерализацијом на температури од 450°C. У узорцима воде, такође се успоставља радиоактивна равнотежа, као и у узорцима биљних култура и земљишта. Биљне културе и вода се концентришу како би се смањила укупна мерна несигурност резултата мерења.

3.1.2. Мерење узорака

Спектрометрија гама емитера урађена је на полупроводничким HPGe детекторима фирме Canberra, релативних ефикасности 18 %, 20 % и 50 %. Резолуција детектора је 1,8 keV на енергији ^{60}Co од 1332 keV. Калибрација детектора за мерење узорака земљишта, урађена је референтним радиоактивним материјалом у геометрији маринели посуде, Czech Metrological Institute Praha, Cert. No.9031-OL-420/12, укупне активности 41,48 kBq на 31.08.2012. године, који садржи следеће радионуклиде: ^{241}Am , ^{109}Cd , ^{139}Ce , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{88}Y , ^{113}Sn , ^{85}Sr , ^{137}Cs , ^{203}Hg .

За калибрацију детектора, за мерење узорака биљних култура и воде, коришћени су референтни радиоактивни материјали у геометрији цилиндричне пластичне посуде од 120 ml, припремљени од референтног радиоактивног раствора смеше радионуклида (^{241}Am , ^{109}Cd , ^{139}Ce , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{88}Y , ^{113}Sn , ^{85}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb), Czech Metrological Institute, Praha, 9031-OL-427/12, type ERX, укупне активности 72,40 kBq на 31.08.2012. године.

Време мерења узорака било је 60000 s. Мерна несигурност резултата мерења изражена је као проширена мерна несигурност за фактор $k=2$, који за нормалну расподелу одговара нивоу поверења од 95%.

3.2. Мерење укупне алфа и укупне бета активности

3.2.1. Припрема узорака

Припрема узорака за мерење укупне алфа и укупне бета активности извршена је упаравањем одређене количине узорака (3 l) до сувог остатка и минерализацијом на температури од 450°C.

3.2.2. Мерења узорака

Мерење узорака извршено је на нискофонском пропорционалном α/β бројачу THERMO EBERLINE ESM, ефикасности 26% за алфа емитере и 35% за бета емитере. Резултати мерења дати су са мерном несигурношћу која је изражена као проширена мерна несигурност за фактор $\kappa=2$, који за нормалну расподелу одговара нивоу поверења од 95%.

4. РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

4.1. Спектрометрија гама емитера

4.1.1. Резултати мерења узорака земљишта

Резултати мерења гама емитера у узорцима земљишта, дати су у табели 2. Детектовани су природни радионуклиди ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{235}U , ^{238}U , и произведени радионуклид ^{137}Cs . У последњој колони табеле 2, дат је однос активности $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$.

Добијене специфичне активности за све природне радионуклиде на локацији Братоселце, у свим узорцима током 2017. године, биле су ниже или приближе онима добијеним током 2016. године.

На локацији Рељан, у јужном узорку, добијене су веће вредности специфичне активности за све природне радионуклиде; у узорку исток – Рељан, детектована је максимална вредност концентрације произведеног радионуклида ^{137}Cs ; у узорку узетом у центру, добијене су веће специфичне активности; у узорцима узетим на северној и западној страни нема значајних одступања специфични активности, током 2017. године у односу на 2016. годину, осим што је детектовано значајно смањење концентрације произведеног радионуклида ^{137}Cs .

Уколико посматрамо локацију Пљачковица, у узорцима који су узети на источној, северној, западној страни и у центру, детектоване су сличне вредности концентрација радијума, торијума и калијума, док је концентрација ^{238}U у овим узорцима значајно мања у односу на 2016. годину. На локацији Пљачковица југ, у 2016. години добијена је максимална специфична активност ^{238}U од почетка контроле локације 2011. године. У узорку са исте локације, у 2017. години, детектована је вишеструко мања концентрација уранијумових изотопа. На локацији Пљачковица центар, током 2017. године, измерено је значајно повећање концентрације ^{137}Cs у односу на претходну годину.

Као и ранијих година, најниже вредности концентрације за све радионуклиде добијене су на локацији Боровац, а добијене специфичне активности за природне радионуклиде у 2017. години се не разликују значајно у односу на 2016. годину, односно добијене разлике су у оквиру мерне несигурности резултата мерења. У 2017. години, у једном узорку са ове локације (север) концентрација произведеног радионуклида ^{137}Cs је значајно већа у односу на претходну годину.

Табела 2. Концентрација природних и произведених радионуклида (Bq/kg) у узорцима земљишта

Мерно место	Специфична активност радионуклида (Bq/kg)						
БРАТОСЕЛЦЕ	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	²³⁸ U	²³⁵ U	²³⁵ U/ ²³⁸ U
Југ	91 ± 5	57 ± 4	920 ± 60	11,1 ± 0,8	103 ± 8	6,8 ± 0,5	0,066
Исток	77 ± 5	56 ± 4	960 ± 60	14 ± 1	91 ± 8	5,0 ± 0,4	0,056
Центар	109 ± 6	70 ± 5	1020 ± 60	7,6 ± 0,6	130 ± 10	6,5 ± 0,5	0,050
Север	98 ± 6	62 ± 4	1000 ± 60	8,4 ± 0,7	108 ± 9	6,9 ± 0,5	0,064
Запад	89 ± 5	52 ± 4	890 ± 60	28 ± 2	99 ± 8	7 ± 1	0,071
РЕЉАН	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	²³⁸ U	²³⁵ U	²³⁵ U/ ²³⁸ U
Југ	49 ± 3	72 ± 5	890 ± 50	20 ± 1	60 ± 6	3,6 ± 0,3	0,060
Исток	43 ± 3	57 ± 5	830 ± 50	73 ± 5	40 ± 8	1,7 ± 0,3	0,043
Центар	25 ± 2	42 ± 3	770 ± 50	26 ± 2	28 ± 5	2,1 ± 0,2	0,073
Север	41 ± 3	81 ± 5	880 ± 50	10,5 ± 0,8	47 ± 5	2,1 ± 0,2	0,044
Запад	33 ± 2	69 ± 5	800 ± 50	0,8 ± 0,2	54 ± 7	2,6 ± 0,2	0,048
ПЉАЧКОВИЦА	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	²³⁸ U	²³⁵ U	²³⁵ U/ ²³⁸ U
Југ	28 ± 2	40 ± 3	480 ± 30	31 ± 2	65 ± 6	2,6 ± 0,2	0,040
Исток	17 ± 1	30 ± 2	430 ± 30	15 ± 1	21 ± 4	1,3 ± 0,2	0,063
Центар	20 ± 1	25 ± 2	400 ± 30	18 ± 1	21 ± 3	1,1 ± 0,1	0,053
Север	23 ± 2	30 ± 2	450 ± 30	1,3 ± 0,2	23 ± 3	1,3 ± 0,2	0,058
Запад	44 ± 3	53 ± 4	640 ± 40	1,6 ± 0,4	49 ± 8	2,3 ± 0,3	0,048
БОРОВАЦ	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	²³⁸ U	²³⁵ U	²³⁵ U/ ²³⁸ U
Југ	16 ± 1	13 ± 1	220 ± 10	1,4 ± 0,2	20 ± 3	1,1 ± 0,1	0,053
Исток	15 ± 1	10 ± 1	180 ± 10	2,6 ± 0,3	14 ± 2	0,61 ± 0,09	0,045
Центар	13 ± 1	12 ± 1	180 ± 10	5,1 ± 0,4	15 ± 3	0,9 ± 0,1	0,057
Север	13 ± 1	15 ± 2	170 ± 15	17 ± 1	15 ± 3	0,7 ± 0,2	0,046
Запад	14 ± 1	21 ± 2	180 ± 10	2,7 ± 0,3	15 ± 2	1,1 ± 0,1	0,072

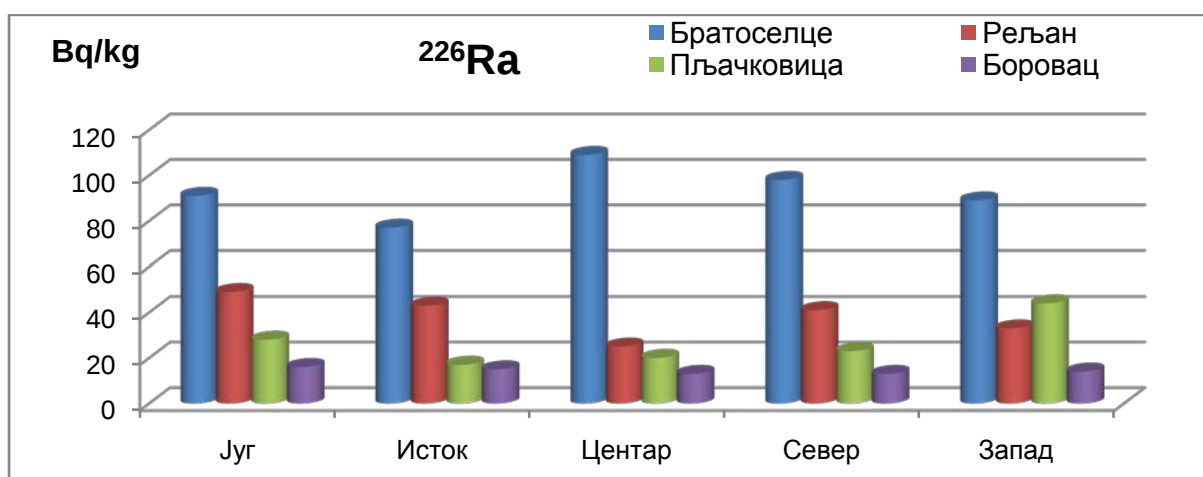
Однос активности уранијумових изотопа ^{235}U и ^{238}U варира у опсегу од 0,040 до 0,073. Максимални однос измерен је у узорцима земљишта са локација Братоселце (запад), Рељан (центар) и Боровац (запад).

Максималне специфичне активности за ^{226}Ra , уранијумове изотопе и ^{40}K , измерене су у узорцима са локације Братоселце. Измерене специфичне активности ^{232}Th максималне су на локацији Рељан, осим у узорку који је узет на локацији центар – Братоселце.

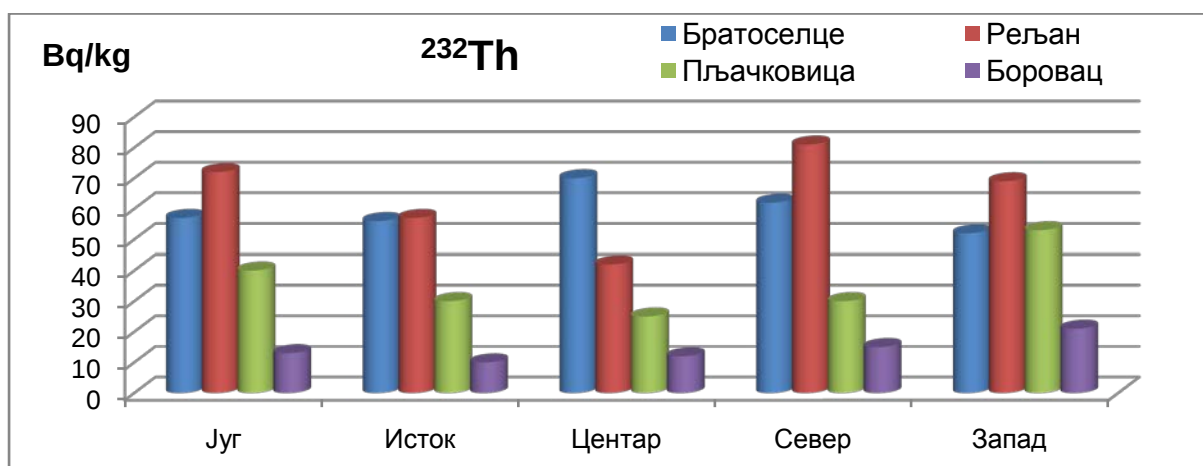
Интервали специфичних активности за природне радионуклиде на свим локацијама износе: 13-109 Bq/kg за ^{226}Ra , 10-81 Bq/kg за ^{232}Th , 170-1020 Bq/kg за ^{40}K , 14-130 Bq/kg за ^{238}U и 0,61-7 Bq/kg за ^{235}U .

Измерене специфичне активности ^{137}Cs , карактеристичне су за земљиште са наших простора, с обзиром да је његово порекло последица нуклеарног акцидента у Чернобилу и биле су у интервалу од 0,8 Bq/kg до 73 Bq/kg.

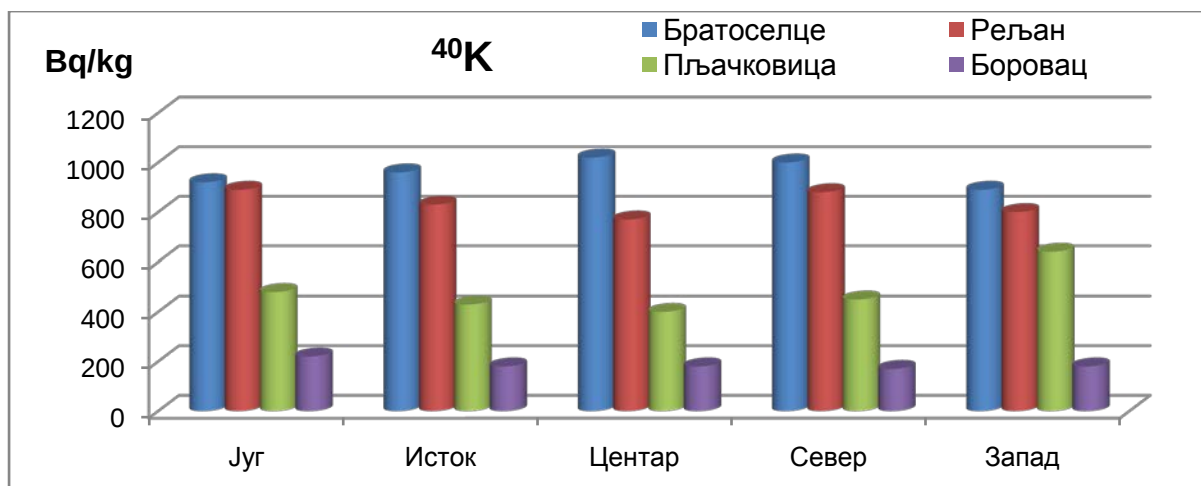
Добијене вредности специфичне активности детектованих радионуклида за узорке земљишта приказани су и хистограмски на сликама 2-7.



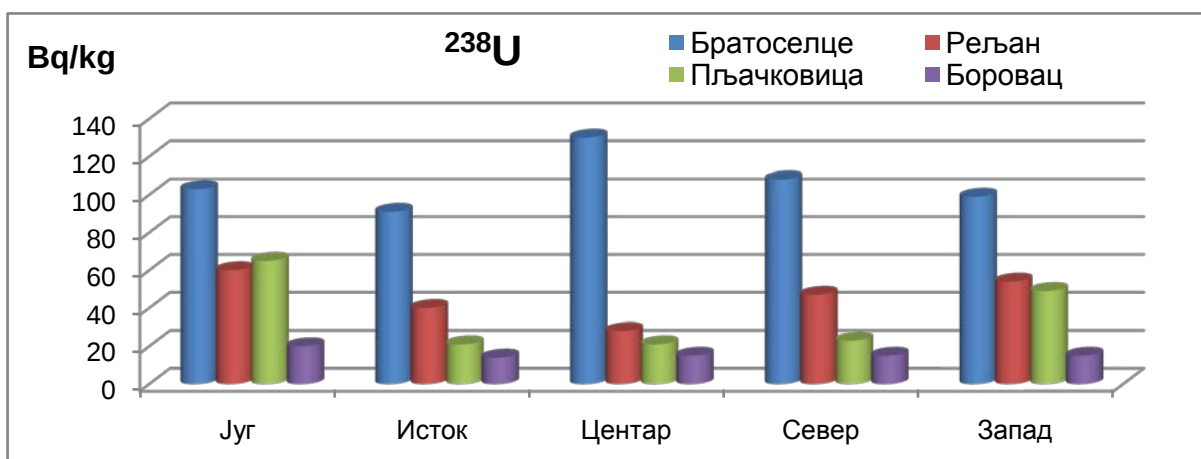
Слика 2. Специфична активност ^{226}Ra у узорцима земљишта



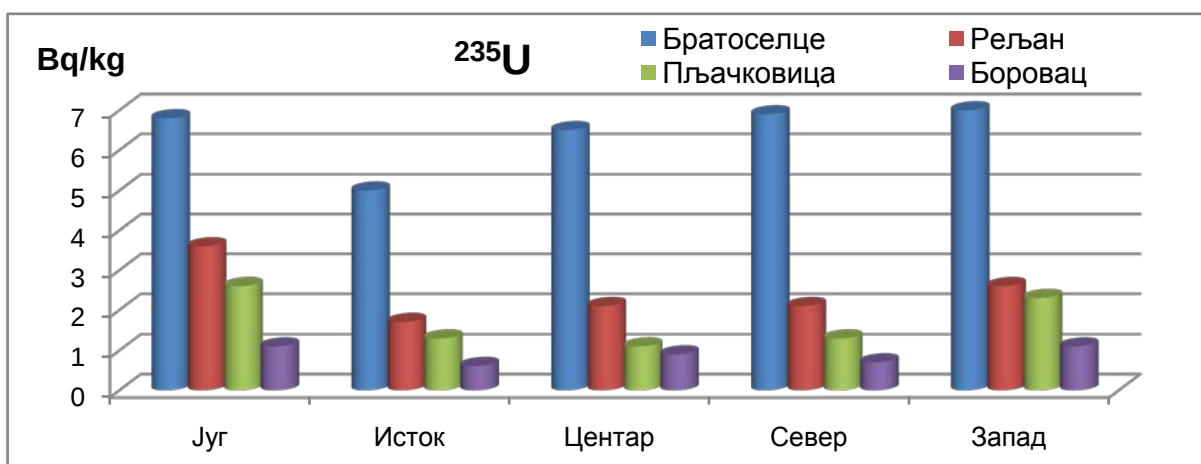
Слика 3. Специфична активност ^{232}Th у узорцима земљишта



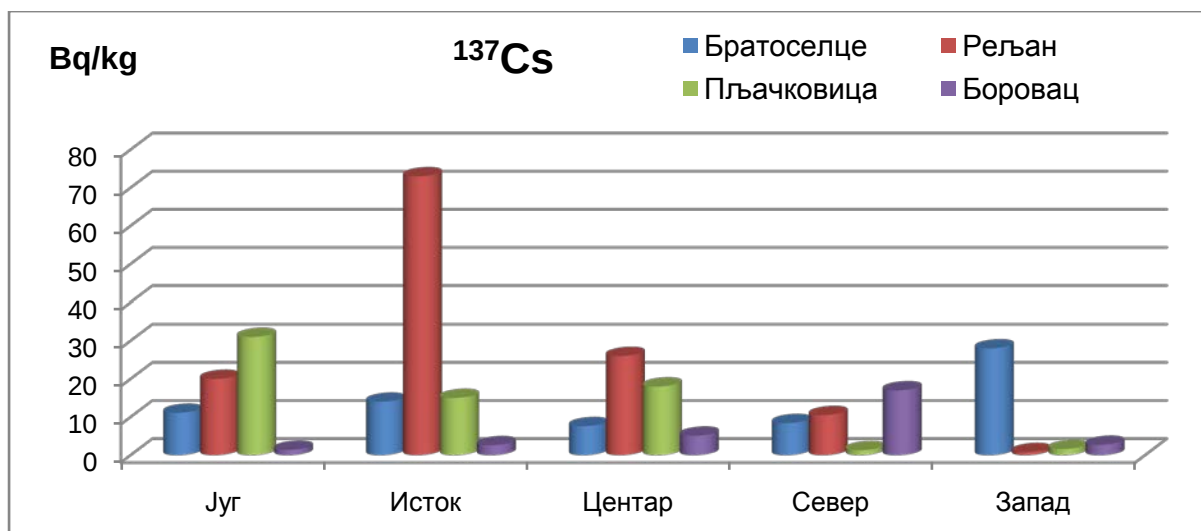
Слика 4. Специфична активност ^{40}K у узорцима земљишта



Слика 5. Специфична активност ^{238}U у узорцима земљишта



Слика 6. Специфична активност ^{235}U у узорцима земљишта



Слика 7. Специфична активност ^{137}Cs у узорцима земљишта

4.1.2. Резултати мерења узорака воде

Као и ранијих година (2011, 2013, 2014, 2015. и 2016.), све добијене специфичне активности детектованих радионуклида у узорцима воде су ниске, углавном испод минималне детектабилне концентрације (табела 3). На свим локацијама, специфичне активности произведеног радионуклида ^{137}Cs су испод минималне детектабилне концентрације. Концентрације природних радионуклида ^{238}U , ^{235}U су такође испод минималних детектабилних концентрација на свим локацијама, осим у узорку воде узорковане са чесме поред трафо станице – Рељан.

Измерене специфичне активности детектованих радионуклида природног порекла ^{226}Ra , ^{40}K и ^{232}Th на свим локацијама су реда величине који је карактеристичан за воду.

Табела 3. Концентрације природних и произведених радионуклида у води (Bq/l)

Мерно место	Специфична активност радионуклида (Bq/l)					
БРАТОСЕЛЦЕ	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	^{238}U	^{235}U
Бунар у селу	$0,076 \pm 0,008$	$0,023 \pm 0,006$	$0,28 \pm 0,04$	$< 0,002$	$< 0,01$	$< 0,002$
Вода из дворишта	$0,019 \pm 0,004$	$0,019 \pm 0,004$	$0,30 \pm 0,04$	$< 0,002$	$< 0,01$	$< 0,002$
РЕЉАН	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	^{238}U	^{235}U
Вода узета са јавне чесме поред трафо станице	$0,025 \pm 0,004$	$< 0,006$	$0,05 \pm 0,02$	$< 0,002$	$< 0,01$	$< 0,002$
Вода узета из чесме код цамије	$0,063 \pm 0,007$	$< 0,009$	$0,07 \pm 0,02$	$< 0,001$	$0,07 \pm 0,01$	$< 0,003$
ПЉАЧКОВИЦА	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	^{238}U	^{235}U
Вода са чесме	$0,032 \pm 0,004$	$< 0,005$	$0,11 \pm 0,02$	$< 0,002$	$< 0,01$	$< 0,002$
Вода са бунара у дворишту	$0,056 \pm 0,007$	$< 0,007$	$0,11 \pm 0,02$	$< 0,002$	$< 0,02$	$< 0,003$
БОРОВАЦ	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	^{238}U	^{235}U
Вода из приватног домаћинства у дворишту	$0,19 \pm 0,01$	$< 0,07$	$0,06 \pm 0,02$	$< 0,002$	$< 0,04$	$< 0,002$
Вода узета са јавне чесме поред пута	$0,075 \pm 0,007$	$< 0,007$	$0,06 \pm 0,02$	$< 0,002$	$< 0,04$	$< 0,002$

4.1.3. Резултати мерења узорака биљних култура

У узорцима биљних култура, поред природних радионуклида, припадника радиоактивних серија (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U и ^{235}U) и ^{40}K , детектовани су и природни радионуклиди: ^7Be , космогеног порекла и ^{210}Pb . У узорцима биљних култура детектовано је и присуство произведеног радионуклида ^{137}Cs . Добијени резултати мерења дати су табели 4 и односе се на Bq/kg суве материје. Специфичне активности ^7Be , приказане у табели 4, дате су на дан узорковања биљних култура (06-08.09.2017.)

Специфичне активности ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и ^{137}Cs су у интервалима: од минималне детектабилне концентрације до 12 Bq/kg, 5 Bq/kg, 230 Bq/kg и 1,3 Bq/kg, респективно. Специфичне активности за ^{238}U на свим локацијама и у свим биљним културама су биле испод минималне детектабилне концентрације, осим у једном узорку биљне културе на локацији Братоселце. Измерене специфичне активности ^{235}U су биле испод минималне детектабилне концентрације, осим у једном узорку са локације Рељан и два узорка са локације Братоселце.

У случају ^{210}Pb специфичне активности су се кретале од 19 Bq/kg до 130 Bq/kg, док су за ^7Be биле у интервалу од 120 Bq/kg до 260 Bq/kg. Специфичне активности природног радионуклида ^{210}Pb , су веће у односу на ^{226}Ra (који је као и ^{210}Pb припадник уранијумове серије), што се и очекује, јер га биљка апсорбује, осим путем земљишта, и путем ваздуха (фолијарна депозиција).

Све добијене вредности специфичне активности карактеристичне су за биљне културе са простора наше земље. Биљне културе на испитиваним локацијама су различите, као што је наведено у програму испитивања, и директно упоређивање вредности концентрација природних радионуклида у њима није применљиво у овом случају.

Табела 4. Концентрације природних и произведених радионуклида (Bq/kg суве материје) у биљним културама

Мерно место	Активност радионуклида (Bq/kg суве материје)							
БРАТОСЕЛЦЕ	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{238}U	^{235}U	^{137}Cs	$^7\text{Be} *$	^{210}Pb
1	$2,6 \pm 0,3$	$1,7 \pm 0,5$	160 ± 10	5 ± 1	$0,20 \pm 0,05$	$0,15 \pm 0,06$	200 ± 20	29 ± 4
2	$10,8 \pm 0,9$	5 ± 1	230 ± 20	< 4	$0,8 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$	240 ± 20	51 ± 7
3	$1,2 \pm 0,2$	$1,4 \pm 0,5$	122 ± 8	< 2	$< 0,1$	$< 0,07$	200 ± 20	49 ± 5
БОРОВАЦ	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{238}U	^{235}U	^{137}Cs	$^7\text{Be} *$	^{210}Pb
1	12 ± 1	$1,9 \pm 0,8$	114 ± 9	< 4	$< 0,2$	$0,6 \pm 0,1$	190 ± 10	29 ± 7
2	11 ± 1	3 ± 1	190 ± 10	< 4	$< 0,2$	$0,9 \pm 0,2$	150 ± 10	33 ± 9
3	< 1	$2,2 \pm 0,4$	200 ± 10	< 2	$< 0,1$	$0,28 \pm 0,09$	120 ± 10	19 ± 4
ПЉАЧКОВИЦА	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{238}U	^{235}U	^{137}Cs	$^7\text{Be} *$	^{210}Pb
1	$2,6 \pm 0,4$	$1,7 \pm 0,5$	210 ± 10	< 2	$< 0,1$	$< 0,08$	170 ± 10	33 ± 4
2	< 1	$< 0,6$	123 ± 9	< 3	$< 0,2$	$< 0,1$	190 ± 10	46 ± 5
3	$1,3 \pm 0,2$	$4,5 \pm 0,8$	170 ± 10	< 2	$< 0,1$	$1,3 \pm 0,2$	220 ± 15	71 ± 7
РЕЉАН	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{238}U	^{235}U	^{137}Cs	$^7\text{Be} *$	^{210}Pb
1	$3,9 \pm 0,4$	$2,2 \pm 0,7$	87 ± 6	< 3	$< 0,1$	$0,9 \pm 0,1$	260 ± 20	130 ± 10
2	$6,4 \pm 0,6$	$2,1 \pm 0,4$	92 ± 6	< 2	$< 0,1$	$0,22 \pm 0,07$	230 ± 20	62 ± 6
3	$4,4 \pm 0,4$	$2,6 \pm 0,6$	58 ± 4	$< 0,1$	$0,5 \pm 0,1$	$0,21 \pm 0,06$	180 ± 10	42 ± 4

* Активност је приказана на дан узорковања

4.2. Резултати мерења укупне алфа и укупне бета активности

У истим узорцима воде, које су анализирани спектрометријом гама емитера, урађено је и мерење укупне алфа и укупне бета активности. Добијене вредности (табела 5) су у складу са важећом законском регулативом (2), односно укупна алфа активност је мања од 0,5 Bq/l, док је укупна бета активност мања од 1 Bq/l, на свим испитиваним локацијама.

Табела 5. Резултати мерења укупне алфа и укупне бета активности у води (Bq/l)

Мерно место	Активност (Bq/l)	
БРАТОСЕЛЦЕ	Алфа	Бета
Бунар у центру села	$0,37 \pm 0,08$	$0,73 \pm 0,10$
Вода из дворишта	$0,31 \pm 0,06$	$0,76 \pm 0,10$
РЕЉАН	Алфа	Бета
Вода узета из чесме код цамије	$0,12 \pm 0,03$	$0,22 \pm 0,05$
Вода узета са чесме поред трафо станице Рељан	$0,09 \pm 0,02$	$0,24 \pm 0,03$
БОРОВАЦ	Алфа	Бета
Вода из приватног домаћинства у дворишту	$0,21 \pm 0,03$	$0,41 \pm 0,05$
Вода узета са јавне чесме поред пута	$0,20 \pm 0,04$	$0,39 \pm 0,05$
ПЉАЧКОВИЦА	Алфа	Бета
Вода са чесме	$0,17 \pm 0,03$	$0,34 \pm 0,03$
Вода са бунара у дворишту	$0,12 \pm 0,02$	$0,25 \pm 0,03$

5. ЗАКЉУЧАК

Гамаспектрометријска испитивања воде за пиће, као и резултати мерења укупне алфа и укупне бета активности из водовода и бунара, на свим локалитетима, показују да испитани узорци задовољавају критеријуме о радиолошкој исправности на основу законских прописа (2) и могу се користити за пиће. Концентрација уранијумових изотопа у узорцима воде била је испод минималне детектабилне концентрације, осим у једном узорку са локације Рељан за ^{238}U .

Специфичне активности ^{235}U и ^{238}U , у узорцима земљишта, кретале су се у истим интервалима као и ранијих година.

У узорцима биљних култура детектоване су веома ниске концентрације ^{235}U (у два узорка са локације Братоселце и једном са локације Рељан) и ^{238}U (у једном узорку са локације Братоселце).

Резултати гамаспектрометријских мерења у 2017. години, на свим локалитетима, показују вредности активности природних радионуклида на истом нивоу као и у другим регионима Србије (3-7). Активност ^{137}Cs , који потиче од акцидента у Чернобиљу, у свим узорцима биљних култура и земљишта је на истом нивоу као и у другим регионима Србије (3-7). У односу на претходне периоде испитивања, 2011, 2013, 2014, 2015. и 2016. године, вредности специфичне активности детектованих радионуклида у 2017. години се не разликују значајно.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Правилник о утврђивању програма систематског испитивања радиоактивности у животној средини (Сл. Гл. РС 100/10 од 28.12.2010)
2. Правилник о границама садржаја радионуклида у води за пиће, животним намирницама, сточној храни, лековима, предметима опште употребе, грађевинском материјалу и другој роби која се ставља у промет (Сл. Гл. РС 86/11 од 18.11.2011)
3. G. Đurić, D. Popović, D. Todorović, M. Radenković. Contents of radionuclides in uncultivated soils of a mountainous region, Proceedings from the Second International Symposium and Exhibition of Environmental Contamination in Central and Eastern Europe, Budapest 94, IX 1994, Budapest, Hungary, Government Institute, Inc. Rockville, MD, USA, 1994, P.753-754
4. Пантелић Г, Еремић-Савковић М, Вулетић В. Испитивање земљишта у оквиру програма мониторинга радиоактивности животне средине у Србији, Контаминација земљишта Србије радионуклидима и могућност њихове ремедијације, Монографија, уредник/едитор др Мирјана Стојановић, ИТНМС, Београд, 2006, 141-164.
5. Sarap N., Janković M., Dolijanović Ž., Kovačević D., Rajačić M., Nikolić J., Todorović D., Soil to plant transfer factor for ^{90}Sr and ^{137}Cs , Journal Radioanalytical Nuclear Chemistry Vol.303 No.3 (2015) 2523-2527, ISSN: 0236-5731
6. Sarap N., Rajačić M., Đalović I., Šeremešić S., Đorđević A., Janković M., Daković M., Distribution of natural and artificial radionuclides in chernozem soil/crop system from stationary experiments, Environmental Science and Pollution Research Vol.23 No.17 (2016) 17761-17773, ISSN: 0944-1344
7. Sarap N., Rajačić M., Janković M., Todorović D., Nikolić J., Pantelić G., Radioactivity in soil samples collected in southern Serbia, 9th Symposium of the Croatian Radiation Protection Association, with international participation, Krk, Croatia, April 10-12 (2013), Proceedings 407-412, ISBN: 978-953-96133-8-7