





РАДИОАКТИВНОСТ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ У БЕОГРАДУ У 2022. ГОДИНИ

**Београд,
март 2023. године**

Институт за нуклеарне науке "Винча", Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту животне средине "Заштита" Мике Петровића Аласа 12-14, 11351 Београд, Винча Тел: 011/630-84-37 Факс: 011-630-84-37	 АТС 01-327 ЛАБОРАТОРИЈА ЗА ИСПИТИВАЊЕ ISO/IEC 17025	Институт за медицину рада Србије "Др Драгомир Карајовић" Делиградска 29, 11000 Београд Тел: 011/3400-958 Факс: 011/2643-675	 АТС 01-273 ЛАБОРАТОРИЈА ЗА ИСПИТИВАЊЕ ISO/IEC 17025
Број Извештаја: 1-244 Датум: 24.03.2023.		Заводни број: 03-1117 Датум: 17.03.2023.	

Република Србија, Град Београд, Градска управа града Београда
 Секретаријат за заштиту животне средине
 Карађорђева 71, 11000 Београд

Извештај о реализацији програма систематског испитивања нивоа радиоактивности у животној средини на територији Београда за 2022. годину

На основу :

- Закона о радијационој и нуклеарној сигурности и безбедности ("Сл. гласник РС", бр. 95/18 и 10/19);
- Правилника о утврђивању програма систематског испитивања радиоактивности у животној средини ("Сл. гласник РС", бр. 100/10);
- Правилника о мониторингу радиоактивности ("Сл. гласник РС", бр. 97/11);
- Правилника о границама излагања јонизујућим зрачењима и мерењима ради процене нивоа излагања јонизујућим зрачењима ("Сл. гласник РС", бр. 86/11 и 50/18);
- Правилника 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. гласник РС", бр. 36/18).

Град Београд је донео Програм Систематског испитивања нивоа радиоактивности у животној средини на територији Београда, број 501-4944/21-Г од 22.07.2021. и његову реализацију доделио је Институту за нуклеарне науке "Винча", Лабораторији за заштиту од зрачења и заштиту животне средине и Институту за медицину рада Србије "др Драгомир Карајовић", на основу уговора број: V-01-401.1-2 од 13.01.2022.

Овај извештај садржи приказ резултата свих мерења током 2022. године.

Технички руководиоца
 Сектора за испитивање активности
 радионуклида

Марија Јанковић
 др Марија Јанковић

Руководилац ОЈ
 Лабораторије "Заштита"



др Марија Шљивић Ивановић
 др Марија Шљивић Ивановић

Технички руководиоца
 Лабораторије за испитивање радиоактивности

Сузана Богојевић
 др Сузана Богојевић



Директор

Института за медицину рада Србије
 "Др Драгомир Карајовић"

Проф. др Александар Миловановић
 Проф. др Александар Миловановић

САРАДНИЦИ НА ОВИМ ПОСЛОВИМА:

- ***Сектор за испитивање активности радионуклида, Лабораторија за радијациона мерења, Лабораторије за заштиту од зрачења и заштиту животне средине, Института Винча***

1. др Милица Рајачић, дипл. физичар
2. др Марија Јанковић, дипл. физикохемичар
3. др Драгана Тодоровић, дипл. физичар
4. др Ивана Вуканац, дипл. физичар
5. др Јелена Николић, дипл. физичар
6. др Војислав Станић, дипл. хемичар
7. др Наташа Сарап, дипл. физикохемичар
8. Радица Грујић, хемијски техничар
9. Јелена Арсић, хемијски техничар
10. Горан Пауновић, технички сарадник
11. Саша Скробоња, технички сарадник
12. Контић Милош, технички сарадник
13. Владимир Ранђеловић, технички сарадник
14. Душан Ковачевић, технички сарадник

•

- ***Одељење за радиоекологију Институт "др Драгомир Карајовић"***

1. др Сузана Богојевић, дипл. физикохемичар
2. др Ирена Танасковић, дипл. физикохемичар
3. мр Весна Арсић, дипл. физичар
4. Јована Илић, дипл. физикохемичар
5. др Горица Сбутега-Милошевић, спец. хигијене
6. Предраг Дракулић, лабораторијски техничар
7. Сузана Мирков, хемијски техничар
8. Мира Чабаркапа, хемијски техничар
9. Милена Станковић, хемијски лаборант
10. Кристина Поповић, хемијски техничар

Садржај

1. УВОД	5
2. ПРОГРАМ УЗОРКОВАЊА	8
Испитивање садржаја радионуклида у ваздуху.....	8
Испитивање садржаја радионуклида у чврстим и течним падавинама.....	8
Испитивање садржаја радионуклида у води за пиће.....	9
Испитивање садржаја радионуклида у површинској води и седименту	9
Испитивање садржаја радионуклида у земљишту	10
Испитивање садржаја радионуклида у животним намирницама и храни за животиње	10
Испитивање нивоа излагања јонизујућем зрачењу природног порекла.....	10
3. МЕТОДЕ МЕРЕЊА И ОДРЕЂИВАЊА АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДА	11
Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	11
Одређивање укупне алфа и бета активности	11
Одређивање активности ^{90}Sr	11
Одређивање активности ^3H	11
Одређивање концентрације ^{222}Rn	12
Мерна несигурност	12
4. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА	13
Садржај радионуклида у ваздуху.....	13
Садржај радионуклида у падавинама.....	15
Садржај радионуклида у води за пиће	16
Садржај радионуклида у површинским водама и седименту	20
Садржај радионуклида у земљишту	26
Садржај радионуклида у животним намирницама и храни за животиње	29
Испитивање излагања јонизујућем зрачењу природног порекла у боравишним просторијама и радној средини	34
5. КОМЕНТАР РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА	37
6. ЗАКЉУЧАК	38

1. УВОД

Програм систематског испитивања радиоактивности у животној средини на територији града Београда у 2022. години обухвата:

- систематско испитивање радиоактивности у редовним условима у свим сегментима животне средине (ваздух, чврсте и течне падавине, површинске воде и седимент, земљиште, вода за пиће, животне намирнице и храна за животиње);
- повремена, односно циљана мерења радиоактивности на мерним местима која нису у мрежи мерних места систематског испитивања, по индикацијама или захтеву наручиоца;
- циљана мерења концентрације радона у затвореним просторима стамбених објеката, предшколских и школских установа по захтеву наручиоца;
- обраду и анализу података и извештавање о резултатима испитивања радиоактивности у животној средини (у писаној и електронској форми).

Испитивања у оквиру наведеног програма се односе на:

1. Испитивање садржаја радионуклида у ваздуху;
2. Испитивање садржаја радионуклида у чврстим и течним падавинама;
3. Испитивање садржаја радионуклида у површинским водама, седименту и земљишту;
4. Испитивање садржаја радионуклида у води за пиће;
5. Испитивање садржаја радионуклида у животним намирницама и храни за животиње;
6. Испитивање нивоа излагања јонизујућем зрачењу природног порекла у боравишним просторијама и радној средини - мерење концентрације радона.

Преглед броја узорака, врста испитивања и динамика мерења у 2022. години приказани су у Табелама 1 и 2.

Табела 1. План узорковања, врста испитивања и динамика мерења

Врста узорка		Узорковање	Врста испитивања	Мерење
Ваздух	Дневно		Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Четири пута месечно
			Испитивање садржаја Sr-90	Тромесечно
Чврсте и течне падавине	Дневно		Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Месечно
			Испитивање садржаја Sr-90	
Вода за пиће	Дневно		Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Месечно
			Одређивање укупне алфа и бета активности	
			Испитивање садржаја Sr-90	Тромесечно
			Испитивање садржаја H-3	Тромесечно
Површинске воде	Месечно		Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Тромесечно
			Одређивање укупне алфа и бета активности	Месечно
			Испитивање садржаја Sr-90	Месечно
			Испитивање садржаја H-3	Месечно
Речни седимент	Тромесечно		Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Два пута годишње
			Испитивање садржаја Sr-90	
Земљиште: обрадиво (0-20)cm и необрадио (0-15) cm	Два пута годишње		Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Два пута годишње
			Испитивање садржаја Sr-90	
Животне намирнице	Млеко	Дневно	Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Месечно
			Испитивање садржаја Sr-90	
	Млечни производи	Два пута годишње	Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Два пута годишње
			Испитивање садржаја Sr-90	
	Месо	Два пута годишње	Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Два пута годишње
			Испитивање садржаја Sr-90	
	Житарице	Два пута годишње	Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Два пута годишње
			Испитивање садржаја Sr-90	
	Поврће	Два пута годишње	Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Два пута годишње
			Испитивање садржаја Sr-90	
	Воће	Два пута годишње	Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Два пута годишње
			Испитивање садржаја Sr-90	
	Дечји оброк	Два пута годишње	Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Два пута годишње
			Испитивање садржаја Sr-90	
Сточна храна	Свежа кабаста храна	Два пута годишње	Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Два пута годишње
			Испитивање садржаја Sr-90	
	Сува кабаста храна	Два пута годишње	Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Два пута годишње
			Испитивање садржаја Sr-90	
	Крмна смеша	Два пута годишње	Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида	Два пута годишње

Табела 2. План узорковања и динамика мерења радона

Врста објекта	Учесталост испитивања на годишњем нивоу	Број објеката
Стамбени објекат	Једном годишње у зимском периоду	10
Јавни објекти (најмање 5 школа и најмање 5 предшколских установа)		20

Узорковања су извршена на следећим локацијама (слика 1):

- 1) Београд, Карађорђево парк-метеоролошка станица (ваздух, падавине, вода за пиће);
- 2) Савско пристаниште и Дунавски кеј (површинска вода, седимент);
- 3) Обреновац (вода за пиће, земљиште, храна);
- 4) Лазаревац (вода за пиће, земљиште, храна);
- 5) Градске пијаце (људска храна).

Слика 1. План места узорковања



2. ПРОГРАМ УЗОРКОВАЊА

Испитивање садржаја радионуклида у ваздуху

Мерна станица за сакупљање узорака ваздуха (Слика 2) постављена је на метеоролошкој станици Карађорђевог парка, (N: 44° 47'; E: 20° 27', надморска висина 134 m).

Узорци ваздуха узимају се на висини од 1 m изнад тла, помоћу система за узорковање ваздуха, континуално у току 24 h, сваког дана. Проток ваздуха кроз филтер папир (Петрианов, FPP--15-1.5) кретао се у интервалу (500-550) m³/h. Недељни узорци аеросола анализирају се спектрометријом гама емитера. Збирни тромесечни узорак се добија састављањем недељних узорака, у којима се анализира садржај ⁹⁰Sr.

Резултати испитивања узорака ваздуха изражавају се у Bq/m³.



Слика 2. Систем за узимање узорака ваздуха

Испитивање садржаја радионуклида у чврстим и течним падавинама

Узорци чврстих и течних падавина сакупљају се помоћу узоркивача падавина површине 0,6 m², на висини 1 m изнад тла, континуално током целог месеца, на локацији: Карађорђевог парка (N: 44° 47'; E: 20° 27'), Слика 3.

Спектрометрија гама емитера и одређивање садржаја ⁹⁰Sr се раде на збирном месечном узорку, добијеном његовим упаравањем до сувог остатка и минерализацијом.

Резултати мерења изражавају се у Bq/m².



Слика 3. Узоркивач падавина на мерној станици Карађорђевог парка

Испитивање садржаја радионуклида у води за пиће

Вода за пиће се сакупља свакодневним узорковањем 200-300 ml воде из водоводне мреже у Београду, Обреновцу и Лазаревцу.

Од прикупљених узорка одређена количина се одвоји у течном стању за одређивање активности ^3H , а остатак се упарава до сувог остатка, након чега се минерализује. Укупна алфа/бета активност и активност гама емитера се раде у композитном месечном узорку (сви дневни узорци), док се одређивање садржаја ^{90}Sr и ^3H врши у композитним тромесечним узорцима.

Резултати мерења се изражавају у Bq/l.

Испитивање садржаја радионуклида у површинској води и седименту

Површинска вода река Саве (N: 44° 49'; E: 20° 26') и Дунава (N: 44° 50'; E: 20° 25') се узоркује једном месечно. Као и код узорка воде за пиће, од прикупљених узорка одређена количина се у течном стању одвоји за одређивање активности ^3H , а остатак се упарава до сувог остатка, након чега се минерализује. Укупна алфа/бета активност, као и садржај ^{90}Sr и ^3H се одређују у појединачним месечним узорцима, док се спектрометријом гама емитера испитују композитни тромесечни узорци.

Резултати мерења се изражавају у Bq/l.

На истим локацијама се узима по један узорак седимента на свака три месеца. Узорци се суше на 105 °C до константне масе, просејавају кроз сито и узима фракција мања од 250 μm . Део узорка се у одговарајућој геометрији мерења одвоји за спектрометрију гама емитера и у њему се успоставља радиоактивна равнотежа. За одређивање активности ^{90}Sr , узима се део од 300 g сувог и просејаног узорка који се минерализује на 500 °C и даље подлеже радиохемијској аналитичкој процедури.

Резултати мерења се изражавају у Bq/kg.

Испитивање садржаја радионуклида у земљишту

Земљиште се узоркује два пута годишње, на две локације: Обреновац (N: 44° 39'; E: 20° 12') и Лазаревац (N: 44° 23'; E: 20° 16'). Са сваке локације се узима по два узорка: један са обрадиве површине на дубини 0-20 cm и један са необрадиве површине на дубини 0-15 cm.

Припрема узорка обухвата: сушење на 105 °C, просејавање и одмеравање за сваки тип анализе. Део узорка, одвојен за испитивање садржаја ^{90}Sr се у наставку припреме минерализује, док се део одвојен за гама спектрометрију, затвара и одлаже 30 дана ради успостављања радиоактивне равнотеже.

Резултати мерења изражавају се у Bq/kg.

Испитивање садржаја радионуклида у животним намирницама и храни за животиње

Садржај радионуклида у животним намирницама се испитује у узорцима млека, млечних производа, меса, житарица, поврћа, воћа и композитним мешаним узорцима дечије хране из друштвене исхране (из дечијих вртића). Испитивање садржаја биолошки значајног физионог радионуклида ^{137}Cs у сточној храни обухвата свежу кабасту храну, суву кабасту храну и крмне смеше за исхрану различитих врста и категорија животиња. Узорци животних намирница и сточне хране се узимају из примарне производње и садржај радионуклида се испитује према дозревању вегетације и узгоју (за месо).

Осим узорка млека, који се узимају свакодневно из откупне мреже млекара и анализирају као збирни месечни узорци, сви остали узорци животних намирница и сточне хране се узимају два пута у току године.

Уколико се изузму узорци крмних смеша, који се испитују само методом гамаспектрометрије, у свим осталим узорцима животних намирница и сточне хране се одређује и садржај ^{90}Sr .

Резултати мерења изражавају се у Bq/kg, а одговарајућа ефективна годишња доза у mSv/year.

Испитивање нивоа излагања јонизујућем зрачењу природног порекла

Постављање канистера са угљеним филтером, извршено је на 30 локација које обухватају јавне (школске и предшколске установе) и стамбене објекте. Канистери се отварају и излажу у затвореним просторијама, на један метар од пода и зидова, у периоду од 3 дана. Три сата по затварању канистера успоставља се равнотежа између радона и његових потомака.

Резултати мерења изражавају се у Bq/m³.

3. МЕТОДЕ МЕРЕЊА И ОДРЕЂИВАЊА АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДА

Гамаспектрометријско одређивање садржаја радионуклида

Гамаспектрометријске анализе садржаја радионуклида се раде по методи Measurements of Radionuclides in Food and Environment, Method for Determining Gamma Emitters, IAEA Technical Reports Series No. 295, Vienna, 1989. на следећим детекторима:

- HPGe детектори релативне ефикасности 18 %, 20 % и 50 % фирме CANBERRA. Резолуција свих детектора је 1,8 keV на енергији 1332 keV. Анализа спектра је рађена помоћу софтверског пакета GENIE 2000;
- HPGe детектори релативне ефикасности 25 % и 40 % фирме ORTEC. Резолуција детектора на енергији 1332 keV износи 1,95 keV и 1,85 keV, респективно. За обраду спектра коришћен је софтвер GammaVision.

Одређивање укупне алфа и бета активности

Мерења укупне алфа и укупне бета активности се раде по методи Prescribed Procedures for Measurement of Radioactivity in Drinking Water, Method 900.0, EPA-600/4-80-032, 1980, на гасном пропорционалном бројачу Thermo Eberline FHT 770 T, ефикасности 35 % за бета и 26 % за алфа зрачење. Подаци о мерењу се обрађују помоћу софтверског пакета Thermo Eberline ESM (ESM Eberline Instruments GmbH).

Одређивање активности ^{90}Sr

Одређивање активности ^{90}Sr у узорцима се ради по валидованој методи: Брновић Радмиле, „Стронцијум 90 у животној средини човека“, Магистарски рад, Београд, 1972. Радиохемијска аналитичка метода одређивања активности ^{90}Sr заснива се на издвајању ^{90}Y из узорка, тако да се активност ^{90}Sr одређује на основу мерења активности ^{90}Y , након успостављања радиоактивне равнотеже између родитеља и потомка у трајању од 18 дана. Мерења се обављају на следећим детекторима:

- Нискофонски гасни пропорционални бројач Thermo Eberline FHT 770T (ESM Eberline Instruments GmbH), ефикасности 35 % за бета и 26 % за алфа зрачење. Подаци о мерењу се обрађују помоћу софтверског пакета Thermo Eberline ESM (ESM Eberline Instruments GmbH);
- Нискофонски гасни пропорционални бројач PIC-WPC-9550 произвођача Protean Instrument Corporation, ефикасности за бета и алфа зрачење 42 % и 30 %, респективно. Подаци о мерењу се обрађују помоћу софтверског пакета Vista 2000.

Одређивање активности ^3H

Припрема и мерење узорака се ради у складу са валидованом методом: Procedure and technique critique for tritium enrichment by electrolysis at the IAEA laboratory, Technical Procedure Note No. 19, International Atomic Energy Agency, Isotope Hydrology Unit, Seibersdorf, Austria, 1976. Узорци се дестилију како би се ослободили од присутних нечистоћа и да би се евентуално издвојили присутни катјони и анјони, потом се концентришу поступком електролитичког обогаћења, након чега се пречишћују поступком дестилације, како би се уклонио електролит натријум-пероксид. Последњи корак подразумева одмеравање добијеног дестилата и мешање са сцинтилационим коктелом у вајли запремине 20 mL. Пре мерења узорци стоје на тамном месту минимално 6 сати, како би се избегла појава луминисценције. Мерења су обављена на тачном сцинтилационом спектрометру Quantulus 1220 (Perkin Elmer). Аквизиција података је у потпуности аутоматизована и врши се преко софтверског програма WALLAC WinQ (Windows software for controlling Wallac 1220 Quantulus), а за приказивање и анализу спектра, као и читавање брзине одброја користи се програмски пакет WALLAC EASY View (Spectrum analysis program for 1220 Quantulus).

Одређивање концентрације ^{222}Rn

Специфична активност ^{222}Rn који је адсорбован на активном угљу, одређује се индиректном методом која подразумева спектрометрију гама зрачења његових потомака (^{214}Pb и ^{214}Bi). За гамаспектрометријска мерења коришћен је NaI детектор, резолуције 8,5 % на енергији од 662 keV, а за анализу спектра се користи софтверски пакет GENIE 2000.

Мерна несигурност

Мерна несигурност резултата свих анализа које је извршио Институт за медицину рада Србије "Др Драгомир Карајовић" изражена је на нивоу поверења од 68 % (1σ), док су резултати анализа које је извршио Институт за нуклеарне науке "Винча" изражени на нивоу поверења од 95 % (2σ).

4. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА

Садржај радионуклида у ваздуху

У Табелама 3 и 4, приказани су резултати мерења радиоактивности ваздуха са мерном несигурношћу 1σ на локацији Карађорђевог парк током 2022. године. Активност космогеног радионуклида ^7Be се односи на средину периода узорковања (15. дан у месецу).

Табела 3.1. Резултати мерења активности гама емитера у ваздуху, прва половина године

Врста узорка:		ВАЗДУХ		
Локација:		БЕОГРАД		
Врста анализе:		Гама-спектрометрија		
Месец	Недеља у месецу	^{137}Cs ($\mu\text{Bq/m}^3$)	^7Be (mBq/m^3)	^{131}I ($\mu\text{Bq/m}^3$)
Јануар	I	$3,9 \pm 0,3$	$2,6 \pm 0,1$	$< 0,3$
	II	$1,3 \pm 0,3$	$4,1 \pm 0,1$	$< 0,3$
	III	$2,6 \pm 0,2$	$4,1 \pm 0,1$	$< 0,3$
	IV	$1,5 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,3$
Фебруар	I	$1,9 \pm 0,2$	$3,2 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,1$
	II	$1,2 \pm 0,4$	$4,2 \pm 0,1$	$< 0,7$
	III	$2,0 \pm 0,3$	$6,5 \pm 0,2$	$< 0,5$
	IV	$1,0 \pm 0,1$	$5,7 \pm 0,2$	$< 0,7$
Март	I	$1,9 \pm 0,1$	$3,8 \pm 0,1$	$< 0,7$
	II	$2,8 \pm 0,1$	$6,1 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$
	III	$6,5 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,1$	$< 1,0$
	IV	$1,7 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,1$	$< 0,3$
Април	I	$1,5 \pm 0,2$	$3,7 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,1$
	II	$1,0 \pm 0,1$	$5,0 \pm 0,1$	$< 0,2$
	III	$< 0,9$	$4,9 \pm 0,1$	$< 0,9$
	IV	$< 0,6$	$3,8 \pm 0,1$	$< 1,2$
Мај	I	$1,1 \pm 0,4$	$6,9 \pm 0,2$	$< 0,4$
	II	$< 0,7$	$10,3 \pm 0,3$	$< 0,7$
	III	$< 0,4$	$9,9 \pm 0,3$	$< 0,7$
	IV	$< 0,1$	$7,1 \pm 0,2$	$< 0,7$
Јун	I	$< 0,4$	$5,9 \pm 0,2$	$< 0,3$
	II	$< 0,5$	$7,1 \pm 0,2$	$< 0,6$
	III	$< 0,2$	$7,4 \pm 0,2$	$< 0,5$
	IV	$< 0,3$	$5,6 \pm 0,1$	$1,5 \pm 0,3$

Табела 3.2. Резултати мерења активности гама емитера у ваздуху, друга половина године

Врста узорка:		ВАЗДУХ		
Локација:		БЕОГРАД		
Врста анализе:		Гама-спектрометрија		
Месец	Недеља у месецу	^{137}Cs ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)	^7Be (mBq/m^3)	^{131}I ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)
Јул	I	$1,2 \pm 0,1$	$8,3 \pm 0,1$	$< 0,7$
	II	$< 0,6$	$5,1 \pm 0,1$	$< 0,5$
	III	$< 0,5$	$9,7 \pm 0,3$	$< 0,5$
	IV	$< 0,6$	$10,2 \pm 0,3$	$< 0,5$
Август	I	$< 0,4$	$8,1 \pm 0,2$	$< 0,6$
	II	$< 0,7$	$5,2 \pm 0,1$	$< 0,6$
	III	$< 0,6$	$5,8 \pm 0,1$	$< 0,6$
	IV	$< 0,3$	$5,2 \pm 0,1$	$< 0,4$
Септембар	I	$< 0,3$	$4,8 \pm 0,1$	$< 0,3$
	II	$< 0,6$	$5,8 \pm 0,2$	$< 0,5$
	III	$< 0,3$	$2,7 \pm 0,1$	$< 0,3$
	IV	$< 0,2$	$4,9 \pm 0,1$	$< 0,2$
Октобар	I	$< 0,3$	$3,1 \pm 0,1$	$< 0,2$
	II	$< 0,9$	$5,8 \pm 0,2$	$< 0,3$
	III	$< 0,6$	$4,4 \pm 0,1$	$1,7 \pm 0,6$
	IV	$2,5 \pm 0,1$	$4,4 \pm 0,1$	$< 0,1$
Новембар	I	$0,8 \pm 0,2$	$1,7 \pm 0,1$	$< 0,2$
	II	$< 0,5$	$2,9 \pm 0,1$	$< 0,2$
	III	$0,9 \pm 0,3$	$1,0 \pm 0,1$	$< 0,3$
	IV	$1,3 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,4$
Децембар	I	$1,1 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$
	II	$1,1 \pm 0,2$	$2,9 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,1$
	III	$1,3 \pm 0,1$	$2,7 \pm 0,1$	$< 0,2$
	IV	$1,8 \pm 0,1$	$3,6 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,1$

Табела 4. Резултати мерења активности ^{90}Sr у ваздуху

Врста узорка:	ВАЗДУХ
Период узорковања	Активност ^{90}Sr ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)
Јануар - Март	$0,72 \pm 0,03$
Април - Јун	$0,04 \pm 0,01$
Јул - Септембар	$2,72 \pm 0,06$
Октобар - Децембар	$0,54 \pm 0,03$

Садржај радионуклида у падавинама

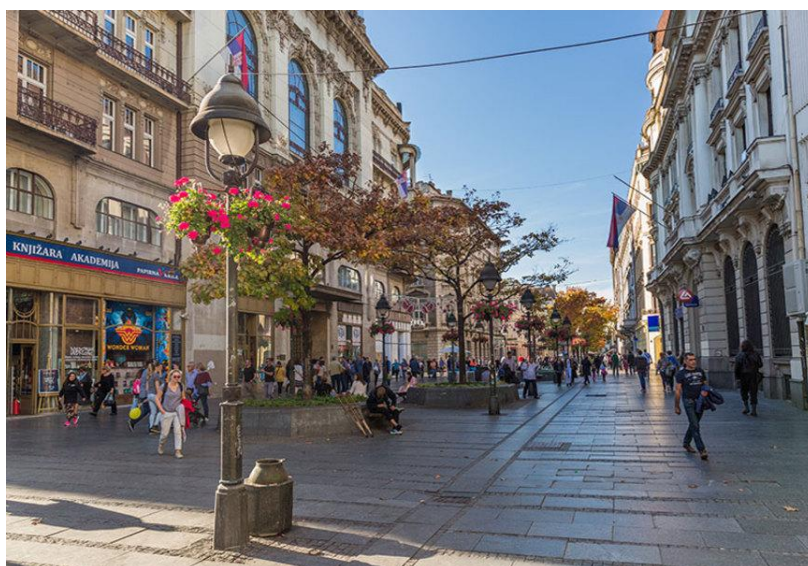
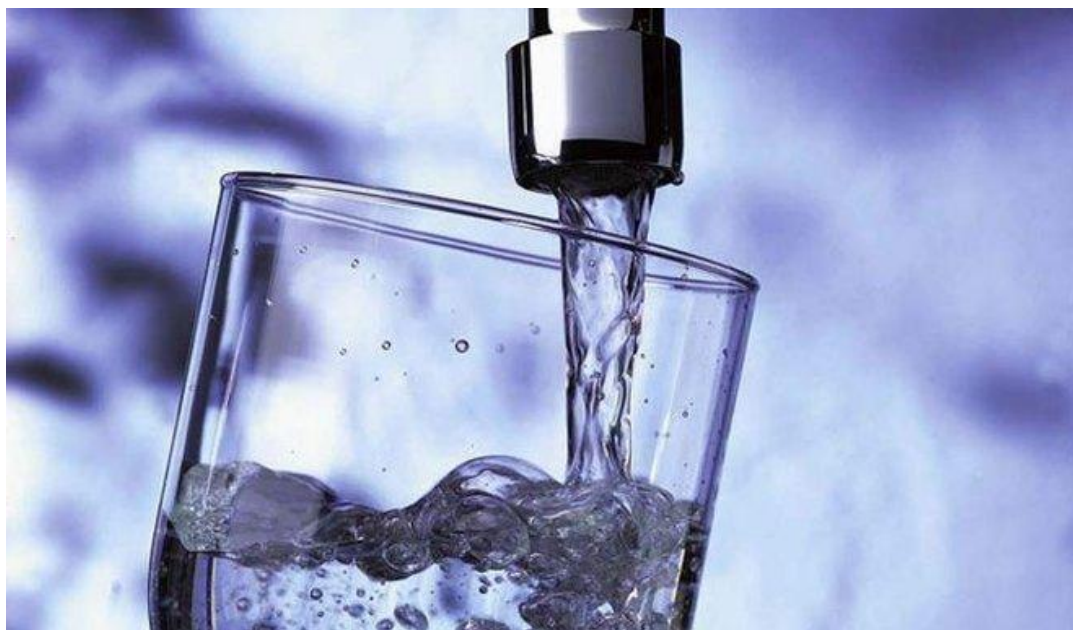


Резултати мерења радиоактивности падавина, на мерној станици Карађорђевог парка током 2022. године, приказани су у Табели 5 са мерном несигурношћу 2σ. Активност космогеног радионуклида ^7Be се односи на средину периода узорковања (15. дан у месецу).

Табела 5. Резултати мерења радиоактивности у падавинама на локацији Карађорђевог парка

Врста узорка:		ПАДАВИНЕ			
		Активност испитаних радионуклида (Bq/m^2)			
Врста анализе:		Гама-спектрометрија			^{90}Sr
Локација	Месец	^7Be	^{137}Cs	^{40}K	^{90}Sr
КАРАЂОРЂЕВ ПАРК	Јануар	$5,0 \pm 0,6$	$< 0,04$	< 1	$< 0,08$
	Фебруар	90 ± 6	$< 0,06$	$6,3 \pm 0,8$	$< 0,10$
	Март	$11,3 \pm 1,1$	$< 0,03$	$< 1,4$	$< 0,09$
	Април	$7,3 \pm 0,6$	$< 0,01$	$1,6 \pm 0,3$	$< 0,09$
	Мај	23 ± 2	$< 0,01$	$4,9 \pm 0,5$	$< 0,07$
	Јун	51 ± 3	$< 0,04$	$1,7 \pm 0,5$	$< 0,07$
	Јул	31 ± 3	$< 0,03$	< 2	$< 0,10$
	Август	22 ± 2	$< 0,04$	< 1	$< 0,07$
	Септембар	$6,2 \pm 0,8$	$< 0,03$	< 1	$< 0,10$
	Октобар	$2,0 \pm 0,3$	$< 0,01$	$< 0,8$	$< 0,09$
	Новембар	$10,3 \pm 0,9$	$< 0,01$	$1,2 \pm 0,3$	$< 0,11$
	Децембар	$6,0 \pm 0,6$	$< 0,01$	$1,0 \pm 0,2$	$< 0,08$

Садржај радионуклида у води за пиће



Резултати испитивања радиоактивности воде за пиће су приказани у Табелама 6 и 7 са мерном несигурношћу 2 σ .

Табела 6.1. Резултати мерења радиоактивности у води за пиће у Београду

Врста узорка:		ВОДА ЗА ПИЋЕ							
		Активност испитаних радионуклида (mBq/L)							
Врста анализе:		Гама-спектрометрија						Укупна α/β	
Локација	Месец	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{238}U	^{235}U	^{137}Cs	Укупна α	Укупна β
БЕОГРАД	Јануар	70 ± 7	< 10	< 90	< 100	< 5	< 3	< 33	77 ± 10
	Фебруар	< 20	< 10	80 ± 30	< 70	< 4	< 4	< 25	45 ± 11
	Март	22 ± 4	< 10	< 70	< 80	< 4	< 3	< 26	< 34
	Април	15 ± 2	< 50	< 60	< 40	< 2	$< 0,8$	< 34	< 33
	Мај	43 ± 5	< 10	< 50	< 60	< 6	< 2	< 25	< 32
	Јун	14 ± 3	< 8	80 ± 20	< 40	< 2	$< 0,7$	< 34	45 ± 8
	Јул	28 ± 6	< 10	< 100	< 80	< 4	< 3	< 32	53 ± 9
	Август	< 30	< 20	180 ± 40	< 90	< 8	< 2	< 23	47 ± 9
	Септембар	140 ± 10	< 10	< 60	< 80	< 4	< 3	< 29	< 47
	Октобар	< 20	< 20	< 80	< 90	< 5	< 3	< 44	< 36
	Новембар	< 20	< 10	< 70	< 80	< 8	< 3	27 ± 7	53 ± 10
	Децембар	71 ± 6	< 10	90 ± 30	< 80	< 5	< 3	< 28	< 36

Табела 6.2. Резултати мерења радиоактивности у води за пиће у Обреновцу

Врста узорка:		ВОДА ЗА ПИЋЕ							
		Активност испитаних радионуклида (mBq/L)							
Врста анализе:		Гама-спектрометрија						Укупна α/β	
Локација	Месец	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	²³⁸ U	²³⁵ U	¹³⁷ Cs	Укупна α	Укупна β
ОБРЕНОВАЦ	Јануар	< 10	< 8	< 60	< 30	< 3	< 0,8	< 26	39 ± 10
	Фебруар	106 ± 8	< 20	110 ± 30	< 90	< 5	< 4	< 35	47 ± 11
	Март	33 ± 5	< 20	< 70	< 100	< 4	< 3	< 27	< 40
	Април	< 20	< 20	< 70	< 80	< 4	< 3	< 31	< 37
	Мај	< 20	< 10	80 ± 30	< 80	< 7	< 3	< 32	38 ± 9
	Јун	< 20	< 10	< 60	< 70	< 7	< 3	< 29	< 27
	Јул	44 ± 6	< 20	< 70	< 90	< 5	< 3	< 47	< 37
	Август	18 ± 2	< 9	70 ± 10	< 40	< 2	< 0,8	< 36	40 ± 8
	Септембар	160 ± 10	< 10	< 60	< 80	< 4	< 3	< 30	36 ± 9
	Октобар	< 20	< 20	< 70	< 80	< 5	< 3	< 58	< 45
	Новембар	< 20	< 20	120 ± 30	< 90	< 5	< 4	< 30	63 ± 11
	Децембар	50 ± 4	< 8	100 ± 20	< 40	< 2	< 0.8	< 43	59 ± 12

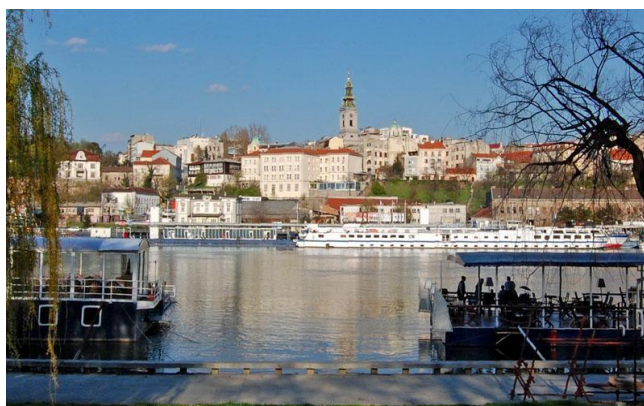
Табела 6.3. Резултати мерења радиоактивности у води за пиће у Лазаревцу

Врста узорка:		ВОДА ЗА ПИЋЕ							
		Активност испитаних радионуклида (mBq/L)							
Врста анализе:		Гама-спектрометрија						Укупна α/β	
Локација	Месец	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	²³⁸ U	²³⁵ U	¹³⁷ Cs	Укупна α	Укупна β
ЛАЗАРЕВАЦ	Јануар	22 ± 3	< 7	110 ± 20	< 40	< 2	6 ± 1	< 48	89 ± 15
	Фебруар	< 20	< 10	< 70	< 60	< 4	4 ± 1	< 24	39 ± 8
	Март	< 20	< 20	79 ± 3	< 200	< 5	< 3	< 47	72 ± 14
	Април	15 ± 3	< 8	90 ± 20	< 40	< 0,3	< 0,8	< 29	< 31
	Мај	25 ± 4	< 10	< 70	< 80	< 7	< 3	< 25	< 28
	Јун	< 10	< 10	< 50	< 40	< 0,3	< 0,7	< 25	< 25
	Јул	55 ± 8	< 20	< 80	< 100	< 10	< 4	< 33	< 31
	Август	< 10	< 8	70 ± 10	< 40	< 2	< 0,7	< 27	71 ± 10
	Септембар	89 ± 7	< 5	< 60	< 40	< 2	< 0,8	< 27	< 27
	Октобар	< 20	< 20	< 80	< 90	< 5	< 4	< 44	< 36
	Новембар	< 20	< 10	< 70	< 100	< 8	< 3	< 27	< 29
	Децембар	59 ± 7	< 20	< 90	< 100	< 6	< 4	55 ± 16	84 ± 14

Табела 7. Резултати мерења радиоактивности у води за пиће

Врста узорка:		ВОДА ЗА ПИЋЕ	
		Активност испитаних радионуклида	
Локација:	Период узорковања	^{90}Sr (mBq/L)	^3H (Bq/L)
БЕОГРАД	Јануар - Март	$2,2 \pm 0,7$	$2,40 \pm 0,32$
	Април - Јун	$< 1,8$	$2,57 \pm 0,32$
	Јул - Септембар	$< 2,1$	$4,56 \pm 0,44$
	Октобар - Децембар	$< 1,8$	$3,07 \pm 0,37$
ОБРЕНОВАЦ	Јануар - Март	$1,7 \pm 0,7$	$1,96 \pm 0,29$
	Април - Јун	< 2	$2,78 \pm 0,33$
	Јул - Септембар	$< 2,3$	$3,50 \pm 0,38$
	Октобар - Децембар	$< 1,7$	$3,31 \pm 0,39$
ЛАЗАРЕВАЦ	Јануар - Март	$< 1,9$	$2,23 \pm 0,31$
	Април - Јун	$< 1,7$	$3,03 \pm 0,34$
	Јул - Септембар	$< 2,3$	$3,60 \pm 0,38$
	Октобар - Децембар	$2,3 \pm 0,8$	$2,84 \pm 0,36$

Садржај радионуклида у површинским водама и седименту



Резултати мерења радиоактивности у површинским водама приказани су у Табелама 8 и 9, док су резултати мерења радиоактивности у седименту приказани у Табели 10. Мерна несигурност приказаних резултата је 2σ .

Табела 8.1. Резултати мерења радиоактивности у површинској води реке Дунав

Врста узорка:	ПОВРШИНСКА ВОДА			
Река:	ДУНАВ			
	Активност испитаних радионуклида			
Врста анализе:	Укупна α/β		^{90}Sr	^3H
Месец	Укупна α (mBq/L)	Укупна β (mBq/L)	^{90}Sr (mBq/L)	^3H (Bq/L)
Јануар	35 ± 9	100 ± 13	$< 6,6$	$1,85 \pm 0,23$
Фебруар	71 ± 16	237 ± 22	$< 6,1$	$3,64 \pm 0,38$
Март	< 32	52 ± 11	$< 4,5$	$2,21 \pm 0,31$
Април	89 ± 16	200 ± 18	$< 7,8$	$1,68 \pm 0,28$
Мај	66 ± 17	120 ± 18	$< 6,0$	$2,06 \pm 0,30$
Јун	< 32	108 ± 11	$< 6,1$	$1,42 \pm 0,26$
Јул	< 92	< 72	$< 6,7$	$1,61 \pm 0,29$
Август	105 ± 20	314 ± 26	$< 6,6$	$2,14 \pm 0,32$
Септембар	49 ± 11	109 ± 13	$< 6,7$	$2,14 \pm 0,29$
Октобар	32 ± 11	96 ± 13	$< 9,4$	$2,12 \pm 0,30$
Новембар	74 ± 19	278 ± 27	< 6	$2,69 \pm 0,33$
Децембар	38 ± 12	112 ± 13	$9,5 \pm 3,0$	$1,20 \pm 0,26$

Табела 8.2. Резултати мерења радиоактивности у површинској води реке Дунав

Врста узорка:	ПОВРШИНСКА ВОДА					
Река:	ДУНАВ					
	Активност испитаних радионуклида (mBq/l)					
Врста анализе:	Гама-спектрометрија					
Период	²²⁶Ra	²³²Th	⁴⁰K	²³⁸U	²³⁵U	¹³⁷Cs
Јануар - Март	66 ± 5	< 10	170 ± 30	< 50	< 4	< 1
Април - Јун	23 ± 4	< 6	70 ± 20	< 40	< 2	< 2
Јул - Септембар	< 10	< 8	400 ± 20	< 50	< 2	< 2
Октобар - Децемба	55 ± 5	< 10	340 ± 50	< 100	< 5	< 3

Табела 9.1. Резултати мерења радиоактивности у површинској води реке Саве

Врста узорка:	ПОВРШИНСКА ВОДА			
Река:	САВА			
	Активност испитаних радионуклида			
Врста анализе:	Укупна α/β		^{90}Sr	^3H
Месец	Укупна α (mBq/L)	Укупна β (mBq/L)	^{90}Sr (mBq/L)	^3H (Bq/L)
Јануар	33 ± 9	80 ± 10	< 7,3	0,51 ± 0,17
Фебруар	< 28	58 ± 10	< 6,5	0,87 ± 0,23
Март	< 43	69 ± 11	< 6,3	0,70 ± 0,24
Април	< 39	69 ± 11	< 6,3	1,19 ± 0,25
Мај	< 29	73 ± 10	< 6,5	1,00 ± 0,24
Јун	< 27	36 ± 8	< 5,7	8,40 ± 0,24
Јул	< 66	< 48	< 8,2	2,09 ± 0,32
Август	40 ± 13	63 ± 11	< 5,1	1,90 ± 0,30
Септембар	< 49	53 ± 12	< 8,0	3,04 ± 0,35
Октобар	36 ± 12	43 ± 11	< 7,0	1,27 ± 0,25
Новембар	51 ± 16	73 ± 15	< 5,8	3,38 ± 0,37
Децембар	< 33	57 ± 11	< 8,2	1,31 ± 0,27

Табела 9.2. Резултати мерења радиоактивности у површинској води реке Саве

Врста узорка:	ПОВРШИНСКА ВОДА					
Река:	САВА					
	Активност испитаних радионуклида (mBq/l)					
Врста анализе:	Гама-спектрометрија					
Период	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	²³⁸ U	²³⁵ U	¹³⁷ Cs
Јануар - Март	< 20	< 9	< 40	< 40	< 2	2,1 ± 0,7
Април - Јун	36 ± 4	< 7	60 ± 20	< 50	< 3	< 2
Јул - Септембар	6 ± 1	< 5	90 ± 10	< 2	< 1	< 0,4
Октобар - Децемба	< 20	< 20	80 ± 20	< 100	< 5	< 3

Табела 10. Активност радионуклида у речном седименту

Врста узорка:		РЕЧНИ СЕДИМЕНТ						
		Активност испитаних радионуклида (Bq/kg)						
Врста анализе:		Гама-спектрометрија						⁹⁰ Sr
Река	Квартал	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	²³⁸ U	²³⁵ U	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
ДУНАВ	I и II	33 ± 2	39 ± 3	410 ± 30	41 ± 9	2,3 ± 0,2	9,6 ± 0,7	< 0,46
	III и IV	29 ± 1	25 ± 2	310 ± 20	24 ± 4	1,5 ± 0,2	4,2 ± 0,4	< 0,39
САВА	I и II	25 ± 1	16 ± 2	212 ± 14	14 ± 3	0,77 ± 0,08	0,7 ± 0,2	< 0,46
	III и IV	128 ± 5	49 ± 3	210 ± 10	16 ± 6	1,11 ± 0,09	1,3 ± 0,2	< 0,36

Садржај радионуклида у земљишту



У Табелама 11.1 и 11.2 су приказани резултати мерења радиоактивности земљишта на локацијама Обреновац и Лазаревац, са мерном несигурношћу од 1σ . Узорковано је обрадиво и необрадиво земљиште, два пута у току 2022. године.

Табела 11.1. Резултати мерења радиоактивности земљишта узоркованих на локацији Обреновац

Врста узорка:		ЗЕМЉИШТЕ						
Локација:		ОБРЕНОВАЦ						
		Активност испитаних радионуклида (Bq/kg)						
Врста анализе:		Гама-спектрометрија						⁹⁰ Sr
Период	Тип земљишта	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	²³⁸ U	²³⁵ U	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Јануар - Јун	необрадиво (0-15) cm	25,0 ± 0,6	36,4 ± 1,2	554 ± 10	36 ± 3	2,5 ± 0,1	16,2 ± 0,3	0,44 ± 0,05
	обрадиво (0-20) cm	31,5 ± 1,2	44,3 ± 2,5	552 ± 14	49 ± 18	2,4 ± 0,5	24,7 ± 0,7	0,89 ± 0,07
Јул - Децембар	необрадиво (0-15) cm	28,3 ± 2,3	29,1 ± 2,7	506 ± 19	62,1 ± 5,4	3,2 ± 0,4	< 0,3	< 0,07
	обрадиво (0-20) cm	25,1 ± 2,8	39,9 ± 2,7	506 ± 19	46 ± 18	1,9 ± 0,4	14,8 ± 0,8	0,41 ± 0,05

Табела 11.2. Резултати мерења радиоактивности земљишта узоркованих на локацији Лазаревац

Врста узорка:		ЗЕМЉИШТЕ						
Локација:		ЛАЗАРЕВАЦ						
		Активност испитаних радионуклида (Bq/kg)						
Врста анализе:		Гама-спектрометрија						⁹⁰ Sr
Период	Тип земљишта	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	²³⁸ U	²³⁵ U	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Јануар - Јун	необрадиво (0-15) cm	34,5 ± 1,2	50,4 ± 3,0	614 ± 14	43 ± 7	2,6 ± 0,7	22,4 ± 0,7	0,83 ± 0,07
	обрадиво (0-20) cm	31,1 ± 1,1	50,2 ± 2,3	688 ± 16	38 ± 6	2,8 ± 0,4	16,4 ± 0,5	0,48 ± 0,05
Јул - Децембар	необрадиво (0-15) cm	29,8 ± 1,1	49,6 ± 2,3	619 ± 14	47 ± 6	1,4 ± 0,3	15,0 ± 0,5	0,12 ± 0,04
	обрадиво (0-20) cm	33,7 ± 1,3	61,6 ± 2,5	482 ± 13	63 ± 14	2,7 ± 0,5	19,5 ± 0,7	0,19 ± 0,04

Садржај радионуклида у животним намирницама и храни за животиње



У Табелама 12 и 13.1-13.3, приказани су, са мерном несигурношћу 1σ , резултати испитивања концентрације активности радионуклида у млеку и људској храни, док су резултати садржаја радионуклида у сточној храни, са мерном несигурношћу 1σ , приказани у Табелама 14.1 и 14.2.

Табела 12. Резултати мерења радиоактивности млека

Врста узорка:	МЛЕКО		
Локација:	БЕОГРАД		
	Активност испитаних радионуклида		
Врста анализе:	Гама-спектрометрија		^{90}Sr
Месец	^{40}K (Bq/kg)	^{137}Cs (Bq/kg)	^{90}Sr (mBq/kg)
Јануар	$39,2 \pm 1,3$	$< 0,03$	58 ± 4
Фебруар	$48,7 \pm 1,6$	$< 0,02$	42 ± 4
Март	$46,0 \pm 1,6$	$< 0,02$	41 ± 4
Април	$43,2 \pm 1,5$	$< 0,02$	12 ± 3
Мај	$40,1 \pm 1,4$	$< 0,02$	57 ± 6
Јун	$43,3 \pm 1,4$	$< 0,01$	36 ± 4
Јул	$28,8 \pm 1,1$	$< 0,02$	24 ± 3
Август	$31,9 \pm 1,1$	$< 0,02$	13 ± 3
Септембар	$38,6 \pm 2,7$	$< 0,03$	< 10
Октобар	$37,6 \pm 2,5$	$< 0,01$	15 ± 4
Новембар	$29,0 \pm 2,2$	$< 0,02$	< 10
Децембар	$37,1 \pm 2,6$	$< 0,05$	32 ± 4

Табела 13.1. Резултати мерења радиоактивности људске хране узорковане у Београду

Врста узорка:		ЉУДСКА ХРАНА			
Локација:		БЕОГРАД			
		Активност испитаних радионуклида			
Врста анализе:		Гама-спектрометрија			⁹⁰ Sr
Период	Врста хране	⁴⁰ K (Bq/kg)	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	⁷ Be (Bq/kg)	⁹⁰ Sr (mBq/kg)
Јануар - Јун	Дечији оброк 1	31,2 ± 1,5	< 0,05	< 0,20	31 ± 8
	Дечији оброк 2	25,8 ± 2,1	< 0,19	< 1,71	< 20
	Сир	42,3 ± 2,3	< 0,03	< 0,14	32 ± 9
	Јунеће месо	81,9 ± 3,2	0,34 ± 0,06	< 0,61	29 ± 6
	Хлеб	21,3 ± 1,0	< 0,04	< 0,08	29 ± 6
	Кромпир	113 ± 4	< 0,03	< 0,26	38 ± 6
	Купус	54,5 ± 2,0	< 0,02	< 0,08	176 ± 9
	Крушке	26,7 ± 1,0	< 0,02	< 0,17	8 ± 2
	Јабукe	25,5 ± 1,0	< 0,03	< 0,28	12 ± 2
Јул - Децембар	Дечији оброк 3	52,6 ± 2,5	< 0,05	< 0,31	< 10
	Дечији оброк 4	22,4 ± 1,3	< 0,03	< 0,16	53 ± 8
	Сир	53,4 ± 2,9	< 0,03	< 0,45	56 ± 10
	Јунеће месо	54,5 ± 2,3	0,13 ± 0,04	< 0,22	< 10
	Хлеб	16,9 ± 1,0	< 0,04	< 0,14	13 ± 8
	Кромпир	143 ± 4	0,17 ± 0,04	< 0,38	27 ± 6
	Купус	41,0 ± 1,6	< 0,03	< 0,11	56 ± 5
	Јабукe	17,1 ± 0,7	< 0,01	< 0,11	< 10
	Крушке	25,9 ± 1,0	< 0,01	< 0,22	24 ± 3

Табела 13.2. Резултати мерења људске хране узорковане у Обреновцу

Врста узорка:		ЉУДСКА ХРАНА			
Локација:		ОБРЕНОВАЦ			
		Активност испитаних радионуклида			
Врста анализе:		Гама-спектрометрија			⁹⁰ Sr
Период	Врста хране	⁴⁰ K (Bq/kg)	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	⁷ Be (Bq/kg)	⁹⁰ Sr (mBq/kg)
Јануар - Јун	Сир	79,0 ± 3,8	< 0,03	< 0,30	45 ± 12
	Јунеће месо	75,2 ± 2,7	< 0,05	< 0,28	< 10
	Хлеб	27,4 ± 1,2	< 0,02	< 0,11	32 ± 8
	Пасуљ	360 ± 12	< 0,14	< 0,35	262 ± 27
	Кромпир	104 ± 3	< 0,05	< 0,09	34 ± 5
	Јабукe	23,6 ± 0,9	< 0,02	< 0,03	< 10
	Крушке	25,5 ± 1,5	< 0,05	< 0,13	12 ± 2
Јул - Децембар	Сир	29,7 ± 1,8	< 0,03	< 0,60	< 20
	Јунеће месо	44,3 ± 2,0	0,14 ± 0,04	< 0,80	< 10
	Хлеб	20,5 ± 1,1	< 0,04	< 0,26	< 10
	Кромпир	106 ± 3	< 0,02	< 0,14	100 ± 8
	Купус	32,8 ± 1,4	< 0,02	< 0,19	46 ± 4
	Јабукe	24,5 ± 0,9	< 0,02	< 0,04	8 ± 2
	Крушке	20,9 ± 0,8	< 0,01	< 0,33	< 10

Табела 13.3. Резултати мерења људске хране узорковане у Лазаревцу

Врста узорка:		ЉУДСКА ХРАНА			
Локација:		ЛАЗАРЕВАЦ			
		Активност испитаних радионуклида			
Врста анализе:		Гама-спектрометрија			⁹⁰ Sr
Период	Врста хране	⁴⁰ K (Bq/kg)	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	⁷ Be (Bq/kg)	⁹⁰ Sr (mBq/kg)
Јануар - Јун	Сир	35,5 ± 2,0	< 0,06	< 0,53	47 ± 10
	Јунеће месо	66,8 ± 2,7	< 0,02	< 0,18	< 10
	Хлеб	29,7 ± 1,3	< 0,06	< 0,14	47 ± 11
	Купус	52,7 ± 1,9	< 0,04	< 0,21	47 ± 5
	Кромпир	98,7 ± 3,2	< 0,06	< 0,40	20 ± 5
	Јабуке	25,8 ± 0,9	< 0,01	< 0,16	5 ± 1
	Крушке	21,7 ± 0,9	< 0,01	< 0,05	8 ± 2
Јул - Децембар	Сир	30,7 ± 2,1	< 0,05	< 0,33	35 ± 9
	Јунеће месо	69,3 ± 2,8	< 0,03	< 0,39	< 10
	Хлеб	26,6 ± 1,1	< 0,01	< 0,22	< 20
	Купус	43,6 ± 1,6	< 0,02	< 0,28	60 ± 6
	Кромпир	120 ± 4	< 0,06	< 0,43	53 ± 7
	Јабуке	27,4 ± 1,0	< 0,01	< 0,46	< 10
	Крушке	26,0 ± 1,0	< 0,02	< 0,33	24 ± 3

Табела 14.1. Резултати мерења сточне хране узорковане у Обреновицу

Врста узорка:		СТОЧНА ХРАНА			
Локација:		ОБРЕНОВАЦ			
		Активност испитаних радионукида (Bq/kg)			
Врста анализе:		Гама-спектрометрија			⁹⁰ Sr
Период	Врста хране	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁷ Be	⁹⁰ Sr
Јануар - Јун	Трава	223 ± 9	0,4 ± 0,1	45,2 ± 3,2	0,39 ± 0,03
	Сено	498 ± 17	< 0,20	5,5 ± 2,0	1,34 ± 0,09
	Крмна смеша	256 ± 7	< 0,15	< 1,2	/
Јул - Децембар	Луцерка	216 ± 9	< 0,30	48,4 ± 2,4	0,61 ± 0,04
	Сено	311 ± 13	< 0,15	< 3,6	1,03 ± 0,07
	Крмна смеша	292 ± 9	< 0,21	< 1,7	/

Табела 14.2. Резултати мерења сточне хране узорковане у Лазаревицу

Врста узорка:		СТОЧНА ХРАНА			
Локација:		ЛАЗАРЕВАЦ			
		Активност испитаних радионукида (Bq/kg)			
Врста анализе:		Гама-спектрометрија			⁹⁰ Sr
Период	Врста хране	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁷ Be	⁹⁰ Sr
Јануар - Јун	Трава	255 ± 10	< 0,12	33,1 ± 2,5	0,53 ± 0,03
	Сено	468 ± 19	< 0,15	< 1,5	1,57 ± 0,08
	Крмна смеша	263 ± 8	< 0,06	< 0,7	/
Јул - Децембар	Луцерка	230 ± 12	< 0,60	24,9 ± 1,4	1,24 ± 0,06
	Сено	108 ± 6	< 0,30	248 ± 7	8,37 ± 0,24
	Крмна смеша	278 ± 8	< 0,34	< 0,09	/

Испитивање излагања јонизујућем зрачењу природног порекла у боровишним просторијама и радној средини

Процена излагања јонизујућем зрачењу природног порекла у боровишним просторијама и радној средини врши се одређивањем концентрације радиоактивног гаса радона (^{222}Rn), као већинског узрочника примљене дозе природним путем. Измерене концентрације приказане су у Табели 15, а резултати су приказани са мерном несигурношћу од 2σ .

Табела 15.1. Концентрација ^{222}Rn у боровишним просторијама и радној средини

Месец:	ДЕЦЕМБАР	
Врста објекта:	ШКОЛА	
Назив установе, Општина, Насеље	Просторија	Активност ^{222}Rn (Bq/m ³)
ОШ "Филип Кљајић Фића", Чукарица	Библиотека	51 ± 7
	Зборница	< 17
	Радионица	35 ± 7
ОШ "Милош Црњански", Чукарица	Кабинет за информатику	22 ± 5
	Зборница	20 ± 6
	Радионица	19 ± 6
ОШ "Уједињене нације", Чукарица	Кабинет за физику	55 ± 6
	Зборница	223 ± 12
	Радионица	44 ± 6
ОШ "Дуле Караклајић", Лазаревац	Мала зборница	27 ± 7
	Учионица бр.12	< 21
	Кабинет за биологију	27 ± 7
ОШ "Књегиња Милица", Нови Београд	Боравак	< 19
	Учионица бр.32	< 19
	Кабинет за ликовно	< 18
Техничка школа "Нови Београд", Нови Београд	Учионица бр.1	35 ± 6
	Учионица бр.17	48 ± 6
	Учионица бр.8	42 ± 6

Табела 15.2. Концентрација ^{222}Rn у боравишним просторијама и радној средини

Месец:	ДЕЦЕМБАР	
Врста објекта:	ПРЕДШКОЛСКА УСТАНОВА	
Назив установе, Место, Општина	Просторија	Активност ^{222}Rn (Bq/m^3)
РЈ "Царић", Чукарица	Канцеларија	58 ± 7
	Дечија соба 4а	117 ± 9
РЈ "Бајка", Чукарица	Дечија соба 8	27 ± 7
	Превентива	50 ± 7
РЈ "Сањалица", Чукарица	Дечија соба 13	133 ± 9
	Превентива	469 ± 23
РЈ "Невен", Чукарица	Дечија соба 2	40 ± 6
	Дечија соба 9	55 ± 6
РЈ "Дечије царство", Лазаревац	Дечија соба 233, старија група	97 ± 10
	Дечија соба 130, јаслице	115 ± 10
РЈ "Детињство", Лазаревац	Дечија соба 101 211, млађа група	70 ± 8
	Дечија соба 101 221, млађа група	65 ± 8
РЈ "Бисер", Нови Београд	Дечија соба 10	48 ± 7
	Дечија соба 1	27 ± 6
РЈ "Исток", Нови Београд	Сала	< 16
	Дечија соба 4	< 16

Табела 15.3. Концентрација ^{222}Rn у боравишним просторијама и радној средини

Месец:	ДЕЦЕМБАР	
Врста објекта:	РАДНИ ОБЈЕКАТ	
Назив установе	Просторија	Активност ^{222}Rn (Bq/m^3)
Републички фонд за здравствено осигурање, Филијала Београд	Канцеларија	< 19
Дирекција Републичког фонда ПАО	Канцеларија	< 22
Републички фонд ПАО	Канцеларија	153 ± 11
Институт "Винча", Лабораторија за радиобиологију и молекуларну генетику	Канцеларија	440 ± 21
СЗГПР "Вуканац"	Канцеларија	305 ± 16
Medipro MPM d.o.o.	Сервис	74 ± 8

Табела 15.4. Концентрација ^{222}Rn у боравишним просторијама и радној средини

Месец:	ДЕЦЕМБАР	
Врста објекта:	СТАМБЕНИ ОБЈЕКАТ	
Адреса објекта, Општина, Насеље	Просторија	Активност ^{222}Rn (Bq/m ³)
Станислава Винарева, Ресник	Кухиња	165 ± 11
Милеве Марић Ајнштајн 104, Нови Београд	Дневна соба	61 ± 7
Космајска 12, Чукарица, Жарково	Спаваћа соба	388 ± 20
Григора Витеза 11, Чукарица	Предсобље, ходник	39 ± 7
Риге од Фере, Стари град	Трпезарија	37 ± 7
Милисава Чамције 15, Барајево	Кухиња	113 ± 9
Ослобођења IV, део 15, Чукарица, Рушањ	Дневна соба	40 ± 6
Булевар краља Александра 199, Звездара	Кухиња	590 ± 29
Светозара Радојчића 68б, Звездара	Спаваћа соба	60 ± 7
Бранка Ћопића 25, Гроцка, Лештани	Дневна соба	307 ± 16

5. КОМЕНТАР РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

Концентрације произведеног радионуклида ^{137}Cs у **ваздуху** узоркованог на метеоролошкој станици Карађорђевог парк током 2022. године нису прелазиле $6,5 \mu\text{Bq/m}^3$. У првом кварталу, у последњој недељи другог квартала и у четвртном кварталу 2022. године, детектован је и произведени радионуклид ^{131}I у ниским концентрацијама $(0,6-2,2) \mu\text{Bq/m}^3$ (Табеле 3.1 и 3.2). Измерене концентрације произведеног радионуклида ^{90}Sr у ваздуху, кретале су се у интервалу $(0,04-2,72) \mu\text{Bq/m}^3$ (Табела 4). Поред произведених радионуклида, детектован је и природни радионуклид космогеног порекла ^7Be , чије су концентрације биле у интервалу $(0,7-10,3) \text{mBq/m}^3$. Током летњег периода су детектоване веће вредности у односу на зимски период, што се и очекује, с обзиром на то да промену концентрације овог космогеног радионуклида карактерише сезонски ефекат (Табеле 3.1 и 3.2).

На метеоролошкој станици Карађорђевог парк, у узорцима **падавина** детектовани су радионуклиди природног порекла ^7Be и ^{40}K , чије концентрације нису прелазиле 90Bq/m^2 и $6,3 \text{Bq/m}^2$, респективно. Произведени радионуклиди ^{137}Cs и ^{90}Sr нису детектовани током 2022. године.

У анализираним узорцима **воде за пиће** концентрације произведених радионуклида ^{137}Cs и ^{90}Sr нису прелазиле 6mBq/l (јануарски узорак са територије Лазареваца, Табела 6.3), односно $2,3 \text{mBq/l}$ (збирни узорак са територије Лазареваца за период октобар-децембар, Табела 7). Осим наведеног случаја ^{137}Cs ни у једном другом узорку пијаће воде није детектована активност ^{137}Cs изнад 5mBq/l . Детектоване активности ^3H су биле у интервалу $(2,0-4,6) \text{Bq/l}$ (Табела 7). Сви испитани узорци су у складу са важећом законском регулативом Републике Србије. Укупне алфа и бета активности су биле испод вредности ограничених Правилником 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 („Службени гласник РС“, бр. 36 од 10.05.2018. године) од $0,1 \text{Bq/l}$ за алфа, односно 1Bq/l за бета активност. (Табела 6).

Максимална вредност укупне алфа активности износила је $0,105 \text{Bq/l}$ у узорцима **површинске воде** Дунава (Табела 8.1), док у узорцима Саве укупна алфа активност није прелазила вредност од $0,051 \text{Bq/l}$ (Табела 9.1). У узорцима површинске воде, максимална детектована укупна бета активност износила је $0,314 \text{Bq/l}$ за узорке Дунава (Табела 8.1), односно $0,080 \text{Bq/l}$ за узорке Саве (Табела 9.1). Активност произведеног радионуклида ^{137}Cs није прелазила $0,003 \text{Bq/l}$ (Табеле 8.2 и 9.2). Концентрације природних радионуклида (^{226}Ra и ^{40}K) у површинским водама оба речна тока одговарају њиховим карактеристичним вредностима, док ^{232}Th , ^{238}U и ^{235}U нису детектовани ни у једном узорку.

Као и у узорцима површинске воде, концентрације природних радионуклида у **речном седименту** оба речна тока, такође одговарају вредностима карактеристичним за седименте. Вредности добијене за произведени радионуклид ^{137}Cs су се кретале у интервалу $(0,7-9,6) \text{Bq/kg}$, док су вредности ^{90}Sr биле испод минималне детектабилне активности (Табела 10).

У свим узорцима **земљишта** су детектовани природни радионуклиди ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{238}U и ^{235}U , при чему су њихове измерене активности биле у интервалима карактеристичним за земљиште на територији Србије и нису прелазиле вредности од: $34,5 \text{Bq/kg}$ за ^{226}Ra , $61,6 \text{Bq/kg}$ за ^{232}Th , 688Bq/kg за ^{40}K , 63Bq/kg за ^{238}U и $3,2 \text{Bq/kg}$ за ^{235}U , (Табеле 11.1 и 11.2). Измерене концентрације произведених радионуклида ^{137}Cs и ^{90}Sr нису прелазиле вредности од $24,7 \text{Bq/kg}$ и $0,89 \text{Bq/kg}$, респективно (Табеле 11.1 и 11.2).

У свим испитаним узорцима **људске хране**, активности измерених радионуклида су биле ниске без обзира на врсту намирнице и период узорковања (Табеле 12 и 13.1-13.3). Активност радионуклида природног порекла ^{40}K у узорцима млека, кретала се у интервалу $(29,0-48,7) \text{Bq/kg}$. У овим узорцима активност произведеног радионуклида ^{137}Cs је испод нивоа детекције док је максимална измерена активност ^{90}Sr износила $0,058 \text{Bq/kg}$ што нам дозвољава да закључимо да су то вредности, које с обзиром на годишњи унос млека, неће утицати на значајно повећање укупне ефективне дозе од ингестије. У узорцима осталих животних намирница активност радионуклида

природног порекла ^{40}K кретала се у интервалу од 16,9 Bq/kg (у узорку хлеба) до 120 Bq/kg (у узорку кромпира). Активност радионуклида космогеног порекла ^7Be била је испод границе детекције. Дакле, концентрације природних радионуклида (^{40}K и ^7Be) биле на нивоу који је карактеристичан за испитане узорке хране (Табеле 12 и 13.1-13.3). Максимална активност произведеног радионуклида ^{137}Cs детектована је у јунећем месу узоркованом у Београду (0,34 Bq/kg, Табела 13.1). Детектоване концентрације ^{90}Sr нису прелазиле 0,26 Bq/kg (узорак пасуља, Табела 13.2). Према томе, активност свих радионуклида, природног и антропогеног порекла, у животним намирницама, не дају допринос укупној ефективној дози од ингестије који може довести до прекорачења граничне вредности.

У узорцима **сточне хране** активности природних радионуклида такође одговарају уобичајним вредностима, а произведени радионуклид ^{137}Cs није прелазео 0,6 Bq/kg. Активност ^{90}Sr се кретала у интервалу (0,39-8,37) Bq/kg (Табеле 14.1 и 14.2).

Концентрација ^{222}Rn је у 74 % испитаних просторија била нижа од 100 Bq/m³. У једном стамбеном објекту (спавача соба, 590 Bq/m³), једној радној просторији (ИНН "Винча", 440 Bq/m³) и једној просторији за превентиву у предшколској установи (ПЈ "Сањалица", Чукарица, 469 Bq/m³) су детектоване концентрације ^{222}Rn изнад 400 Bq/m³, што је интервентни ниво за постојеће стамбене објекте ("Сл. гласник РС", бр. 86/11 и 50/18). С обзиром да је за радни простор прописан интервентни ниво од 1000 Bq/m³, последње две наведене просторије задовољавају критеријум Правилника о границама излагања јонизујућим зрачењима и мерењима ради процене нивоа излагања јонизујућим зрачењима ("Сл. гласник РС", бр. 86/11 и 50/18).

Препоруке за понашање при одређеним интервалима концентрације радона, као и проценат узорака са измереним вредностима у одговарајућим интервалима дати су у Табели 16.

Табела 16. Препоруке за понашање при одређеним интервалима концентрације радона, као и број узорака са измереним вредностима у одговарајућим интервалима

Интервали концентрације ^{222}Rn (Bq/m ³)	Проценат узорака у датом интервалу	Препоруке
< 100	74 %	Измерена вредност се налази у границама просечних вредности за станове.
100-200	12 %	Препоручујемо чешће проветравање
200-400	8 %	Препоручујемо чешће проветравање и сматрамо да су потребна додатна мерења.
> 400	6 %	Препоручујемо ИНТЕНЗИВНО проветравање и сматрамо да треба извршити додатна мерења, а затим приступити санацији објекта.

6. ЗАКЉУЧАК

Сви испитани узоци воде за пиће на територији града Београда, Лазаревца и Обреновца задовољавају критеријуме прописане Правилником („Сл. гласник РС“, бр. 36/18): све измерене вредности укупне алфа активности су биле испод 0,1 Bq/l; измерене вредности укупне бета активности су испод 1 Bq/l и активности ^{90}Sr и ^3H нису прелазиле 4,9 Bq/l, односно 100 Bq/l, респективно.

Измерене вредности концентрације активности произведеног радионуклида ^{131}I у ваздуху не доприносе повећању укупне ефективне дозе која би довела до прекорачења границе за

становништво, али је детектовано присуство произведеног радионуклида кога у узорцима животне средине, па и узорцима ваздуха, не би требало бити.

Активности дугоживећих произведених радионуклида ^{137}Cs и ^{90}Sr у прехранбеном циклусу у Београду су на ниском нивоу због чега је ефективна доза зрачења, услед уноса ових радионуклида путем ингестије, значајно испод $0,1 \text{ mSv/год}$, што је гранична вредност ефективне дозе која улази у израз за израчунавање изведених концентрација радионуклида у храни која је у највећем проценту заступљена у исхрани (поврће, воће, житарице, месо и производи од меса, јаја, млеко и млечни производи, свињска маст, уље, шећер, слаткиши, алкохолна и безалкохолна пића) ("Сл. гласник РС", бр. 36/18; члан 8).

На основу добијених резултата мерења, може се закључити да током 2022. године није било повишеног излагања становништва јонизујућем зрачењу из животне средине на територији града Београда.