

**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.

ISTRAŽIVANJE KONCENTRACIJE RADONA U ZATVORENIM PROSTORIJAMA U REGIONU GORE, KOSOVO I METOHIIJA

Ljiljana GULAN¹, Gordana MILIĆ¹, Bajram JAKUPI¹ i Zora S. ŽUNIĆ²

1) *Univerzitet u Prištini, Prirodno-matematički fakultet, Kosovska Mitrovica, Srbija,*

ljgulan@gmail.com, ljiljana.gulan@pr.ac.rs

2) *Institut za nuklearne nauke "VINČA", Univerzitet u Beogradu, 11000 Beograd, Srbija*

SADRŽAJ

Godišnja merenja radona u zatvorenim prostorijama izvedena su u 20 uglavnom prizemnih kuća u regionu Gore, u južnom delu Kosova i Metohije. CR-39 Gammadata detektori su postavljeni u dnevnim i spavaćim sobama. Godišnja koncentracija radona u dnevnim sobama kretala se u rasponu od 26 do 315 Bq m⁻³ sa srednjom vrednošću od 85,7 Bq m⁻³, a u spavaćim sobama u rasponu od 28 do 448 Bq m⁻³ sa srednjom vrednošću 75,6 Bq m⁻³. Distribucije izmerenih koncentracija radona u dnevnim i spavaćim sobama imaju očekivani lognormalni oblik; Mann-Whitney test je potvrdio da ne postoji značajna razlika između koncentracija radona u različitim sobama. Najveće izmerene vrednosti koncentracije radona u obe sobe su u kući izgrađenoj od kamena i betona.

1. UVOD

Radioaktivni gas, radon, je najznačajniji kontaminant životnog prostora. Relativno dug polu-život (3,825 dana) omogućava radonu "dovoljno vremena" za transport iz zemljišta (i građevinskog materijala) i homogenu raspodelu u prostorijama [1]. Savremeni način života "zahteva" da oko 80% vremena provodimo u zatvorenom prostoru, u domovima ili na radnom mestu što povećava potencijalni rizik od inhalacije radona i raka pluća [2-4]. Prosečna godišnja efektivna doza od udisanja radona i njegovih potomaka raspada procenjena je na 1,15 mSv, što je približno polovina doprinosa dozi od prirodnih izvora zračenja [5].

Ne postoji nivo radona koji možemo smatrati bezbednim. Neke evropske zemlje (Velika Britanija, Švedska, Norveška, Španija) propisale su granice za izlaganje radonu u zatvorenim prostorijama od 200 Bq m⁻³ za postojeće objekte i izgradnju novih; druge zemlje (Finska, Nemačka, Grčka, Italija) odredile su 400 Bq m⁻³ kao gornju granicu za postojeće objekte i 200 Bq m⁻³ za novogradnju [6, 7].

Ekshalacija radona iz tla zavisi od koncentracije radijuma u zemljištu, propustljivosti i vlažnosti tla, stanja vegetacionog pokrivača, vremenskih uslova. Meteorološki uslovi, način života i navike ukućana mogu manje-više uticati na varijacije radona u zatvorenim prostorijama. Istraživanja su pokazala da su koncentracije radona u zatvorenim prostorijama veće u jesen ili početkom zime, a niže leti [7-9].

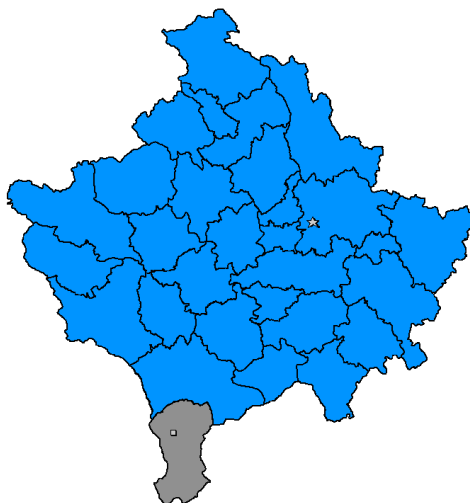
Da bi se izbegle dnevne i sezonske varijacije u koncentraciji radona, a time i greška u proceni doze od radona i njegovih produkata raspada, poželjno je meriti koncentracije radona u dužem vremenskom periodu. Neka skorašnja istraživanja u regionu Balkana sprovedena su pasivnim detektorima [9-17]. Cilj ovog rada je bio da se pasivnom tehnikom utvrde koncentracije radona u ruralnoj, planinskoj oblasti Gora, u južnom delu Kosova i Metohije, s obzirom da slična merenja nisu sprovedena na ovom području.

2. KARAKTERISTIKE ISTRAŽIVANOG PROSTORA I METOD ISTRAŽIVANJA

Oblast istraživanja (slika 1) obuhvata deo Šar planine koji je formiran od raznih vrsta metamornih stena tokom geološke faze nastanka Alpa i Dinarida. U oblasti dominiraju razne vrste peščanog kamena i krečnjaka koji su pretrpeli metamorfne procese i intruzije magmatita. Oko 20% teritorije je formirano od kvartarnih sedimenata fluvijalnog ili glacijalnog porekla. Prosečna nadmorska visina oblasti Gora iznosi oko 1.620 m. Samo 6% teritorije nalazi ispod 1.000 m, dok je 55% teritorije strmo ili veoma strmo [18, 19]. Većina naselja se nalaze u podplaninskom regionu na nadmorskoj visini između 1.000 i 1.500 m iznad nivoa mora. Prema popisu iz 2011 godine u ovoj oblasti živi 34.000 stanovnika [18].

Oblast Gore ima subalpsku klimu sa prosečnom godišnjom temperaturom približno 8,6 °C (-0,4°C zimi, i 18,1°C leti). Najviše padavina je u julu, a zatim u septembru i novembru (oko 50% tokom perioda vegetacije); najsuvlji meseci su avgust i u periodu između januara i marta [18].

Koncentracije radona su merene CR-39 detektorima model Gammadata koji se sastoji od difuzione komore od provodne plastike u obliku kupole dijametra 6 cm i 2,5 cm u čijem kućištu je na dnu smešten CR-39 detektor. Detektori su postavljeni na ormanima u dnevnim i spavaćim sobama, na rastojanju oko 30 cm od zidova. Celogodišnja merenja (od aprila 2011-2012) radona su sprovedena u ukupno 20 kuća, 12 prizemnih i 8 spratnih kuća. Nakon izlaganja, detektori su prikupljeni i transportovani za najkraće moguće vreme u laboratoriju; podvrgnuti su standardnim protokolima nagrizanja i očitavanja. Kalibracija je izvršena izlaganjem detektora u komori sa visokom koncentracijom radona. Greška merenja je bila manja od 16% [20].

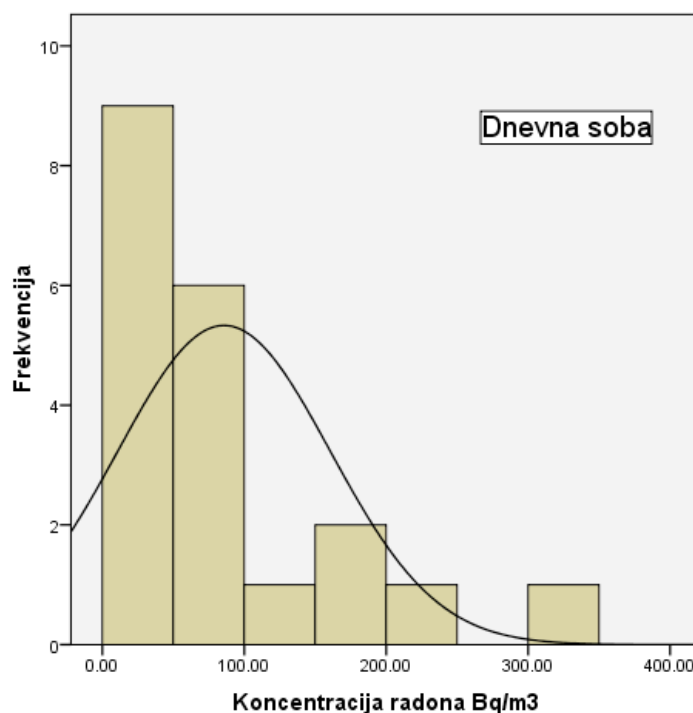


Slika 1. Mapa Kosova i Metohije sa naznačenim regionom Gore

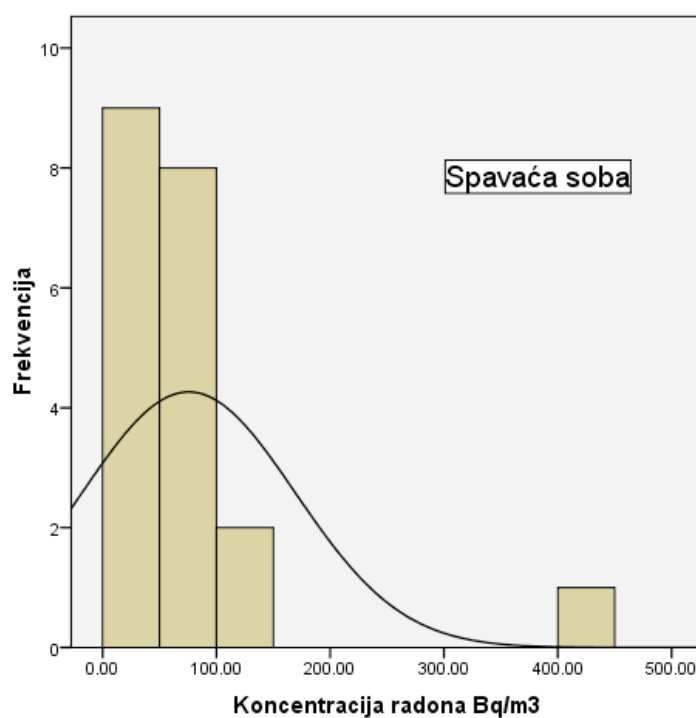
3. REZULTATI I DISKUSIJA

Izmerena godišnja koncentracija radona u dnevnim sobama kretala se u rasponu od 26-315 Bq m⁻³ sa srednjom vrednošću od 85,7 Bq m⁻³, a u spavaćim sobama u rasponu od 28 do 448 Bq m⁻³ sa srednjom vrednošću 75,6 Bq m⁻³. Frekventne distribucije izmerenih koncentracija radona u dnevnim i spavaćim sobama imaju očekivani lognormalni oblik

(slike 2-3). Mann-Whitney test je potvrdio da ne postoji značajna razlika između koncentracija radona u različitim sobama.



Slika 2. Frekventna raspodela koncentracije radona u dnevnim sobama



Slika 3. Frekventna raspodela koncentracije radona u spavaćim sobama

U tabeli 1, data je deskriptivna statistika za 20 kuća u regionu Gore. Godišnja merenja su pokazala da je koncentracija radona u osam spratnih kuća relativno ujednačena; izmerene vrednosti su bile u opsegu od 17-53 Bq m⁻³. U prizemnim kućama koncentracije radona variraju od 30-448 Bq m⁻³. U tri prizemne kuće koncentracija radona je tri puta veća u dnevnim sobama nego u spavaćim, dok su u dve kuće izmerene veće koncentracije u spavaćim sobama. Razlog može biti nejednaka infiltracija radona iz zemljišta u prostorije, kao i slaba ventilacija pojedinih prostorija. Takođe je zapaženo da niže vrednosti radona imaju prostorije bliže predsoblju ili kuće bez predsoblja. Najveće koncentracije radona u obe prostorije (315 Bq m⁻³ i 448 Bq m⁻³) izmerene su u kući izgrađenoj od betona i kamena, sa dvostrukim prozorima i starosti manje od 30 godina. Merenja doze gama zračenja u vazduhu i sadržaja radionuklida u zemljištu mogu dati preciznije informacije o uzroku visokih koncentracija radona na ovoj lokaciji.

Tabela 1. Deskriptivna statistika koncentracije radona u regionu Gore

	Godišnja koncentracija ²²² Rn (Bq m ⁻³)		
	Dnevna soba	Spavaća soba	Prosečna Vrednost
Minimum	26	17	27
Maksimum	315	448	381,5
Medijana	54	50,5	60
Srednja vrednost	85,7	75,6	80,7
Standardna devijacija	74,8	93,5	77,7
Geometrijska sredina	64,8	53,5	63,3
Geometrijska standardna devijacija	2,2	2,4	2,1

Izvestan doprinos ovog istraživanja ogleda se u dopuni baze podataka pri izradi mape rizika od radona za teritoriju Kosova i Metohije [20].

4. ZAHVALNICA

Ovaj rad je urađen u okviru projekta III41028 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

5. LITERATURA

- [1] UNSCEAR, 2006. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Report: Effects of ionizing radiation ANNEX E. Sources-to-effects assessment for radon in homes and workplaces. United Nations, New York, 2006.
- [2] ICRP, 1993. International Commission on Radiological Protection. Protection against Radon-222 at Home and at Work. ICRP 65 Publication, Annals of the ICRP, Pergamon, Oxford, 1993.
- [3] N. Hunter, C.R. Muirhead, F. Bochicchio and R.G.E. Haylock. Calculation of lifetime lung cancer risks associated with radon exposure, based on various models and exposure scenarios. *J. Radiol. Prot.* 35, 2015, 539–555.
- [4] WHO, 2009. World Health Organization. WHO Handbook on Indoor Radon. A Public Health Perspective. WHO Press, Geneva, 2009.

- [5] UNSCEAR, 2008. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. Annex B: Exposure of the public and workers from various sources of radiation. United Nations, New York, 2008.
- [6] CEC, Commission of the European Communities, 1990. Commission recommendation of 1990 on the protection of the public against indoor exposure to radon. *European Journal of Communication*. L80 26-28.
- [7] A.S. Alghamdi & K.A. Aleissa. Influences on indoor radon concentrations in Riyadh, Saudi Arabia. *Radiation Measurements*. 62, 2014, 35-40.
- [8] A. Kurnaz, B. Kucukomeroglu, U. Cevik & N. Celebi. Radon level and indoor gamma doses in dwellings of Trabzon, Turkey. *Applied Radiation and Isotopes*. 69, 2011, 1554-1559.
- [9] Z. Stojanovska, J. Januseski, B. Boev & M. Ristova. Indoor exposure of population to radon in the FYR of Macedonia. *Radiation Protection Dosimetry*. 148, 2012, 162–167.
- [10] N. Kavasi, C. Nemeth, T. Kovacs, S. Tokonami, V. Jobbagy, A. Varhegyi, Z. Gorjanacz, T. Vigh & J. Somlai. Radon and thoron parallel measurements in Hungary. *Radiation Protection Dosimetry*. 123, 2007, 250–253.
- [11] S. Forkapic, I. Bikit, J. Slivka, Lj. Conkic, M. Veskovic, N. Todorovic, E. Varga, D. Mrdja & E. Hulber. Indoor radon in rural dwellings of the South-Pannonian region. *Radiation Protection Dosimetry* 123, 2007, 378–383.
- [12] Z.S. Žunić, P. Bossew, N.C. Ristic, F. Bochicchio, V. Carelli, J. Vaupotic, O.R. Čuknić, Z. Vojinovic, D. M. Kisić & T. Tollefsen. The indoor radon survey in Serbian schools: can it reflect also the general population exposure? *Nukleonika* 55 (4), 2010, 419-427.
- [13] G. Milić, I. Yarmoshenko, B. Jakupi, M. Kovačević & Z.S. Žunić. Indoor radon measurements in Kosovo and Metohija over the period 1995–2007. *Radiation Measurements* 46, 2011, 141-144.
- [14] L. Gulan, G. Milic, P. Bossew, Y. Omori, T. Ishikawa, R. Mishra, Y. S. Mayya, Z. Stojanovska, D. Nikezic, B. Vuckovic & Z.S. Zunic. Field experience on indoor radon, thoron and their progenies with solid-state detectors in a survey of Kosovo and Metohija (Balkan region). *Radiation Protection Dosimetry* 152(1-3), 2012, 189-197.
- [15] L. Gulan, F. Bochicchio, C. Carpentieri, G. Milic, J. Stajic, D. Krstic, Z. Stojanovska, D. Nikezic and Z.S. Zunic. High annual radon concentration in dwellings and natural radioactivity content in nearby soil in some rural areas of Kosovo and Metohija (Balkan region). *Nuclear Technology and Radiation Protection*, 28(1), 2013, 60-67.
- [16] J.M. Stajic., B. Milenkovic & D. Nikezic. Radon Concentrations in Schools and Kindergartens in Kragujevac City, Central Serbia, *CLEAN – Soil, Air, Water* 43 (10), 2015, 1361–1365.
- [17] B. Vuckovic, L. Gulan, B. Milenkovic, J. M. Stajic & G. Milic. Indoor radon and thoron concentrations in some towns of central and South Serbia. *Journal of Environmental Management* 183, 2016, 938-944.
- [18] Atlas održivog razvoja za Dragaš-Kosovo, Skupština opštine Dragaš, 2013.
- [19] Geologija i petrologija: podaci zasnovani na podacima iz „Osnovne geološke karte SFRJ“, 1:100.000, Geološki institut, Beograd, 1970-1984.

[20] Lj. Gulan. Radon i toron u vazduhu zatvorenih prostorija na Kosovu i Metohiji: korelacija i mape rizika, Monografija, Akademska misao, Beograd, 2015.

A SURVEY OF INDOOR RADON CONCENTRATIONS IN GORA DISTRICT, KOSOVO AND METOHIJA

Ljiljana GULAN¹, Gordana MILIĆ¹, Bajram JAKUPI¹ i Zora S. ŽUNIĆ²

- 1) *University of Pristina, Faculty of Natural Science and Mathematics, Kosovska Mitrovica, Serbia, ljiljana.gulan@pr.ac.rs, ljgulan@gmail.com*
- 2) *University of Belgrade, Institute of Nuclear Sciences "Vinca", Belgrade, Serbia*

ABSTRACT

Annual indoor radon measurements were carried out in two rooms of 20 mostly ground floor dwellings in Gora District, Southwestern part of Kosovo and Metohija. The CR-39 Gammadata detectors were placed in the living rooms and bedrooms. Annual radon concentration in the living rooms range from 26 to 315 Bq m⁻³ with a mean value of 85.7 Bq m⁻³, while the same one in bedrooms range from 28 to 448 Bq m⁻³ with mean value of 75.6 Bq m⁻³. The distributions of radon concentration measured in living rooms and bedrooms follow the expected lognormal shape; Mann-Whitney test confirmed no significant systematic difference between radon concentrations in the two room types appears. The highest value of radon concentration in both rooms was in dwelling built from stone and concrete.