

# ЗБОРНИК РАДОВА



## XXXI Симпозијум Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе



**06-08. октобар 2021.  
Београд, Србија**

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА  
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



# **ЗБОРНИК РАДОВА**

**XXXI СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
Београд  
06-08. октобар 2021.**

**Београд  
2021.**

**RADIATION PROTECTION SOCIETY OF  
SERBIA AND MONTENEGRO**



# **PROCEEDINGS**

**XXXI SYMPOSIUM RPSSM  
Belgrade  
6<sup>th</sup> - 8<sup>th</sup> October 2021**

**Belgrade  
2021**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXXI СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ

06-08.10.2021.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“  
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Проф. Др Снежана Пајовић

Уредници:

Др Ивана Вуканац  
Др Милица Рајачић

e-ISBN 78-86-7306-161-0

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Милица Рајачић, Милош Ђалетић, Наташа Сарап

Електронско издање:

Институт за нуклеарне науке „Винча“, Мике Петровића Аласа 12-14, 11351  
Винча, Београд, Србија

Година издања:

Октобар 2021.



Овај Зборник као и сви радови у њему подлежу лиценци:  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International  
License, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ова лиценца дозвољава само преузимање и дистрибуцију дела, ако/док се правилно назначавача име аутора, без икаквих промена дела и без права комерцијалног коришћења дела.

**SISTEMATSKO ISPITIVANJE KONCENTRACIJE RADONA NA TERITORIJI  
BEOGRADA**

**Milica RAJAČIĆ, Dragana TODORVIĆ, Jelena KRNETA NIKOLIĆ,  
Gordana PANTELIĆ, Ivana VUKANAC, Marija JANKOVIĆ i Nataša SARAP**  
*Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča", Institut od nacionalnog  
značaja za Republiku Srbiju, Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne  
sredine, Beograd, Srbija, [milica100@vinca.rs](mailto:milica100@vinca.rs), [beba@vinca.rs](mailto:beba@vinca.rs), [jnikolic@vinca.rs](mailto:jnikolic@vinca.rs),  
[pantelic@vinca.rs](mailto:pantelic@vinca.rs), [vukanac@vinca.rs](mailto:vukanac@vinca.rs), [marijam@vinca.rs](mailto:marijam@vinca.rs), [natasas@vinca.rs](mailto:natasas@vinca.rs)*

**SADRŽAJ**

*Programom sistematskog ispitivanja nivoa radioaktivnosti u životnoj sredini na teritoriji Beograda predviđeno je merenje koncentracije radona ( $^{222}\text{Rn}$ ) u stambenim objektima, školskim i predškolskim ustanovama. Laboratorija "Zaštita", Instituta za nuklearne nauke "Vinča" je u periodu 2016-2020. izvršila ispitivanja u 547 prostorija (99 u stambenim objektima, 341 u školskim ustanovama i 107 u predškolskim jedinicama).*

*Prosečna koncentracija  $^{222}\text{Rn}$  je iznosila  $105 \text{ Bq/m}^3$ , a koncentracija ispod  $100 \text{ Bq/m}^3$  je izmerena u 76,60 % prostorija. Vrednost od  $400 \text{ Bq/m}^3$  je prekoračena u 4,94 % prostorija. Od 15 beogradskih opština, koliko je pokriveno ovim istraživanjem, u 8 je detektovana koncentracija iznad  $400 \text{ Bq/m}^3$ . Maksimalna izmerena vrednost u stambenim objektima je iznosila  $3550 \text{ Bq/m}^3$ , dok je u vaspitno-obrazovnim ustanovama najveća detektovana koncentracija bila  $1910 \text{ Bq/m}^3$ .*

**1. Uvod**

Sekretarijat za zaštitu životne sredine grada Beograda je prepoznao značaj radona kao potencijalnog izazivača raka pluća i već nekoliko godina finansira monitoring koncentracije radona u stambenim objektima, školskim i predškolskim ustanovama sa teritorije grada Beograda. U periodu od 2016. do 2020. godine, ova merenja je obavljala Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Instituta za nuklearne nauke "Vinča" i u tom periodu je izmerena koncentracija radona u 547 prostorija (99 u stambenim objektima, 341 u školskim ustanovama i 107 u predškolskim jedinicama) [1-3].

Kako je Republika Srbija propisala nivoe intervencije za hronično izlaganje  $^{222}\text{Rn}$  u domovima (Službeni glasnik RS 50/18) koji iznose  $200 \text{ Bq/m}^3$  u vazduhu u novoizgrađenim stambenim objektima i  $400 \text{ Bq/m}^3$  u vazduhu za postojeće stambene objekte [4], u radu je prikazan procentualan broj prostorija u kojima su koncentracije radona bile ispod  $100 \text{ Bq/m}^3$ , u intervalima  $100\text{-}200 \text{ Bq/m}^3$  i  $200\text{-}400 \text{ Bq/m}^3$ , kao i iznad  $400 \text{ Bq/m}^3$ .

**2. Metode**

Prikupljanje uzoraka za ispitivanje koncentracije radona je sprovedeno izlaganjem kanistera sa ugljenim filterima u periodu 2-3 dana. U školskim i predškolskim ustanovama, izlaganja su vršena od petka posle nastave do ponedeljka pre nastave, kada je bilo omogućeno da se prostorije ne otvaraju.

Merenja su vršena po US EPA 520/5-87-005 metodi [5] nakon uspostavljanja radioaktivne ravnoteže između radona i njegovih potomaka (najmanje tri sata posle zatvaranja kanistera). Kalibracija korišćenog NaI detektora je izvršena sertifikovanim

radioaktivnim standardom  $^{226}\text{Ra}$  u geometriji identičnoj geometriji merenja (Ser.No. 1035-SE-40869-17, Czech Metrology Institute, aktivnosti 701,6 Bq), dok se kontrola kvaliteta detektora vrši najmanje jednom u nedelji u kojoj se vrše ispitivanja. Određivanje koncentracije radona, etaloniranje i kontrola kvaliteta se vrše na osnovu integralnog odbroja u intervalu energija 295-609 keV.

### 3. Rezultati i diskusija

Osim 2016. kada u jednoj predškolskoj ustanovi nije bilo omogućeno postavljanje kanistera, svake godine je ispitivanjem obuhvaćeno po 20 školskih, 10 predškolskih i 20 stambenih objekata, pri čemu su kanisteri, u zavisnosti od veličine objekta, izlagani u 1-5 prostorija. Prosečna koncentracija  $^{222}\text{Rn}$  je iznosila  $105 \text{ Bq/m}^3$ , što je u saglasnosti sa jednim od prethodnih istraživanja [6].

Iz Tabele 1 se vidi da se procenat prostorija u kojima je detektovana koncentracija  $^{222}\text{Rn}$  iznad  $400 \text{ Bq/m}^3$  tokom perioda ispitivanja kretao u intervalu 1,45-10,10 %, dok u najvećem procentu prostorija (72,73-81,00 %) koncentracija  $^{222}\text{Rn}$  nije prelazila  $100 \text{ Bq/m}^3$ .

**Tabela 1. Raspodela koncentracije  $^{222}\text{Rn}$  u svim prostorijama po godinama i intervalima izmerenih vrednosti.**

<i>Procenat ispitanih prostorija u svim objektima sa koncentracijom <math>^{222}\text{Rn}</math> (<math>\text{Bq/m}^3</math>) u pojedinim intervalima:</i>				
<i>Period</i>	<i>&lt; 100</i>	<i>100-200</i>	<i>200-400</i>	<i>&gt; 400</i>
<b>2016.</b>	78,26	14,49	5,80	1,45
<b>2017.</b>	75,45	10,91	5,45	8,18
<b>2018.</b>	72,73	12,12	5,05	10,10
<b>2019.</b>	75,00	15,00	6,00	4,00
<b>2020.</b>	81,00	9,00	8,00	2,00
<b>2016-2020.</b>	<b>76,60</b>	<b>12,43</b>	<b>6,03</b>	<b>4,94</b>

Tokom 2016. godine je ispitano ukupno 130 prostorija, pri čemu je u dvema školskim ustanovama detektovana koncentracija iznad  $400 \text{ Bq/m}^3$ .

U 2017. godini koncentracija  $^{222}\text{Rn}$  je izmerena u 110 prostorija, a iznad  $400 \text{ Bq/m}^3$  je detektovano u tri stambena objekta, dvema školskim i dvema predškolskim ustanovama. Godine 2018. godine je izmerena koncentracija  $^{222}\text{Rn}$  u ukupno 99 prostorija. U objektima 4 školske i 2 predškolske ustanove je detektovano  $400 \text{ Bq/m}^3$ , kao i u 1 stambenom objektu.

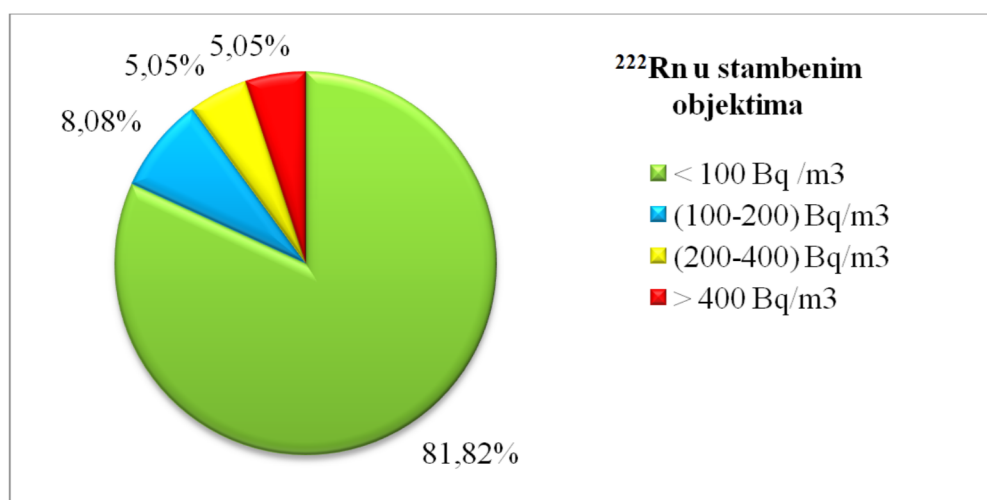
Koncentracija  $^{222}\text{Rn}$  iznad zakonom propisane granice je izmerena u dvema školskim ustanovama, od ukupno 100 ispitanih prostorija u 2019. godini.

Od ukupno 100 ispitanih prostorija u 2020. godini, iznad  $400 \text{ Bq/m}^3$   $^{222}\text{Rn}$  je izmereno u jednoj školskoj ustanovi i jednom stambenom objektu.

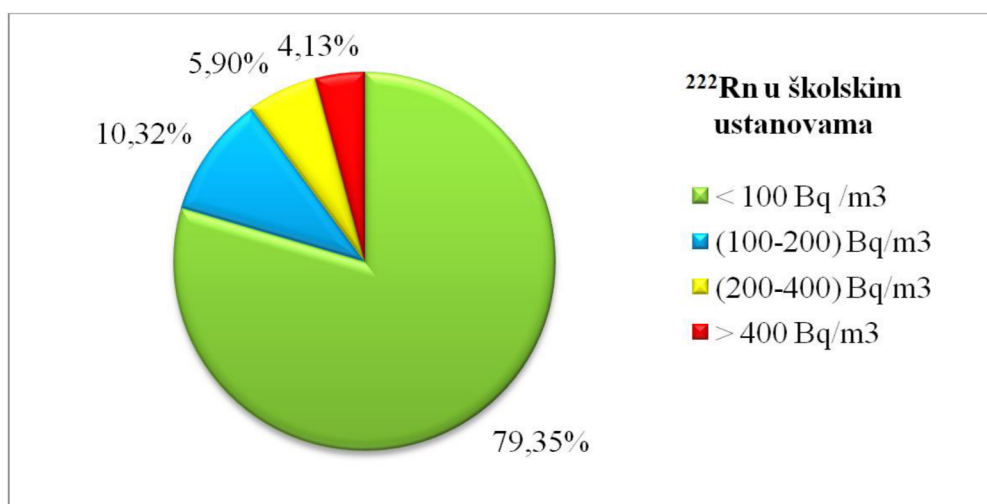
Najviši procenat prostorija sa koncentracijom višom od  $400 \text{ Bq/m}^3$  je bio 2018. godine, kada je u 19,05 % predškolskih ustanova prekoračen propisan interventni nivo. Maksimalna izmerena vrednost u okviru Programa monitoringa Beograda u stambenim objektima je iznosila  $3550 \text{ Bq/m}^3$ , u školskim ustanovama  $1910 \text{ Bq/m}^3$ , dok je u predškolskim ustanovama izmereno najviše  $970 \text{ Bq/m}^3$ . Međutim, nakon izmerene

visoke koncentracije radona u jednoj kući u Grockoj ( $3440 \text{ Bq/m}^3$ ), ispitivanje je prošireno i na druge prostorije i druga godišnja doba. Tada su izmerene i koncentracije koje su dostizale do  $4010 \text{ Bq/m}^3$ . Koncentracija radona je u toku letnjih meseci bila mnogo niža ( $27\text{-}57 \text{ Bq/m}^3$ ) nego u zimskom periodu, a uočeno je i smanjenje koncentracije naredne zime, kada je za grejanje umesto uglja korišćen drveni pelet ( $350\text{-}1400 \text{ Bq/m}^3$ ) [7].

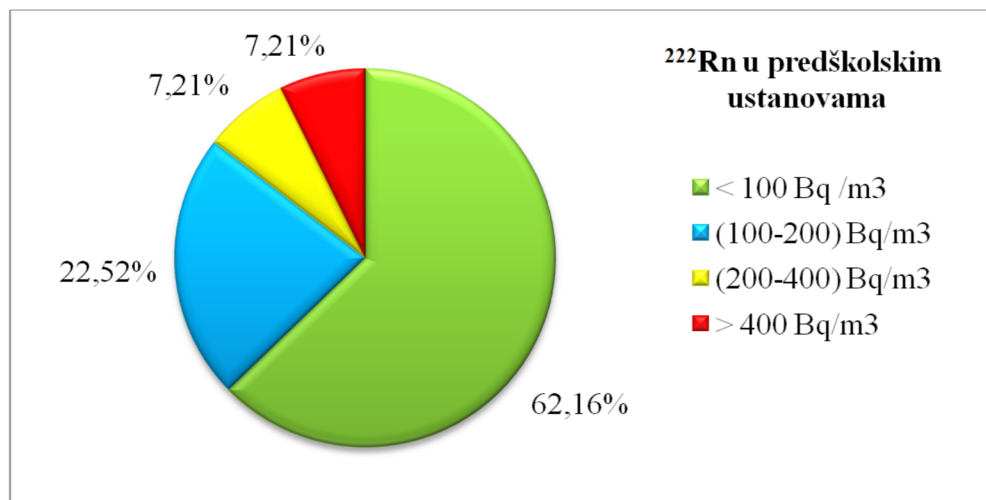
Na sledećim graficima (Grafici 1-3) je prikazan procenat prostorija sa koncentracijama  $^{222}\text{Rn}$  ispod  $100 \text{ Bq/m}^3$ , u intervalima  $100\text{-}200 \text{ Bq/m}^3$  i  $200\text{-}400 \text{ Bq/m}^3$ , kao i iznad  $400 \text{ Bq/m}^3$  u celom periodu ispitivanja, u prostorijama razvrstanim po nameni objekata. U približno 82 % stambenih objekata, koncentracija  $^{222}\text{Rn}$  je bila ispod  $100 \text{ Bq/m}^3$ , dok je u približno 5 % prelazila  $400 \text{ Bq/m}^3$ . Slična situacija je i u školskim ustanovama, dok je u predškolskim ustanovama situacija nešto lošija, pa je ispod  $100 \text{ Bq/m}^3$   $^{222}\text{Rn}$  detektovano u 62,2 % prostorija, a u 7,2 % su detektovane vrednosti iznad  $400 \text{ Bq/m}^3$ .



**Grafik 1. Raspodela koncentracije  $^{222}\text{Rn}$  u stambenim objektima**



**Grafik 2. Raspodela koncentracije  $^{222}\text{Rn}$  u školskim objektima**



**Grafik 3. Raspodela koncentracije <sup>222</sup>Rn u predškolskim objektima**

Ukoliko se pogleda raspodela po opštinama (Tabela 2), primećuje se da je u četiri opštine koncentracija <sup>222</sup>Rn prelazila vrednost od 400 Bq/m<sup>3</sup> u više od 10 % prostorija. U drugim ispitanim opštinama koje nisu prikazane u Tabeli 2 (Savski venac, Stari grad, Vračar, Zvezdara, Surčin, Obrenovac i Lazarevac), nije detektovana nijedna prostorija sa koncentracijom <sup>222</sup>Rn iznad 400 Bq/m<sup>3</sup>.

**Tabela 2. Raspodela prostorija sa izmerenim koncentracijama <sup>222</sup>Rn iznad 400 Bq/m<sup>3</sup> po opštinama.**

Opština	Maksimalna izmerena vrednost <sup>222</sup> Rn ( $Bq/m^3$ )	Broj objekata sa <sup>222</sup> Rn > 400 $Bq/m^3$	Procenat objekata sa <sup>222</sup> Rn > 400 $Bq/m^3$
Barajevo	3550	1	16,67 %
Palilula	1910	5	14,29 %
Zemun	860	4	13,79 %
Grocka	3440	5	13,16 %
Rakovica	970	3	8,57 %
Voždovac	1140	3	5,26 %
Čukarica	850	3	4,55 %
Novi Beograd	610	3	3,03 %

#### 4. Zaključak

Od 547 ispitanih prostorija, tokom perioda 2016-2020, u ukupno 249 objekata sa 15 beogradskih opština, prosečna koncentracija je iznosila 105 Bq/m<sup>3</sup>. Izmerena koncentracija <sup>222</sup>Rn je bila ispod 100 Bq/m<sup>3</sup> u 76,60 % prostorija, dok je u intervalima 100-200 Bq/m<sup>3</sup> i 200-400 Bq/m<sup>3</sup> izmerena u 12,43 %, odnosno 6,03 % ispitanih prostorija. Izmerene koncentracije <sup>222</sup>Rn premašile su vrednost od 400 Bq/m<sup>3</sup> u 4,94 % prostorija.



Od ukupno 27 prostorija u kojima su detektovane koncentracije iznad  $400 \text{ Bq/m}^3$ , 5 se nalazilo u stambenim objektima, 14 u školama i 8 u predškolskim ustanovama. Takođe, razvrstano po opštinama, 1 prostorija se nalazila na teritoriji opštine Barajevo, po tri na opštinama Rakovica, Voždovac, Čukarica i Novi Beograd, 4 u Zemunu i po pet na opštinama Palilula i Grocka.

U objektima u kojima je detektovana povišena koncentracija radona potrebno je vršiti učestalija merenja u cilju ispitivanja uzroka povišene koncentracije radona i eventualne izrade plana njihove sanacije.

## 5. Zahvalnica

Istraživanje je finansirano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije na osnovu Aneks ugovora, čiji je evidencioni broj: 451-03-9/2021-14/200017. i Sekretarijata za zaštitu životne sredine grada Beograda.

## 6. Literatura

- [1] Kvalitet životne sredine u Beogradu u 2016. godini, Urednik: Spec. Nataša Petrušić, Izdavač: Grad Beograd, Gradska uprava, Sekretarijat za zaštitu životne sredine, ISBN 978-86-912029-4-1, Beograd, 2017, 72-75
- [2] Kvalitet životne sredine u Beogradu u 2017. godini, Urednik: Spec. Nataša Petrušić, Izdavač: Grad Beograd, Gradska uprava, Sekretarijat za zaštitu životne sredine, ISBN 978-86-912029-5-8, Beograd, 2018, 64
- [3] Kvalitet životne sredine u Beogradu u 2018. godini, Urednici: Spec. Nataša Petrušić, Dr Slaviša Mladenović, Dr Dragan Pajić, Dr Ivana Ristanović-Ponjavić, Izdavač: Grad Beograd, Gradska uprava, Sekretarijat za zaštitu životne sredine, ISBN 978-86-912029-6-5, Beograd, 2019, 81-83
- [4] Pravilnik o granicama izlaganja jonizujućim zračenjima i merenjima radi procene nivoa izlaganja jonizujućim zračenjima, Sl. glasnik br. 50/18, 2018
- [5] D. J. Grey, S. T. Windham. *EERF Standard Operating Procedures for Radon-222 Measurement Using Charcoal Canisters*, EPA 520/5-87-005, 1987
- [6] Pantelić G., Krneta Nikolić J., Rajačić M., Živanović M. and Todorović D., Radon in dwellings in Belgrade, *Proceedings in 11<sup>th</sup> Symposium of the Croation Radiation Protection Association, with international participation*, April 5-7 2017, Croatia, Osijek, 2017, ISBN: 1849-5060, 362-366
- [7] Pantelić G., Rajačić M., Krneta Nikolić J., Vukanac I., Miloš Živanović, Igor Čeliković, Todorović D., Janković M., Nataša S., Radenković M., Sezonske varijacije koncentracije radona, *Zbornik radova XXX Simpozijum Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore*, 02-04 Oktobar 2019, Divčibare, Srbija, ISBN: 978-86-7306-154-2, 215-219

**SYSTEMATIC INVESTIGATION OF RADON CONCENTRATION ON THE  
TERRITORY OF BELGRADE**

**Milica RAJAČIĆ, Dragana TODORVIĆ, Jelena KRNETA NIKOLIĆ,  
Gordana PANTELIĆ, Ivana VUKANAC, Marija JANKOVIĆ and Nataša SARAP**  
*University of Belgrade, Institute of Nuclear Sciences "Vinča", National Institute of the  
Republic of Serbia, Radiation and Environmental Protection Department, 11000  
Belgrade, Serbia, [milica100@vinca.rs](mailto:milica100@vinca.rs), [beba@vinca.rs](mailto:beba@vinca.rs), [jnikolic@vinca.rs](mailto:jnikolic@vinca.rs),  
[pantelic@vinca.rs](mailto:pantelic@vinca.rs), [vukanac@vinca.rs](mailto:vukanac@vinca.rs), [marijam@vinca.rs](mailto:marijam@vinca.rs), [natasas@vinca.rs](mailto:natasas@vinca.rs)*

**ABSTRACT**

The program of the level of radioactivity in the environment monitoring on the territory of Belgrade envisages measuring the concentration of radon in residential buildings, schools and kindergartens. The Department of Radiation and Environmental Protection of the Institute of Nuclear Sciences "Vinca" conducted examination in 547 rooms (99 in residential buildings, 341 in schools and 107 in kindergartens) in the period 2016-2020. The average concentration of  $^{222}\text{Rn}$  is  $105 \text{ Bq/m}^3$ , and the concentration below  $100 \text{ Bq/m}^3$  was measured in 76.60 % of the rooms. The value of  $400 \text{ Bq/m}^3$  was exceeded in 4.94 % of the rooms. Out of 15 Belgrade municipalities covered by this research, a concentration above  $400 \text{ Bq/m}^3$  was detected in 8 municipalities. The maximum measured value in residential buildings was  $3550 \text{ Bq/m}^3$ , while in educational institutions the highest detected concentration was  $1910 \text{ Bq/m}^3$ .