

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



**ЗБОРНИК  
РАДОВА**

**XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
Сребрно језеро  
27- 29. септембар 2017. године**

**Београд  
2017. године**

**SOCIETY FOR RADIATION PROTECTION OF  
SERBIA AND MONTENEGRO**



# PROCEEDINGS

**XXIX SYMPOSIUM DZZSCG  
Srebrno jezero  
27- 29. September 2017**

**Belgrade  
2017**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
27-29.09.2017.

Издавачи:

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

За извршног издавача:

Др Борислав Грубор

Уредници:

Др Јелена Станковић Петровић  
Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-144-3

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Јелена Станковић Петровић, Гордана Пантелић

Штампа:

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

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2017.

## STUDIJA SLUČAJA SEZONSKE VARIJACIJE KONCENTRACIJE RADONA U PORODIČNOJ KUĆI U SRBIJI

**Vladimir UDOVIČIĆ<sup>1</sup>, Dimitrije MALETIĆ<sup>1</sup>, Aleksandar DRAGIĆ<sup>1</sup>, Radomir BANJANAC<sup>1</sup>, Dejan JOKOVIĆ<sup>1</sup> i Sofija FORKAPIĆ<sup>2</sup>**

1) *Univerzitet u Beogradu, Institut za fiziku u Beogradu, Beograd, Srbija, udovicic@ipb.ac.rs*

2) *Univerzitet u Novom Sadu, PMF Novi Sad, Novi Sad, Srbija, sofija@df.uns.ac.rs*

### **SADRŽAJ**

*Usled uticaja velikog broja parametara, ponašanje radona u zatvorenim prostorijama ima složenu dinamiku. Na osnovu merenja koncentracije radona, izdvajaju se dve periodičnosti, dnevna i sezonska. U ovom radu su prikazani rezultati merenja koncentracije radona u jednoj tipičnoj porodičnoj kući u Srbiji, u toku tri sukcesivne godine u februaru i julu svake godine. Korišćene su sledeće tehnike merenja radona: aktivna i metoda ugljenih kanistara. Takođe su prikazani rezultati ovih interkomparativnih merenja.*

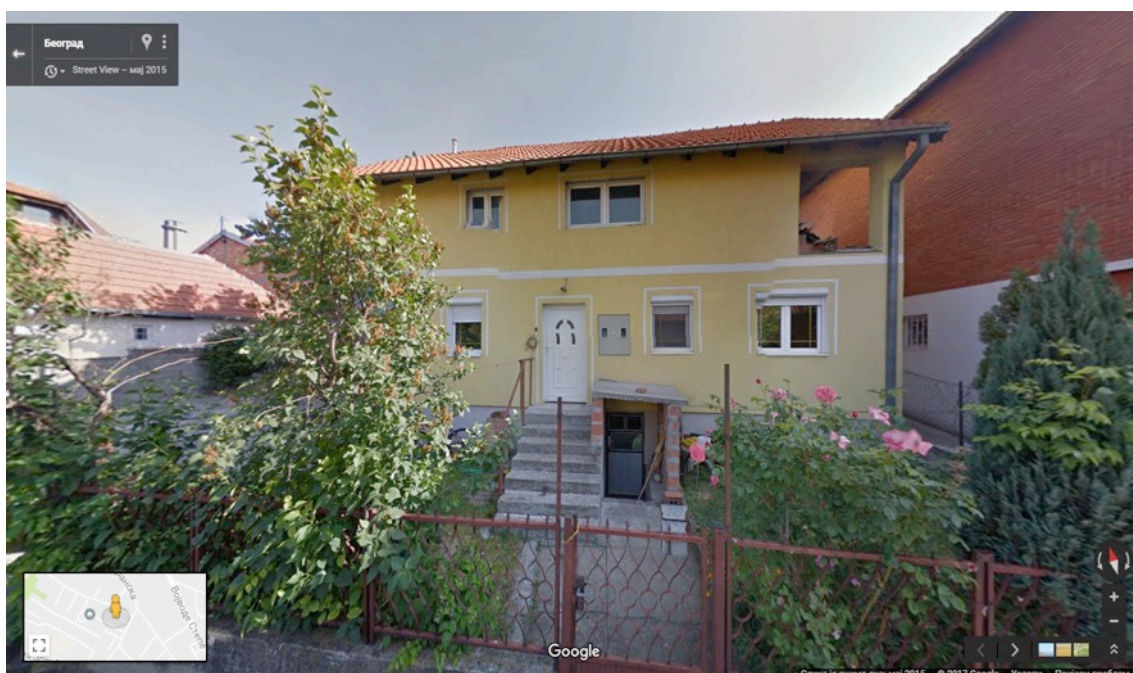
### **1. UVOD**

Istraživanje dinamike radona i primena mera za njegovo smanjenje u različitim sredinama, naročito u zatvorenim prostorijama, ima veliki značaj u smislu zaštite od jonizujućih zračenja. Objavljeni rezultati i razvoj mnogih modela kojima se opisuje ponašanje radona ukazuju na složenost ovog istraživanja, posebno sa modelima za predviđanje varijabilnosti radona [1-3]. To je zato što varijabilnost radona zavisi od velikog broja faktora kao što su geologija, propustljivost zemljišta, građevinski materijali koji se koriste za izgradnju kuća i zgrada, stanje unutrašnje atmosfere (temperatura, pritisak i relativna vlažnost), koncentracija aerosola, brzina razmene između unutrašnjeg i spoljašnjeg vazduha, kao i životnih navika ljudi. Poznato je da varijabilnost koncentracije radona ima dve glavne periodičnosti i to od jednog dana i jedne godine. Takođe je poznato da postoji sezonska varijacija koncentracije radona. To je razlog zašto je posebno zanimljivo istražiti varijaciju radona na istom mernom mestu, iz godine u godinu, zbog procene individualne godišnje doze od izlaganja radonu. U tom smislu, pratili smo dugoročne varijacije koncentracije radona u jednoj tipičnoj porodičnoj kući u Srbiji. Merenja su obavljena tokom 2014., 2015. i 2016. godine, u februaru i julu, svake godine. Koristili smo sledeće merne tehnike: aktivna i metoda korišćenja ugljenih kanistara. Detaljna analiza dobijenih rezultata je prikazana u ovom radu.

### **2. METODE MERENJA RADONA**

Vremenske serije merenih koncentracija radona, temperature i relativne vlažnosti u ispitivanoj kući dobijene su pomoću uređaja SN1029 (proizvođača Sun Nuclear Corporation). To je merni uređaj jednostavne konstrukcije i primene u praksi. U suštini, radi se o brojaču sa dodatkom senzora za merenje meteoroloških parametara. Nedostatak uređaja je nemogućnost merenja koncentracije radona u zemljištu i vodi. Operater može podesiti vremenske sekvence od 0,5 sati do 24 sati. Jedan ciklus merenja može trajati 1000 sati ili ukupno 720 vremenskih sekvenci (broj sukcesivnih merenja, odnosno tačaka u vremenskoj seriji). Uređaj je bio podešen da radi u vremenskoj sekvenci od 2 sata.

Simultano su mereni temperatura, vazdušni pritisak i vlažnost. U saradnji sa kolegama iz Laboratorije za ispitivanje radioaktivnosti uzoraka i doze jonizujućeg i nejonizujućeg zračenja, PMF, Novi Sad urađena su interkomparativna merenja, korišćenjem standardne skrining metode za merenje koncentracije radona pomoću adsorpcije na aktivnom uglju prema US EPA protokolu 520/5-87-005 [4], tokom februara 2014., 2015. i 2016. godine. Porodična kuća izabrana za merenja i analize varijacije radona je tipična kuća u Beogradu (slika 1).



**Slika 1. Porodična kuća u kojoj su vršena merenja**

Karakterističan je stil gradnje u kome se kuća gradi više godina uz konstantno dograđivanje i nadogradnju, što potencijalno može biti izvor ulaska radona u takve kuće. Kuća ima podrum i izgrađena je od standardnih materijala (cigla-blok, beton, malter). Na kraju je urađena i izolacija korišćenjem stiropora debljine 5 cm. Merenja radona su izvršena u dnevnoj sobi porodične kuće. Tokom perioda merenja (zima-leto 2014, 2015. i 2016), kuća je prirodno ventilirana i korišćen je klima uređaj u oba režima, grejanja i hlađenja. Tokom zimskog perioda merenja pored klima uređaja, korišćena je termoakumulaciona peć i uljani radijatori. Izmerene koncentracije radona, sobna temperatura (T) i relativna vlažnost unutar kuće su dobijeni korišćenjem radon monitora.

### 3. REZULTATI

Merenja su obavljena tokom februara i jula 2014., 2015. i 2016. koristeći radon monitor i metode pomoću adsorpcije na aktivnom uglju. Rezultati su prikazani u tabeli 1. Uočena je izrazita sezonska varijacija radona, pri čemu je koncentracija radona u zimskom periodu za red veličine veća nego u letnjem periodu. Rezultati merenja radona pomoću dve različite metode su u dobroj saglasnosti.

**Tabela 1. Rezultati merenja radona, temperature i vlažnosti vazduha tokom februara i jula 2014., 2015. i 2016.**

	2014.		2015.		2016.	
	Februar	Juli	Februar	Juli	Februar	Juli
Minimum [Bqm <sup>-3</sup> ]	15	0	28	0	12	3
Maximum [Bqm <sup>-3</sup> ]	1000	286	915	88	1013	262
Mediana [Bqm <sup>-3</sup> ]	418	25	524	22	412	28
AM(SD) [Bqm <sup>-3</sup> ]	402(216)	40(41)	508(207)	27(18)	423(214)	39(32)
Temperatura [°C]	20,4(0,8)	24,7(0,9)	21,2(0,6)	24,9(0,8)	22,3(0,6)	24,6(0,8)
Vlažnost [%]	67,4(5,7)	67,8(4,8)	68,2(4,8)	51,5(4,7)	64,0(6,4)	58,9(7,5)
Ugljeni kanister [Bqm <sup>-3</sup> ]	432(10)	/	518(6)	/	407(5)	/

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu, praćena je varijabilnost radona u dnevnoj sobi jedne porodične kuće u Beogradu tokom dva izabrana meseca u godini (februar i juli), i to tri godine za redom, 2014., 2015. i 2016. Rezultati pokazuju izrazitu sezonsku varijaciju, s tim što nivoi radona za iste mesece u godini pokazuju relativnu reproducibilnost. Male varijacije su uslovljene, pre svega varijacijama meteo parametara. Takođe, interkomparativna merenja radona dvema različitim metodama pokazuju dobru saglasnost.

#### 5. ZAHVALNICA

Ovaj rad je realizovan uz podršku Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta pod brojem III43002.

#### 6. LITERATURA

- [1] D. Maletić, V. Udovičić, R. Banjanac, D. Joković, A. Dragić, N. Veselinović, J. Filipović. Comparison of multivariate classification and regression methods for indoor radon measurements. *Nuclear Technology and Radiation Protection* 29, 2014, 17-23.
- [2] D. Maletić, V. Udovičić, R. Banjanac, D. Joković, A. Dragić, N. Veselinović, J. Filipović. Correlative and multivariate analysis of increased radon concentration in underground laboratory. *Radiation Protection Dosimetry* 162 (1-2), 2014, 148-151.
- [3] J. Filipović, D. Maletić, V. Udovičić, R. Banjanac, D. Joković, M. Savić, N. Veselinović. The use of multivariate analysis of the radon variability in the underground laboratory and indoor environment. *Nukleonika* 61(3), 2016, 357-360.
- [4] EPA 520/5-87-005, Gray D.J, Windham S.T, United States Environmental Protection Agency, Montgomery, 1987.

**CASE STUDY OF THE INDOOR RADON SEASONAL  
VARIABILITY IN THE FAMILY HOUSE IN SERBIA**

**Vladimir UDOVIČIĆ<sup>1</sup>, Dimitrije MALETIĆ<sup>1</sup>, Aleksandar DRAGIĆ<sup>1</sup>, Radomir  
BANJANAC<sup>1</sup>, Dejan JOKOVIĆ<sup>1</sup> i Sofija FORKAPIĆ<sup>2</sup>**

1) *University of Belgrade, Institute of Physics Belgrade, Belgrade, Serbia,  
udovicic@ipb.ac.rs*

2) *University of Novi Sad, PMF Novi Sad, Novi Sad, Serbia, sofija@df.uns.ac.rs*

***ABSTRACT***

*Due to the impact of a large number of parameters, the behavior of radon indoors has complex dynamics. Radon time-series analysis, based on the short-term indoor radon measurements performed worldwide, shows two main periodicity: daily and seasonal. This paper presents the results of the indoor radon measurements in a typical family house in Serbia, during three successive years in February and July each year. The following techniques were used for radon measurements: active and charcoal canister methods. It also presents the results of these intercomparison measurements.*