

**XXVI SIMPOZIJUM  
DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA  
SRBIJE I CRNE GORE**



**ZBORNİK RADOVA  
TARA 2011**

ZBORNIK RADOVA  
XXVI SIMPOZIJUM DZZSCG  
12.10-14.10.2011.god

Izdavači:

Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Društvo za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore

Za izvršnog izdavača:

Dr Jovan Nedeljković

Urednik:

Dr Olivera Ciraj-Bjelac

ISBN 978-86-7306-105-4

© Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Tehnička obrada: Aleksandra Milenković

Štampa: Štamparija Instituta za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd

Tiraž: 100 primeraka

Štampa završena septembra 2011.

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

502:504.5]:539.16(082)  
614.875/.876(082)  
539.16.04(082)  
539.1.074/.08(082)  
577.1:539.1(082)

ДРУШТВО за заштиту од зрачења Србије и Црне  
Горе (Београд). Симпозијум (26 ; 2011 ;  
Тара)

Zbornik radova / XXVI simpozijum DZZSCG  
[Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне  
Горе], Тара, 12-14. октобар 2011. ;  
[organizatori] Друштво за заштиту од зрачења  
Србије и Црне Горе [и] [Институт за нуклеарне  
науке Винча, Laboratorija za zaštitu od  
zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita"  
; urednik Olivera Ciraj-Bjelac]. - Београд :  
Институт за нуклеарне науке "Винча" : Друштво  
за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе,  
2011 (Београд : Јовановић). - 380 str. :  
илуст. ; 24 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tekst ćir. i  
lat. - Tiraž 110. - Abstracts. -  
Bibliografija uz većinu radova. - Registar.

ISBN 978-86-7306-105-4 (Винча)

1. Друштво за заштиту од зрачења Србије и  
Црне Горе (Београд) 2. Институт за нуклеарне  
науке "Винча" (Београд). Laboratorija za  
zaštitu od zračenja i zaštitu živote sredine  
Заштита

а) Заштита од јонизујућег зрачења -  
Зборници б) Животна средина - Загађење  
радиоактивним материјама - Зборници с)  
Радиоактивно зрачење - Штетно дејство -  
Зборници д) Нејонизујуће зрачење - Штетно  
дејство - Зборници е) Радиобиологија -  
Зборници ф) Дозиметри - Зборници

COBISS.SR-ID 186512652

ionization chamber. At the same time in the same places in the mine's atmosphere there was carried out measuring of gamma radiation dose rates. The measured values of RAC with nuclear track detector were between 25-76 Bq/m<sup>3</sup> and they are within limits of usual values for indoor places. Based on these results, the estimation of the average annual effective dose for workers at hole mines due to their exposure to radon and its decay products was done, and the estimated value was between 0,275-0,837 mSv/year and at some locations (near the excavation works) it was almost twice higher than average. The results of RAC measured with "AlphaGUARD PQ 2000 PRO" show that values of RAC can significantly vary from one to other location (5-3420 Bq/m<sup>3</sup>).

## **PRIMJENA AKTIVNE METODE MJERENJA KONCENTRACIJE RADONA U ŠKOLAMA GRADA BANJE LUKE, REPUBLIKA SRPSKA**

**Zoran ČURGUZ<sup>1</sup>, Predrag KOLARŽ<sup>2</sup>, Zora S.ŽUNIC<sup>3</sup>, Bratislav MARINKOVIĆ<sup>2</sup> i Branko PREDOJEVIĆ<sup>4</sup>**

- 1) *Saobraćajni fakultet Doboj, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, RS, [zoranc@teol.net](mailto:zoranc@teol.net)*
- 2) *Institut za fiziku, Univerzitet u Beogradu, Srbija, [kolarz@ipb.ac.rs](mailto:kolarz@ipb.ac.rs), [bratislav.marinkovic@ipb.ac.rs](mailto:bratislav.marinkovic@ipb.ac.rs)*
- 3) *ECE Lab, Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Univerzitet u Beogradu, Srbija, [zzunic@verat.net](mailto:zzunic@verat.net)*
- 4) *Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Banjaluci, RS, [hpredojevic@teol.net](mailto:hpredojevic@teol.net)*

### **SADRŽAJ**

*U deset osnovnih gradskih škola u Banjaluci su, na teritoriji Republike Srpske, prvi put izvršena preliminarna mjerenja koncentracije radona aktivnom metodom. U radu se iznose rezultati kontinualnih mjerenja koncentracija radona u toku četiri mjeseca (april-avgust 2011) praćenih instrumentom RAD7. Sedmodnevna mjerenja su vršena u osam škola tokom školske godine, a u dvije škole su mjerenja vršena u trajanju od pet dana kada su škole zbog ljetnjeg raspusta bile zatvorene. Povišene koncentracije radona su izmjerene u 4 od 10 škola obuhvaćenih istraživanjem.*

### **1. Uvod**

Pod uobičajenim uslovima, radon i njegovi potomci daju najveći pojedinačni doprinos (preko 50%) godišnjoj efektivnoj ekvivalentnoj dozi koje prima stanovništvo od jonizujućih zračenja iz prirode [1]. Istovremeno, radon predstavlja jedan od najvarijabilnijih faktora koji utiču na ovu dozu. U području radijacione zaštite i zdravlja stanovništva, kroz nacionalne programe za radon u zemljama zapadne i centralne Evrope, sprovode se sistematska istraživanja o efektima izlaganja prirodnom radioaktivnom gasu radonu i njegovim radioaktivnim potomcima [2,3]. Pored koncentracije aktivnosti prirodnih radionuklida u zemljištu, prije svega uranijumovog (U-238 i U-235) i torijumovog (Th-232) prirodnog niza, od kojih radon potiče, poroznost tla je jedan od glavnih čimilaca koji utiče na emanaciju radona. Zbog toga što koncentracije radona u vazduhu osciluju, na osnovu isključivo geološke podloge, ne može se ustanoviti koje su zgrade više a koje manje ugrožene. Usled toga, u zgrade koje su izgrađene od građevinskog materijala sa visokim sadržajem prirodnih radionuklida ili koje nisu dovoljno kvalitetno izolovane, a nalaze se na području sa prirodno povećanim sadržajem radionuklida u zemljištu, radon može prodrijeti u prostorije u većim koncentracijama. One u nekim slučajevima mogu biti istovjetne sa aktivnošću radona u jediničnoj zapremini vazduha u rudnicima uranijuma. Zato su sistematska mjerenja radona u vazduhu, koja obuhvataju statistički dovoljan broj zgrada osnova svih daljih istraživanja prema kojima se može utvrditi raspodjela koncentracije radona, procijeniti efektivna doza koju populacija prima od jonizujućih zračenja iz prirode i identifikovati

područja sa povećanim radonskim rizikom. Radon je dokazani kancerogeni agens[4]. Kada se radi o kvalitetu vazduha koji se udiše u zatvorenim prostorijama on je pored azbesta, duvanskog dima i staklenih vlakana, četvrti agens koji se kroz zakonske propise i akta obavezno ispituje u zemljama Evropske Unije [5]. Kroz Nacionalne programe za radon u većini zemalja Evrope koji se sprovode od 1980, određene su dozvoljene koncentracije radona u zatvorenim prostorijama u kojima ljudi borave i žive. Međunarodna komisija za radiološku zaštitu (ICRP) dala je preporuke o prihvatljivom nivou radona u stanovima i na radnom mjestu. Akcioni nivo radona iznosi za stanove 300 - 600 Bq/m<sup>3</sup>, a za radna mjesta 500 - 1000 Bq/m<sup>3</sup> [6]. Svjetska zdravstvena organizacija (SZO) predlaže nivo radona od 100 do 300 Bq/m<sup>3</sup> za stanove [3]. Takođe se preporučuju da prosječne vrijednosti koncentracija radona ne budu veće od 150 Bq/m<sup>3</sup>, što je u ovom radu usvojeno kao referentna vrijednost. Osnovne škole predstavljaju sredinu u kojoj rade i borave i odrasli i djeca provodeći značajan vremenski dio života u njima. Zato su se i istraživanja izlaganja populacije u školama sproveda u većini evropskih zemalja predstavljajući važnu komponentu nacionalnih programa za radon u procjeni izlaganja stanovništva pojedinih zemalja radonu. Obzirom da u Republici Srpskoj nema sistematskih podataka o raspodjeli koncentracije radona u zatvorenim prostorijama, problem zaštite populacije od prirodnih izvora zračenja do sada sistematski nije naučno razmatran, i nema podataka o individualnom riziku stanovnika Republike Srpske usled izlaganja radonu. U tom smislu ovaj rad predstavlja pokušaj da se uvede primjena i obezbjedi razvoj metoda za sistematsko praćenje raspodjele koncentracije radona, da se utvrdi radijaciona doza koju stanovništvo prima od radona i procjeni rizik od radona. Krajnji cilj istraživanja je izrada mape radonskog rizika Republike Srpske koja bi omogućila formiranje kriterijuma u vezi sa preporukama za remedijaciju zgrada sa povišenim nivou aktivnosti radona.

## 2. Metoda i eksperimentalni rad

Mjernje koncentracija radona vršeno je pomoću kontinualnog monitora radona RAD7 (DurrIDGE company, USA), koji radi na principu poluprovodničkog  $\alpha$ -detektora konvertujući energiju  $\alpha$ -čestice direktno u električni signal. To omogućava da se odredi izotop – potomak (<sup>218</sup>Po, <sup>214</sup>Po,...) tako da može da se razlikuje radon od njegovih potomaka, radon od torona i signal od šuma [7]. Instrument pored višednevnih mjerenja sa različitim vremenima očitavanja ima i opciju „njuškanja“ što omogućava da se u vremenu od 5 minuta dobije okvirna koncentracija radona na odabranom mjernom mjestu. Osjetljivost instrumenta je 0,5 [pCi/litru], a opseg je 4 - 750000 Bq/m<sup>3</sup>. Interna memorija je u stanju da pamti vrijednosti 1000 zadnjih koncentracija radona. Protok vazdušne pumpe je 1 l/min, a vazduh koji se uzorkuje prolazi kroz sušače i filter koji se nalaze ispred interakcione komore. Instrument poseduje RS232 port za komunikaciju sa računarom, autonomno napajanje, IC štampač i još mnogo drugih pogodnosti koje značajno olakšavaju mjerenje koncentracije radona. Mjerenje je vršeno u prizemnim prostorijama u deset škola koje se nalaze u užem gradskom jezgri Banjaluke i gradene su od sličnih materijala u periodu od 1953 do 1973 godine. Uređaj je postavljan na pod tako da je uzorkovan vazduh na visini od 0.5 m. Očitavanja su vršena na svaka 2 sata, tj. 84 puta za sedam dana, odnosno 60 puta za pet dana. Vlažnost vazduha u instrumentu poslije isušivača nije prelazila 10%, a temperatura prostorija se kretala između 17 °C i 25 °C. U školama 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 i 10 (Tabela 1), vršena su sedmodnevna mjerenja u toku školske godine, a u školama 1 i 7 mjerenje je vršeno 5 dana u prostorijama koje su bile zatvorene i nisu bile izložene ventilaciji zbog raspusta. Zbog varijabilnosti radona i

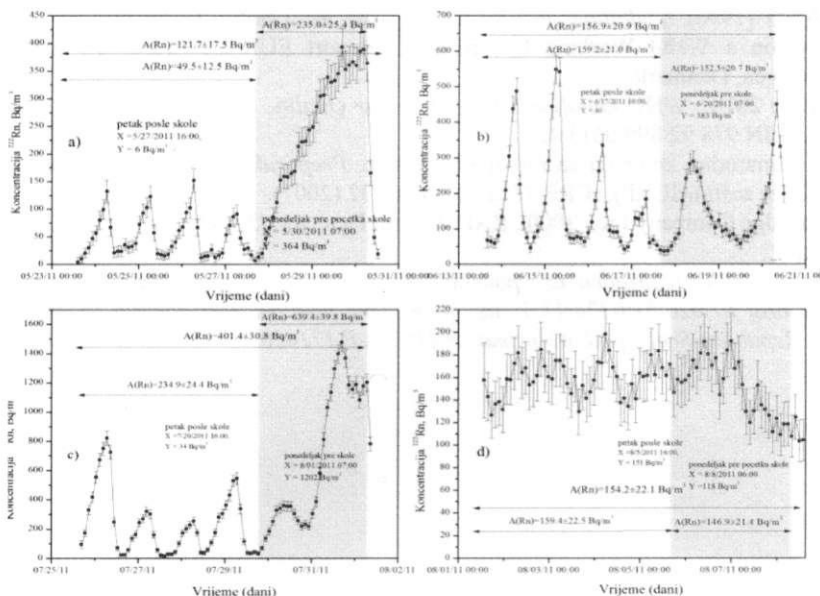
osobine akumuliranja u neventiliranim prostorijama, posebna pažnja je obraćena na vrijednosti tokom vikenda (Tabela 1, Slika 1).

### 3. Rezultati mjerenja

U tabeli 1 su prikazane izmjerene koncentracije radona. Na slici 1 prikazani su dobijeni rezultati mjerenja za četiri škole a žutom bojom je označeno vrijeme između početka vikenda (petak poslije 16 h) i početka sledeće radne nedjelje zbog očekivanog nagomilavanja radona. U školama *Branislav Nušić* i *Ivo Andrić u Centru*, maksimalne izmjerene koncentracije iznose  $610 \pm 50$  Bq/m<sup>3</sup> i  $1480 \pm 70$  Bq/m<sup>3</sup>. U školi *Ivo Andrić* prosječne vrijednosti tokom svih sedam dana su iznosile  $240 \pm 20$  Bq/m<sup>3</sup>, za vrijeme vikenda  $640 \pm 40$  Bq/m<sup>3</sup>, tokom pet radnih dana  $30 \pm 10$  Bq/m<sup>3</sup> jer je prostorija stalno provjetravana. U školi *Branko Radičević* maksimalna koncentracija radona je iznosila  $390 \pm 30$  Bq/m<sup>3</sup> a prosječna koncentracija radona je iznosila  $390 \pm 30$  Bq/m<sup>3</sup> a prosječna koncentracija posle vikenda  $240 \pm 30$  Bq/m<sup>3</sup>.

**Tabela 1: Rezultati mjerenja koncentracije radona u školama Republike Srpske**

Br	Naziv škole	Min. vrijednost [Bq/m <sup>3</sup> ]	Maks. vrijednost [Bq/m <sup>3</sup> ]	Sr. vr. za 5 dana [Bq/m <sup>3</sup> ]	Sr. vr. za vikend [Bq/m <sup>3</sup> ]	Sr. vr. za 7 dana [Bq/m <sup>3</sup> ]
1.	B. Stanković	7±6	70±20	30±10	-	-
2.	<b>B. Radičević</b>	12±7	<b>390±30</b>	50±10	<b>240±30</b>	<b>120±20</b>
3.	J. Dučić	13±8	60±20	30±10	40±10	30±10
4.	I. G. Kovačić	15±8	110±20	40±10	50±20	50±20
5.	<b>B. Nušić</b>	40±10	<b>610±50</b>	160±20	<b>160±20</b>	<b>160±20</b>
6.	A. Šantić	20±10	60±10	40±10	30±10	40±10
7.	G. S. Rakovski	20±8	80±20	30±10	-	-
8.	<b>Ivo Andrić</b>	20±8	<b>1480±70</b>	30±10	<b>640±40</b>	<b>240±20</b>
9.	<b>Sveti Savo</b>	100±20	<b>200±20</b>	150±20	<b>160±20</b>	<b>160±20</b>
10.	Z. J. Jovanović	8±6	50±10	25±10	30±10	30±10



**Slika 1. Prikaz vremenske zavisnosti vrijednosti koncentracija radona u školama Banjaluke: a) Branko Radičević; b) Branislav Nušić; c) Ivo Andrić; d) Sveti Savo.**

U školi *Sveti Savo* maksimalna koncentracija radona je bila  $200 \pm 20$  Bq/m<sup>3</sup>, a prosječne vrijednosti, za vrijeme vikenda  $160 \pm 20$  Bq/m<sup>3</sup>. U ostalim školama izmjerene vrijednosti koncentracije radona bile su u granicama ili ispod preporučenih prosječnih vrijednosti.

#### 4. Zaključak

U ovom istraživanju mjerenje koncentracije radona u zatvorenom prostoru izvršeno je u 10 škola aktivnom metodom pomoću instrumenta Rad7. U 4 škole izmjerene maksimalne i sedmodnevne koncentracije radona prevazilaze referentnu vrijednost od 150 Bq/m<sup>3</sup>. U dvije škole postoji razlika tokom radnog vremena i vikendom (kada je povišena) u koncentraciji radona. Predpostavlja se da nastale razlike koncentracija radona potiču od geološkog sastava podloge na kojoj su izgrađene što je potrebno dalje analizirati. Preporučuje se obavezna mjera ventilacije škola prije ulaska učenika u školski prostor kao i često provjetravanje učionica. Na osnovu različitih aktivnosti radona u školama na relativno malom gradskom području, potrebno je proširiti istraživanja na sve škole i uvesti i pasivne metode mjerenja pomoću čvrstih nuklearnih trag detektora, sa ciljem dobijanje integralnih vrijednosti koncentracije radona kao značajne komponente nacionalnog programa za radon Republike Srpske.

#### 5. Literatura

- [1] UNSCEAR 2000 Report to the generally Assembly with Scientific Annexes, UN, New York (2000) *Sources and Effects of Ionizing radiation*.
- [2] Dubois G. (2005): *An overview of radon surveys in Europe*. EU Report, EUR 21892 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, ISBN 92-79-01066-2.
- [3] WHO (2001) *Air Quality Guidelines*, 2nd ed.world Health organization-regional Office for Europe , Copenhagen, Denmark.

[4] WHO (1996) *Updating and Revision of the Air Quality Guidelines for Europe* (Report on a WHO Working Group), WHO Report EUR/ICP/EHAZ 94 05/MT09, Copenhagen, Denmark.

[5] WHO 2010, *WHO Guidlines for Indoor Air Quality, Selected pollutants*, Geneva, Swiss, ISBN 978 92 890 0213 4.

[6] Međunarodna komisija za radiološku zaštitu. *Preporuke međunarodne komisije za radiološku zaštitu* (ICRP). ICRP 37 (2-4), str. 1-332 (2007).

[7] DurrIDGE Company Inc., 2000., RAD 7 radon Detector. Owner's Manual, Bedford.

*Zahvalnost: Rad je urađen uz podršku Ministarstva prosvjete i kulture Republike Srpske broj 07.020/610-374/11 i uz finansijsku podršku Ministarstva za prosvetu i nauku Republike Srbije pod brojevima: P 41028 i P 171020.*

## ABSTRACT

### **THE APPLICATION OF THE ACTIVE METHOD OF MEASURING INDOOR RADON CONCENTRATION IN THE SCHOOLS OF BANJALUKA, A CITY IN THE REPUBLIC OF SRPSKA**

**Zoran ČURGUZ<sup>1</sup>, Predrag KOLARŽ<sup>2</sup>, Zora S. ŽUNIĆ<sup>3</sup>, Bratislav MARINKOVIĆ<sup>2</sup> and Branko PREDOJEVIĆ<sup>4</sup>**

- 1) *Faculty of transport Doboј, University in East Sarajevo, Republic of Srpska, [zoranc@teol.net](mailto:zoranc@teol.net)*
- 2) *Institute of Physics, University of Belgrade, Serbia. [kolarz@ipb.ac.rs](mailto:kolarz@ipb.ac.rs), [bratislav.marinkovic@ipb.ac.rs](mailto:bratislav.marinkovic@ipb.ac.rs)*
- 3) *ECE Lab, Institute of Nuclear Sciences „Vinča“, University of Belgrade, [zzunic@verat.net](mailto:zzunic@verat.net)*
- 4) *Faculty of Science, University of Banja Luka, Republic of Srpska, [bpredojevic@teol.net](mailto:bpredojevic@teol.net)*

Over a period of four months from April to August 2011, a radon survey was carried out in 10 schools located in the city of Banjaluka. This was the first ever preliminary measurement of indoor radon concentration activity using the active method. This paper deals with the average indoor radon concentration activity results after indoor radon levels were continuously monitored by RAD 7 instrument. Seven-day measurement cycles were carried out in eight schools with normal working regime and in two schools using five-days cycles, after the schools were closed for summer holiday. Of ten schools investigated, high indoor radon concentration level were found in four.