

**Center za fizikalne meritve**  
Laboratorij za meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov

**Oznaka poročila:** LMSAR-20150017-A-PJ  
**Datum:** 10.11.2015

## Sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja 2015

**Naročnik:** Uprava RS za varstvo pred sevanji  
Ajdovščina 4  
1000 LJUBLJANA

**Pogodba št.:** C2717-15-232004 (št. 4301-2/2015), z dne 10.04.2015

**Meritve izvedel:** ZVD

**Datum izvajanja meritev:** April - oktober 2015

**Poslano:** Poročilo vsebuje skupaj 71 strani in poročilo LMSAR-20150017-B-PJ in ga je dovoljeno reproducirati samo v celoti.  
3 × naročnik  
1 × arhiv ZVD

**Poročilo pripravil:** Peter Jovanovič, dipl. fiz.  
*podpis*

**Poročilo pregledal:** dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.  
*podpis*



## Povzetek

V letu 2015 smo opravili 144 meritev koncentracije radona z detektorji sledi in sedem meritev koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti z namenom določiti poteka koncentracije radona in potomcev. Meritve z merilnimi instrumenti smo opravili v PŠ Janča, OŠ F. Prešerna Ribnica, v Križni jami, vrtcu Spodnja Idrija, v OŠ Semi in v stanovanju Zidari v Idriji. Opravili smo tudi dve meritvi koncentracije radona z merilnimi instrumenti z namenom določiti virov izhajanja radona v prostore zgradb (radon v zemlji, špranje, razpoke, kanalizacijski in drugi jaški...). Meritve sta bili opravljene v vrtcu v Spodnji Idriji in v OŠ Nova vas. Opravili smo tudi štiri meritve doze zunanega sevanja gama s TL dozimetri v stanovanjih v Mariboru.

V osemindesetih objektih šol in vrtcev smo postavili sto osemindvajset detektorjev sledi. V dvainštiridesetih prostorih vrtcev in šol so bile izmerjene koncentracije radona skupaj z negotovostjo meritve višje od  $400 \text{ Bq/m}^3$ .

V štirinajstih prostorih ostalih objektov smo izmerili koncentracijo radona z detektorji sledi. V dveh prostorih ostalih objektov so bile izmerjene koncentracije radona višje od  $1000 \text{ Bq/m}^3$ .

V sedemdesetih primerih so učinkovite doze nižje od  $1 \text{ mSv/leto}$ , v devetnajstih primerih so učinkovite doze med  $1 - 2 \text{ mSv/leto}$ , v štiriindvajsetih primerih so učinkovite doze med  $2 - 6 \text{ mSv/leto}$ , v štiriindvajsetih primerih so učinkovite doze za višje od  $6 \text{ mSv/leto}$ .

V obdobju od 2006 do 2015 smo opravili 864 meritev koncentracije radona z detektorji sledi v 478 objektih, od tega 695 meritev v 375 šolah in vrtcih, 148 meritev v 41 javnih ustanovah in 21 meritev v 13 stanovanjih. Izmerjene koncentracije radona so bile v 75 šolah in vrtcih in treh stanovanjih višje od  $400 \text{ Bq/m}^3$ . Izmerjene koncentracije radona so bile v 12 drugih ustanovah višje od  $1000 \text{ Bq/m}^3$ .

Na podlagi opravljenih meritev smo naredili korelacijo med koncentracijo radona v prostorih objektov in koncentracijo radona v režah v tleh v istih prostorih. Izmerjene koncentracije radona v režah, nižje od  $3000 - 5000 \text{ Bq/m}^3$ , niso sorazmerne s koncentracijo radona v prostoru. Razlog za to je lahko neustrezno izbrana reža. Lahko pa je v tleh veliko manjših rež (premer manjši od  $5 \text{ mm}$ ), v katerih ne moremo izvesti meritev in zato ne moremo določiti doprinosa koncentraciji radona v prostoru. V takih primerih je mogoče smiselno izvesti ponovne meritve z detektorji sledi v daljšem časovnem obdobju, npr. od februarja do konca junija, ko se zaključijo šolsko leto.

Smatramo, da bi bilo smotno nadaljevati z meritvami koncentracije radona in radonovih potomcev v objektih in v tleh v različnih letnih obdobjih tako, da bi pokrili celotno področje Slovenije. Še posebej to velja za objekte z najvišjimi izmerjenimi koncentracijami radona in ocenjenimi učinkovitimi dozami preko  $6 \text{ mSv}$  na leto.



## Vsebina

1	Uvod.....	6
1.1.	Nastajanje radona v zemeljskih tleh .....	6
1.2.	Transport radona v tleh.....	7
1.3.	Radon v zgradbah .....	7
2	Namen in cilji naloge .....	8
3	Program meritev.....	8
4	Metode merjenja.....	10
4.1.	Meritve koncentracije radona .....	10
4.1.1.	Pasivna metoda – detektorji sledi .....	10
4.1.2.	Aktivna metoda.....	10
4.1.3.	Radon v zemlji.....	11
4.1.4.	Meritve koncentracije vezanih in nevezanih radonovih potomcev .....	11
5	Rezultati meritev .....	12
5.1.	Vrtci in osnovne šole .....	12
5.1.1.	OŠ Franceta Prešerna Ribnica .....	16
5.1.2.	OŠ Sostro, PŠ Jan e.....	22
5.1.3.	VVO Idrija, Enota Spodnja Idrija.....	26
5.1.4.	OŠ Semi .....	33
5.1.5.	OŠ Nova vas .....	46
5.2.	Ostali objekti.....	47
5.2.1.	Križna jama.....	48
5.2.2.	Kletno stanovanje, Zidari , Spodnja Idrija.....	58
6	Ocena učinkovitih doz.....	62
7	Zaključki .....	66
8	Reference.....	70

## 1 Uvod

Izpostavljenost radonu je posledica vsebnosti naravnih radionuklidov v zemeljski skorji. Dolgoživi radionuklidi  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  in  $^{235}\text{U}$  so za etniki naravnih razpadnih nizov in sicer uranovega, torijevega in aktinijevega. V vsakem od teh nizov se nahaja eden izmed radijevih izotopov  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{224}\text{Ra}$  in  $^{223}\text{Ra}$ . Direktni potomci teh izotopov so radioaktivni plini, radon, toron in aktinon, oziroma  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$  in  $^{219}\text{Rn}$ . Najpomembnejši od vseh je  $^{222}\text{Rn}$  (radon), ki prispeva k sevalnim obremenitvam zaradi vdihavanja skoraj 90%,  $^{220}\text{Rn}$  (toron) okoli 10%,  $^{219}\text{Rn}$  (aktinon) pa manj kot 1% [1].

Radon je inertni plin, kemijsko neaktiven, zato pronica iz tal proti površju. Zbira se v zaprtih prostorih ali izhaja v atmosfero. Koli ine radona v zaprtih prostorih so lahko tako visoke, da povzro i sevanje alfa v življenjski dobi loveka nepopravljive spremembe v celicah plju nega tkiva, katerih posledica je lahko rakasto obolenje [1].

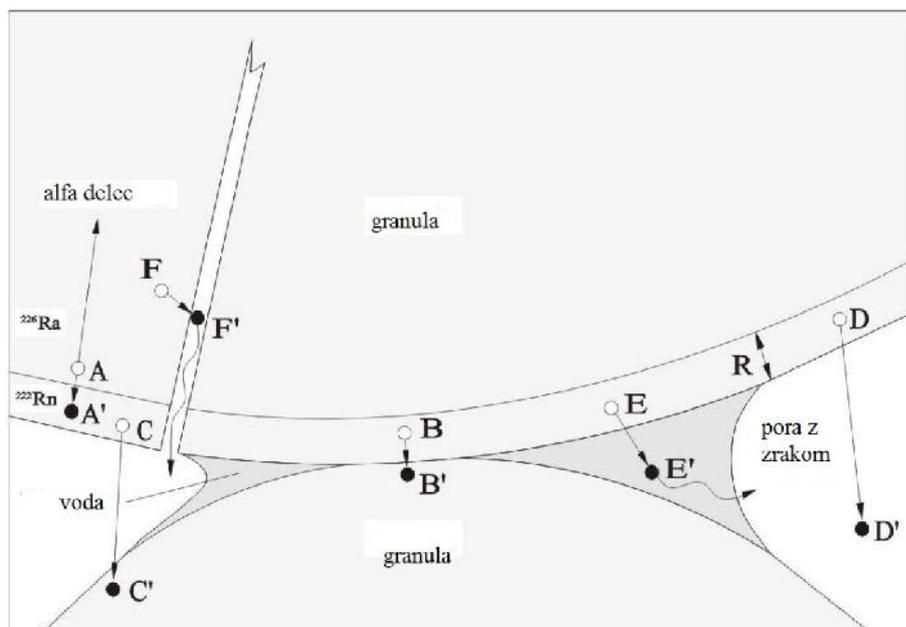
Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) je v letih 2005 do 2007 izvajala mednarodni radonski projekt, v katerem so sodelovali strokovnjaki iz preko 30 držav vsega sveta. V knjigi WHO Handbook on Indoor Radon [2] so zapisali, da epidemiološke študije potrjujejo, da radon v bivalnem okolju pove uje verjetnost za rakasta obolenja plju prebivalcev. Predlagali so, naj bo povpre na celoletna koncentracija radona v bivalnem okolju nižja od  $300 \text{ Bq/m}^3$ , kar ustreza efektivni dozi  $10 \text{ mSv}$  na leto.

Mednarodna komisija za varstvo pred sevanji (ICRP) je v svoji publikaciji ICRP 115 [3] navedla ugotovitve epidemioloških študij, ki potrjujejo vzro no povezavo med koncentracijo radona in plju nim rakom in predlaga faktor rizika  $8 \times 10^{-10}$  na  $\text{Bqhm}^{-3}$ , kar je skoraj dvakrat ve od trenutno sprejetega faktorja rizika, navedenega v publikaciji ICRP 65 [4].

Na podlagi ugotovitev epidemioloških študij ICRP v svoji publikaciji ICRP 126 [5] predlaga mejno koncentracijo radona v bivalnem okolju  $300 \text{ Bq/m}^3$  in manj kot  $1000 \text{ Bq/m}^3$  v delovnem okolju.

### 1.1. Nastajanje radona v zemeljskih tleh

Izotop radona,  $^{222}\text{Rn}$ , nastaja pri radioaktivnem razpadu izotopa radija,  $^{226}\text{Ra}$ , v granulah mineralov kamnin, pri emer dobi kineti no energijo  $86 \text{ keV}$  [1]. Doseg atoma radona v mineralu je nekaj stotink  $\mu\text{m}$ , v vodi desetinka  $\mu\text{m}$  in v zraku  $63 \mu\text{m}$ . Difuzijski koeficient za radon je  $10^{-20} \text{ cm}^2/\text{s}$ , kar pomeni, da pridejo iz granule minerala samo tisti atomi radona, ki nastanejo pri razpadu radijevih atomov, ki se nahajajo v zunanji plasti do debeline  $50 \text{ nm}$  (Slika 1). Beli krogi predstavljajo atome  $^{226}\text{Ra}$ , rni pa atome  $^{222}\text{Rn}$ . V primerih A, B in C radon ne pride iz granule, v primerih D, E in F pa atomi radon pridejo v prostor med granulami. Delež atomov radona, ki pridejo v vmesni prostor med granulami, definiramo kot koeficient emanacije. Povpre na vrednost koeficienta emanacije je  $0.2$ , razpon vrednosti je zelo širok od  $0.01$  do  $0.7$ , odvisno od vrste mineralov (v nekaterih mineralih kot npr. zirkon, se atomi  $^{226}\text{Ra}$  nahajajo na površini, zato je koeficient emanacije ve ji) in koli ine vode med granulami. Koeficient emanacije naraš a s koli ino vode med granulami (do  $30\%$  nasi enja), in nato zaradi manjšega difuzijskega koeficienta v vodi hitro pade [6].



Slika 1. Shematski prikaz izhajanja radona iz granul mineralov (povzeto po [6])

## 1.2. Transport radona v tleh

Radon, ki pride iz mineralov v prostor med granulami, se premika po tleh na dva načina, z difuzijo in s konvekcijo. Na oba načina vplivajo fizikalne lastnosti tal, kot velikost granul kamnin, vlaga med granulami, poroznost, permeabilnost (prepustnost) in difuzivnost. Granule imajo velikosti od nekaj mikronov (fina glina) do več milimetrov (pesek). Prostor med granulami ni vedno zapolnjen z vodo, običajne vrednosti se gibajo med 15 % za pesek in 70 % za glino. Permeabilnost (prepustnost) tal se gibajo med  $10^{-7} \text{ m}^2$  za pesek in  $10^{-16} \text{ m}^2$  za glino [1].

Za suha, fina tla, skozi katera se giblje radon samo z difuzijo, velja Fickov zakon,

$$j_{Rn}^d = -D_e \frac{\delta C_{Rn}}{\delta x},$$

kjer je  $j_{Rn}^d$  gostota radonskega toka zaradi difuzije,  $D_e$  je efektivna difuzijska konstanta,  $C_{Rn}$  je koncentracija radona v tleh. V debelih plasteh zemljine, skozi katere se radon premika z difuzijo, vpeljemo difuzijsko dolžino za radon,  $L = (D_e/\lambda)$ , kjer je  $\lambda$  razpadna konstanta za radon. Difuzijska dolžina za radon je 1 m [1].

Za tla z večimi razpokami, skozi katera se giblje radon zaradi konvekcije, pa velja Darcy-jev zakon:

$$v = -\frac{k \delta p}{\mu \delta x},$$

kjer je  $v$  hitrost zraka,  $k$  permeabilnost tal,  $\mu$  viskoznost zraka in  $p$  zračni tlak [1].

## 1.3. Radon v zgradbah

Radon je inertni plin, kemijsko neaktiven, zato izhaja iz tal proti površju. Radon prihaja v zgradbe na dva načina, z difuzijo skozi temeljno ploščo ali s konvekcijo skozi razpoke, špranje ali luknje v tleh. Na vstopanje radona v zgradbe vplivata veter in ogrevanje prostorov v zgradbah. Veter povzroča ob zgradbah podtlak, zaradi česar se poveča tlak na razlika med zračnim tlakom pod temeljno ploščo in zračnim tlakom v zgradbi. Ogrevanje prostorov

privede do razlike v temperaturi pod temeljno ploščo in prostorom nad njo in zaradi negativnega temperaturnega gradienta zrak izpod temeljne plošče hitreje vdira v objekt [1].

Hitrost vstopanja radona v objekte zaradi difuzije je 10 - 37 Bq/m<sup>3</sup>/h. V primeru konvekcije je lahko hitrost vstopanja radona v objekt tudi za dva velikostna razreda višja [7].

## 2 Namen in cilji naloge

V obdobju november 1993 - februar 1994 so bile v okviru nacionalnega programa izmerjene koncentracije radona v približno 900 naključno izbranih stanovanjih na območju Slovenije. Iz povprečne vrednosti 87 Bq/m<sup>3</sup> je bila aproksimativno določena srednja letna vrednost, ki znaša 54 Bq/m<sup>3</sup> [8], v 3 % bivalnih prostorov je bila presežena koncentracija radona 400 Bq/m<sup>3</sup>, ki je v Uredbi UV2 [12] navedena kot mejna celoletna povprečna koncentracija za bivalno okolje.

V letih pred uvedbo nove zakonodaje iz varstva pred sevanji smo v Sloveniji izvajali tudi pilotne meritve koncentracije radona s pasivnimi metodami (Lucasove celice, detektorji sledi) v osnovnih šolah in vzgojno varstvenih zavodih ter v drugih javnih institucijah, kot so bolnišnice, zdravstveni domovi, obinske zgradbe, policijske postaje in carinarnice.

Z uvedbo nove zakonodaje je na podlagi 45. in 46. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti [9] potrebno sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja zaradi naravnih virov sevanja [10]. Na delovnih mestih s povečano izpostavljenostjo zaposlenih je na podlagi Pravilnika SV5 [11] in Uredbe UV2 [12] potrebno izvajanje ukrepov za zmanjšanje izpostavljenosti naravnim virom.

V letih 2006 – 2015 je Uprava za varstvo pred sevanji (URSVS) razpisala projektne naloge za sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja zaradi naravnih virov sevanja, v katere so vključene meritve v vrtcih, šolah, drugih javnih ustanovah in podjetjih ter stanovanjskih objektih ([13] - [21] in to poročilo). V šolah, vrtcih in drugih objektih, kjer so bile izmerjene visoke koncentracije radona, so bile dodatno izvedene meritve koncentracije radona in potomcev z merilnimi instrumenti z namenom določiti časovnega poteka koncentracij radona in potomcev ter iskanja virov radona v objektih.

V letu 2010 smo program meritev razširili tudi na meritve koncentracije radona v zemlji v bližini objektov z izmerjenimi povišanimi koncentracijami radona. Namen teh meritev je lažja identifikacija virov radona v objektu samem [17].

## 3 Program meritev

Program meritev je prikazan v tabeli 1. V tabeli so navedene ustanove ter število predvidenih in opravljenih meritev koncentracije radona in potomcev v prostorih objektov navedenih ustanov v letu 2015.

Opravili smo 144 meritev koncentracije radona z detektorji sledi in sedem meritev koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti z namenom določiti časovnega poteka koncentracije radona in potomcev. Meritve z merilnimi instrumenti smo opravili v PŠ Janča, OŠ F. Prešerna Ribnica, v Križni jami, vrtcu Spodnja Idrija, v OŠ Semi in v stanovanju Zidari v Idriji. Opravili smo tudi dve meritvi koncentracije radona z merilnimi instrumenti z namenom določiti virov izhajanja radona v prostore zgradb (radon v zemlji, špranje, razpoke, kanalizacijski in drugi jaški...). Meritvi sta bili opravljeni v vrtcu v

Spodnji Idriji in v OŠ Nova vas. Opravili smo tudi štiri meritve doze zunanega sevanja gama s TL dozimetri v stanovanjih v Mariboru.

**Tabela 1. Program meritev 2015**

Objekt	Predvidene meritve				Opravljene meritve			
	a	b	c	TLD	a	b	c	TLD
Vrtec Mladi rod	2				2			
UKC Ljubljana	1				1			
Vrtec Pedenjped, Ljubljana	1				1			
OŠ Sostro (PŠ Jan e)	2	1			2	1		
OŠ F. Vesela, Šentvid pri Sti ni	2				2			
GŠ Ribnica	2				2			
OŠ F. Prešerna Ribnica	4	1			4	1		
Vrtec Ribnica	2				2			
OŠ P. Trubarja, Velike Laš e	5				6			
DL Križne jame, Bloška polica	4	2			4	2		
MNZ - GPU, Gotenica	2				2			
ZD Idrija	1				1			
OŠ Solkan	2				2			
Vrtec Postojna	6				6			
OŠ mi Vrh	4				4			
Vrtec Idrija	3	1	1		3	1	1	
OŠ Šmihel (PŠ Bir na vas)	1				1			
Zavod za prestajanje kazni Dob	2				2			
OŠ Semi	6	1			8	1		
OŠ M.Š. Nataše momelj	1				1			
Vrtci Goriška regija	19				19			
OŠ Goriška regija	22				22			
Vrtci primorsko notranjska regija	12				12			
OŠ primorsko notranjska regija	20				20			
Zidari , Idrija	2	1			2	1		
Stanovanja	4			4	4			4
<b>Skupaj</b>	<b>132</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>135</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
ŽP Postojna	Izpadlo iz programa, zamenjava OŠ Nova vas in PŠ Kanal							
SŽ Vit d. o. o.								
OŠ S. Kosovela Sežana (PŠ Lokev)								
OŠ Nova vas	8		1		8		1	
OŠ Kanal	1				1			
Rezerva	9		1		9		1	
<b>Skupaj z rezervo</b>	<b>141</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>4</b>

Legenda:

a - osnovne meritve z detektorji sledi

b - kontinuirne meritve koncentracije radona in potomcev

c - iskanje virov radona z merilnimi instrumenti

TLD - TL dozimetri

## 4 Metode merjenja

Koncentracijo radona v prostorih objektov izbranih ustanov smo določili ali s pasivno metodo (detektorji sledi) za obdobje enega meseca ali več in z aktivno metodo (merilni instrumenti) za obdobje nekaj dni. Detektorje sledi smo postavili v prostor stran od oken in vrat na višino približno 1.5 m. Merilne instrumente smo postavili tako, da niso motili delovnega procesa. Trenutno koncentracijo radona v zemlji, jaških, razpokah in špranjah smo določili ali z merilnimi instrumenti (aktivna metoda). Meritev je trajala dve uri ali več.

### 4.1. Meritve koncentracije radona

#### 4.1.1. Pasivna metoda – detektorji sledi

Koncentracijo radona skozi daljše časovno obdobje smo določili ali z detektorji sledi, podjetja Landauer Nordic, Švedska. Detektor sledi je plastična folija z dimenzijami 1.5 cm x 1 cm. Detektor je pritrjen na notranjo stran pokrova plastičnega okroglega ohišja, s premerom 5 cm in višino 3 cm. Na dnu ohišja je bar koda in številka detektorja (Slika 2). Radon, ki pride v t.i. radonsko komoro, v njej razpade, delci alfa, ki nastanejo pri razpadu, pa se zarijejo v folijo in v njej pustijo sledi. Število sledi na foliji je premo sorazmerno s koncentracijo radona v zraku.

Podjetje Landauer Nordic je akreditirano za merjenje koncentracije radona z detektorji sledi po standardu SIST ISO/IEC 17025. Detektorje smo postavili v skladu s postopki DP-LMSAR-3.03, ND-LMSAR-3.02 in OB-LMSAR-3.03 [22].



Slika 2. Detektor sledi

#### 4.1.2. Aktivna metoda

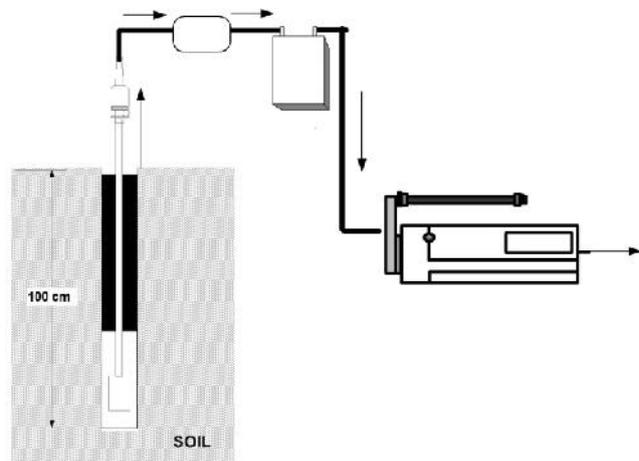
Časovni potek koncentracije radona za obdobje nekaj dni smo določili ali z merilnimi instrumenti Alphaguard (Genitron, Nemčija), RAD 7 (DurrIDGE, ZDA) in Canary Pro (Norveška). Detektor sevanja alfa v instrumentu Alphaguard je cilindrična ionizacijska celica z volumnom 0.5 litra, merilni instrumenti RAD 7 pa uporabljajo za določanje sevanja alfa polprevodniški detektor. Število sunkov na detektorju je premo sorazmerno koncentraciji radona oziroma radonovih potomcev v zraku, ki se podaja v  $\text{Bq/m}^3$ . Intervale merjenja nastavimo na željeno vrednost, od nekaj minut do več ur.

Meritve koncentracije radona v zraku smo izvedli skladno s postopkom DP-LMSAR-3.02 [23]. Merilni instrumenti so umerjeni v sekundarnem laboratoriju BfS v Berlinu, ki je umerjen po standardu SIST ISO/IEC 17025. Metoda je akreditirana po standardu SIST ISO/IEC 17025.

Napaka meritve s faktorjem razširjanja  $k = 1$  za merilni instrument Alphaguard je 5 %, za merilni instrument RAD 7 znaša 5 %, za Canary Pro 20 %.

#### 4.1.3. Radon v zemlji

Koncentracijo radona v zemlji smo merili z merilnima instrumentoma Alphaguard (Genitron, Nem ija) in RAD 7 (DurrIDGE, ZDA). V zemljo smo zabili cev (notranji premer 1 cm) v globino 80 - 100 cm. Izhod cevi smo povezali s plasti no cevko preko rpalke do merilnega instrumenta (Slika 3).



Slika 3. Merjenje koncentracije radona v zemlji

#### 4.1.4. Meritve koncentracije vezanih in nevezanih radonovih potomcev

asovni potek koncentracije vezanih radonovih potomcev za obdobje nekaj dni smo dolo ali z merilnim instrumentom Doseman Pro, Sarad, Nem ija in BWLM 2S, podjetja Tracerlab iz Nem ije. rpalka s pretokom 1 liter/minuto rpa zrak skozi filter, v katerem se zadržijo radonovi potomci (vezani na aerosole). Nasproti filtra je polprevodniški detektor, ki zaznava alfa sevanje. Rezultat meritve je ravnovesna koncentracija vezanih radonovih potomcev EEC, ki se podaja v  $\text{Bq/m}^3$ .

Merilni instrument BWLM 2S ima vgrajen še en detektor, pred katerim je namesto filtra vgrajena mrežica z 200 luknjicami na  $\text{mm}^2$  (single screen), na kateri se ujamejo nevezani radonovi potomci (unattached particles). Rezultat meritve je ravnovesna koncentracija nevezanih radonovih potomcev  $\text{EEC}_{\text{un}}$ , ki se podaja v  $\text{Bq/m}^3$ .

Interval vzor enja za merjenje koncentracije radonovih potomcev v zraku je obi ajno 30 minut, lahko tudi manj ali najve ena ura. Razmerje med koncentracijo radonovih potomcev in koncentracijo radona je faktor ravnovesja F, ki ga podajamo v procentih. Iz rezultatov meritev nevezanih radonovih potomcev dolo imo delež nevezanih potomcev v zraku,  $f_p$ , ki je dolo en kot razmerje med ravnovesno koncentracijo nevezanih in vezanih radonovih potomcev.

Meritve koncentracije radonovih potomcev v zraku smo izvedli skladno s postopkom DP-LMSAR-3.02 [23]. Merilni instrumenti so umerjeni v sekundarnem laboratoriju BfS v Berlinu, ki je umerjen po standardu SIST ISO/IEC 17025. Metoda je akreditirana po standardu SIST ISO/IEC 17025.

Napaka meritve s faktorjem razširjanja  $k = 1$  za merilni instrument za merilni instrument Doseman Pro znaša 10 %, za merilni instrument BWLM 2S pa 7 %.

## 5 Rezultati meritev

### 5.1. Vrtci in osnovne šole

Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi v osnovnih šolah in vrtcih so prikazani v tabeli 2. V osemindvajsetih (88) objektih smo postavili sto osemindvajset (128) detektorjev sledi, od tega osemindvajset (48) v igralnicah vrtcev in osemindvajset (80) v u ilnicah šol. V tridesetih (43) prostorih šol in vrtcev je bila izmerjena koncentracija radona višja od 400 Bq/m<sup>3</sup>. V petih prostorih šol in vrtcev je bila izmerjena koncentracija radona nižja od 400 Bq/m<sup>3</sup>, a višja od 300 Bq/m<sup>3</sup> (Tabela 2). Z rdečo barvo so označene lokacije z izmerjenimi koncentracijami radona, ki so skupaj z negotovostjo (interval zaupanja 65 %) višje od 400 Bq/m<sup>3</sup>, z modro barvo pa lokacije z izmerjenimi koncentracijami radona, ki so skupaj z negotovostjo (interval zaupanja 65 %) višje od 300 Bq/m<sup>3</sup>.

**Tabela 2. Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi\***

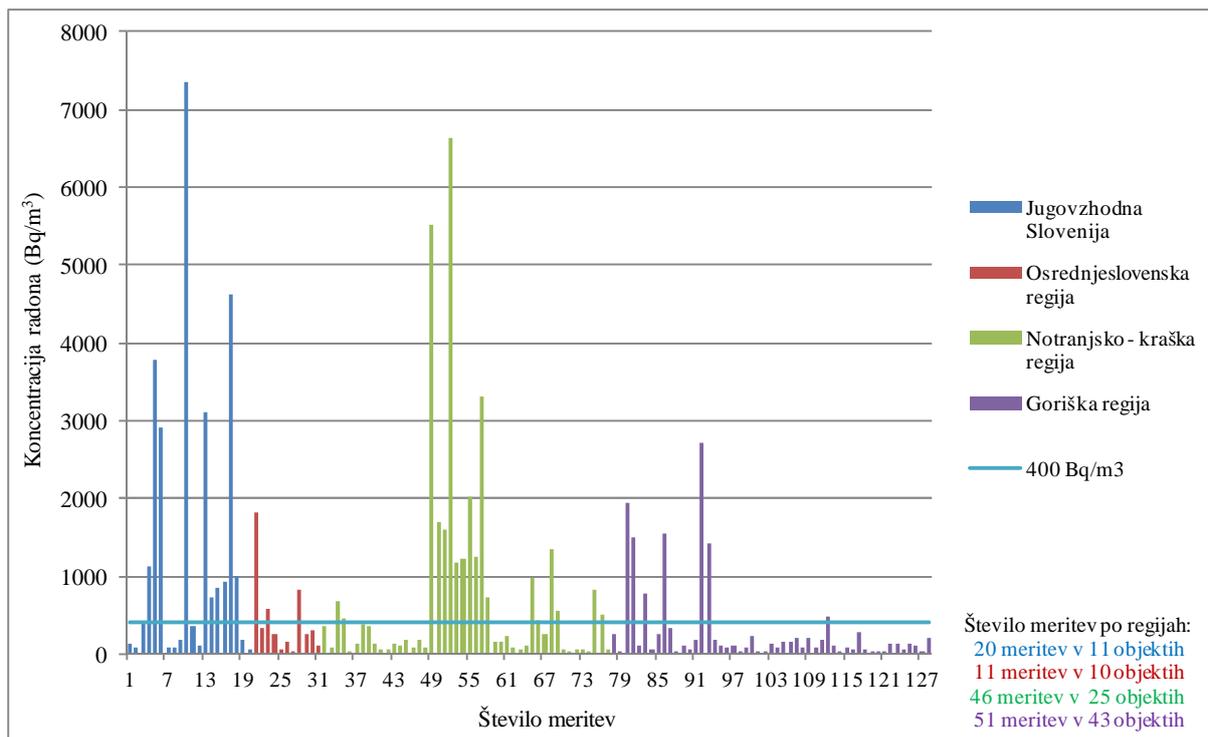
Zap. št.	Številka detektorja	Start	Stop	Prostor	Objekt	Konc. radona (Bq/m <sup>3</sup> )
1	985233-6	14.4.2015	19.5.2015	u ilnica 7	OŠ MŠ Nataše rnomelj	145 ± 30
2	993414-2	16.4.2015	18.5.2015	PŠ Bir na vas - u ilnica	OŠ Šmihel (PŠ Bir na vas)	85 ± 14
3	985137-9	16.4.2015	19.5.2015	1. razred	PŠ Temenica	415 ± 60
4	985685-7	16.4.2015	19.5.2015	razred 117	OŠ Ferda Vesela	1131 ± 140
5	626589-6	14.4.2015	19.5.2015	u ilnica v kleti	GŠ Ribnica	3790 ± 570
6	985636-0	15.4.2015	19.5.2015	dvorana	GŠ Ribnica - PŠ Velike Laš e	2911 ± 360
7	543003-8	13.4.2015	19.5.2015	knjižnica	OŠ F. Prešerna Ribnica	83 ± 12
8	986530-4	13.4.2015	19.5.2015	stavba A, u ilnica API	OŠ F. Prešerna Ribnica	97 ± 16
9	985791-3	13.4.2015	19.5.2015	stavba B, jedilnica	OŠ F. Prešerna Ribnica	193 ± 50
10	993357-3	13.4.2015	19.5.2015	stavba C, M. Oražem	OŠ F. Prešerna Ribnica	7361 ± 1330
11	993063-7	16.4.2015	15.5.2015	1.a razred	OŠ Semi	346 ± 50
12	646193-3	16.4.2015	15.5.2015	kemija	OŠ Semi	114 ± 30
13	985496-9	16.4.2015	15.5.2015	tehnika	OŠ Semi	3103 ± 380
14	985463-9	16.4.2015	15.5.2015	zgodovina	OŠ Semi	742 ± 100
15	992963-9	20.7.2015	3.9.2015	gospodinjstvo	OŠ Semi ,	856 ± 110
16	986567-6	20.7.2015	3.9.2015	slovenš ina	OŠ Semi	921 ± 120
17	658076-5	23.7.2015	3.9.2015	U ilnica 2, tehnika	OŠ Semi	4635 ± 840
18	658333-0	23.7.2015	3.9.2015	U ilnica 7 (zgodovina)	OŠ Semi	997 ± 130
19	138813-1	14.4.2015	19.5.2015	igralnica Konji ki	Vrtec Ribnica	175 ± 30
20	993356-5	14.4.2015	19.5.2015	igralnica Želvice	Vrtec Ribnica	67 ± 10
21	600965-8	14.4.2015	18.5.2015	u ilnica 1	OŠ Sostro (PŠ Jan e)	1833 ± 230
22	638066-1	14.4.2015	18.5.2015	sosednja u ilnica	OŠ Sostro (PŠ Jan e)	327 ± 50
23	993353-2	16.4.2015	20.5.2015	u ilnica 1	PŠ Velike Laš e	590 ± 80
24	986654-2	15.4.2015	20.5.2015	igralnica Metulji	OŠ P. Trubarja - vrtec	250 ± 40
25	985195-7	16.4.2015	19.5.2015	u ilnica nova	PŠ Rob	68 ± 12
26	993400-1	17.4.2015	18.5.2015	mala u ilnica	PŠ Turjak	157 ± 30
27	985520-6	24.4.2015	20.5.2015	igralnica Miške	PŠ Turjak - vrtec	22 ± 8
28	766066-5	24.4.2015	20.5.2015	igralnica Srnice	PŠ Karlovica - vrtec	833 ± 110
29	986551-0	14.4.2015	18.5.2015	igralnica pritli je	Vrtec Pedenjped, Jan e	252 ± 40
30	986538-7	14.4.2015	19.5.2015	C/C3	Vrtec Mladi rod, Ljubljana	302 ± 50
31	993367-2	14.4.2015	19.5.2015	soba v kleti, ra unovod.	Vrtec Mladi rod, Ljubljana	108 ± 20
32	986543-7	13.4.2015	18.5.2015	tehnika 2	OŠ D. Kette II. Bistrica	352 ± 50
33	985663-4	14.4.2015	19.5.2015	2. u ilnica OPP (Irena)	OŠ A. Žniderši a II. Bistrica	73 ± 14
34	985279-9	14.4.2015	18.5.2015	tehnika	OŠ Jelšane	678 ± 90

35	985748-3	14.4.2015	18.5.2015	igralnica	OŠ Jelšane - vrtec	468 ± 60
36	985698-0	16.4.2015	18.5.2015	igralnica 1	OŠ Podgora Il. Bistrica	19 ± 6
37	655793-8	16.4.2015	18.5.2015	zgodovina	Vrtec Kuteževo	138 ± 30
38	986574-2	14.4.2015	19.5.2015	u ilnica 4. razred	OŠ R. Ukovi a, Podgrad	376 ± 50
39	985264-1	14.4.2015	19.5.2015	igralnica ebelice	OŠ R. Ukovi a, vrtec Podgrad	353 ± 50
40	985254-2	20.4.2015	19.5.2015	u ilnica slovenš ina	OŠ Košana	135 ± 30
41	985563-6	20.4.2015	19.5.2015	igralnica Medvedki	OŠ Košana - vrtec	64 ± 14
42	986499-2	16.4.2015	18.5.2015	u ilnica 1 c	OŠ M. Vilharja Postojna	50 ± 12
43	671043-8	15.4.2015	18.5.2015	u ilnica 1. razred	PŠ Hruševje	135 ± 30
44	985711-1	16.4.2015	18.5.2015	u ilnica OVI III	PŠ Hruševje - pos. program	114 ± 20
45	985687-3	15.4.2015	18.5.2015	1. razred	OŠ Prestranek	196 ± 30
46	985451-4	15.4.2015	18.5.2015	igralnica Ježki	OŠ Prestranek - vrtec	95 ± 14
47	985639-4	14.4.2015	18.5.2015	u ilnica 5	OŠ Rudija Mahni a Obrov	180 ± 30
48	985372-2	14.4.2015	18.5.2015	igralnica vrtca	OŠ R. Mahni a Obrov - vrtec	88 ± 14
49	986590-8	13.4.2015	18.5.2015	likovna u ilnica	OŠ TŠ Aljoše, Nova vas	5507 ± 1000
50	770943-9	13.4.2015	18.5.2015	igralnica Pikapolonice	OŠ Nova vas, vrtec	1694 ± 210
51	980174-7	29.6.2015	4.8.2015	igralnica Metulji	OŠ Nova vas, vrtec	1600 ± 200
52	980062-4	29.6.2015	4.8.2015	u ilnica 4, jezik	OŠ TŠ Aljoše, Nova vas	6630 ± 1200
53	996032-9	29.6.2015	4.8.2015	u ilnica 2, fiz., kem.	OŠ TŠ Aljoše, Nova vas	1180 ± 150
54	980262-0	29.6.2015	4.8.2015	u ilnica 5, mat.	OŠ TŠ Aljoše, Nova vas	1230 ± 150
55	980078-0	29.6.2015	4.8.2015	u ilnica 1, tehnika	OŠ TŠ Aljoše, Nova vas	2020 ± 250
56	996016-2	29.6.2015	4.8.2015	sprejem otrok	OŠ TŠ Aljoše, Nova vas	1260 ± 160
57	981237-1	6.7.2015	4.8.2015	u ilnica glasbena vz.	OŠ TŠ Aljoše, Nova vas	3320 ± 400
58	980986-4	6.7.2015	4.8.2015	u ilnica 7 (3. r., 1. nad.)	OŠ TŠ Aljoše, Nova vas	740 ± 100
59	986497-6	14.4.2015	20.5.2015	1. b razred	OŠ Pivka, Pivka	170 ± 30
60	986681-5	14.4.2015	20.5.2015	pisarna - zbornica	OŠ Pivka, PŠ Šmihel	168 ± 30
61	985469-6	14.4.2015	20.5.2015	razred	OŠ Pivka, PŠ Zagorje	234 ± 40
62	444744-7	14.4.2015	20.5.2015	pisarna	Vrtec Pivka, Enota Vetrnica	91 ± 16
63	985348-2	14.4.2015	20.5.2015	igralnica	Vrtec Pivka, Enota Mavrica	69 ± 12
64	986629-4	27.5.2015	30.6.2015	u ilnica 6	OŠ A. Globo nika, Postojna	111 ± 20
65	996050-1	27.5.2015	30.6.2015	spodnja u ilnica	PŠ Bukovje	985 ± 130
66	986624-5	27.5.2015	30.6.2015	u ilnica 1., 2. razred	PŠ Planina	424 ± 60
67	993416-7	27.5.2015	30.6.2015	u ilnica 3. razred	PŠ Studeno	250 ± 40
68	576765-2	23.4.2015	24.5.2015	u ilnica 3. razred	OŠ T. Tomši a, Knežak	1354 ± 170
69	985305-2	23.4.2015	24.5.2015	igralnica Zvezdice	OŠ T. Tomši a, vrtec Knežak	568 ± 80
70	986558-5	15.4.2015	21.5.2015	igralnica	Vrtec Antonina Il. Bistrica	71 ± 12
71	985104-9	15.4.2015	20.5.2015	H odd., igralnica Zajhan	Vrtec Postojna	47 ± 8
72	985386-2	22.4.2015	20.5.2015	igralnica E. Sajovic	Vrtec Postojna	56 ± 10
73	612037-2	22.4.2015	20.5.2015	kabinet - klet	Vrtec Postojna	55 ± 10
74	985612-1	22.4.2015	20.5.2015	igralnica J. Tomaži	Vrtec Postojna	44 ± 10
75	986585-8	15.4.2015	21.5.2015	igralnica J. Prijatelj	Vrtec Postojna	837 ± 110
76	388525-8	15.4.2015	20.5.2015	igralnica K. Kor e	Vrtec Postojna	500 ± 70
77	985695-6	5.5.2015	26.5.2015	igralnica Metulj ki	Vrtec Ilirska Bistrica	59 ± 14
78	571077-7	16.4.2015	19.5.2015	ilnica	OŠ D. Lokarja Ajdovš ina	267 ± 40
79	985714-5	16.4.2015	19.5.2015	jedilnica	PŠ Lokavec	29 ± 10
80	985124-7	14.4.2015	18.5.2015	u ilnica slovenš ina	OŠ Otlica	1938 ± 240
81	986522-1	14.4.2015	18.5.2015	igralnica vrtca	OŠ Otlica - vrtec	1498 ± 190
82	375396-9	14.4.2015	18.5.2015	1. razred	OŠ Spodnja Idrija	120 ± 20
83	763943-8	17.4.2015	18.5.2015	igralnica	PŠ Ledine	767 ± 100
84	608810-8	17.4.2015	18.5.2015	u ilnica 1	OŠ Šturje Ajdovš ina	57 ± 12
85	985378-9	17.4.2015	18.5.2015	igralnica vrtca	PŠ Budanje	259 ± 40
86	985136-1	13.4.2015	18.5.2015	igralnica (PŠ Trnovo)	OŠ Solkan (PŠ Trnovo)	1554 ± 190
87	993358-1	13.4.2015	18.5.2015	3.4. razred (PŠ Grgar)	OŠ Solkan (PŠ Grgar)	321 ± 50

88	985327-6	15.4.2015	18.5.2015	garderoba	OŠ Draga Bajca, Vipava	46 ± 10
89	986633-6	15.4.2015	18.5.2015	stopniš e	PŠ Go e	103 ± 20
90	986684-9	15.4.2015	18.5.2015	hodnik	PŠ Podnanos	65 ± 12
91	419498-1	15.4.2015	18.5.2015	jedilnica	PŠ Vrhpolje	196 ± 30
92	985223-7	13.4.2015	19.5.2015	biologija	OŠ rni vrh	2712 ± 330
93	986671-6	13.4.2015	19.5.2015	tehnika	OŠ rni vrh	1413 ± 180
94	986688-0	13.4.2015	19.5.2015	ra unalništvo	OŠ rni vrh	193 ± 30
95	986680-7	13.4.2015	19.5.2015	telovadnica	OŠ rni vrh	115 ± 20
96	985588-3	14.4.2015	19.5.2015	u ilnica fizika	OŠ Dobravlje	96 ± 16
97	993407-6	14.4.2015	19.5.2015	u ilnjica 2. razred	PŠ rni e	101 ± 20
98	985263-3	8.5.2015	20.5.2008	knjižnica	PŠ Šmarje	41 ± 20
99	129947-8	14.4.2015	20.5.2015	jedilnica	PŠ Vipavski Križ	79 ± 12
100	985106-4	16.4.2015	19.5.2015	u ilnica pritli je	PŠ Vrtovin	231 ± 40
101	589850-7	10.9.2015	15.10.2015	zbornica	PŠ Skrilje	40 ± 10
102	992919-1	2.5.2015	18.5.2015	igralnica Pikapolonice	OŠ Miren - vrtec	33 ± 14
103	986605-4	11.5.2015	18.5.2015	1. razred	PŠ Bilje	136 ± 50
104	545297-4	8.5.2015	18.5.2015	igralnica	Vrtec Bilje	83 ± 24
105	985482-9	8.5.2015	18.5.2015	u ilnica	OŠ Miren	154 ± 40
106	701468-1	8.5.2015	18.5.2015	1. razred	PŠ Kostanjevica	158 ± 40
107	986594-0	8.5.2015	18.5.2015	igralnica Zajci	PŠ Kostanjevica - vrtec	208 ± 50
108	985270-8	8.5.2015	18.5.2015	igralnica	Vrtec Opatje Selo	91 ± 24
109	985153-6	8.5.2015	2.7.2015	3. razred	OŠ Col	210 ± 30
110	425955-2	8.5.2015	2.7.2015	1. razred	PŠ Podkraj	81 ± 12
111	986644-3	15.4.2015	20.5.2015	P5	Vrtec Idrija, (Prelova eva)	194 ± 30
112	318674-9	15.4.2015	22.5.2015	Sp. 1	Vrtec Idrija, enota Sp. Idrija	471 ± 70
113	536182-9	15.4.2015	20.5.2015	V3	Vrtec Idrija, enota rni vrh	109 ± 20
114	986599-9	18.5.2015	8.7.2015	igralnica Gumbki	Vrtec Ajdovš ina	35 ± 8
115	986517-1	18.5.2015	8.7.2015	igralnica jezki	Vrtec Ajdovš ina, ob Hublju	85 ± 12
116	985228-6	18.5.2015	8.7.2015	igralnica Raziskoval ki	Vrtec Vipavski Križ	58 ± 8
117	992996-9	19.5.2015	8.7.2015	igralnica Balon ki	Vrtec rni e	271 ± 40
118	985161-9	19.5.2015	8.7.2015	igralnica Smrkeci	PŠ rni e - vrtec	62 ± 10
119	185766-3	19.5.2015	8.7.2015	igralnica Gosenice	Vrtec Selo	27 ± 6
120	985311-0	19.5.2015	8.7.2015	igralnica Zmaj ki	SŠ V. Pilon Ajdovš ina, vrtec	47 ± 8
121	993395-3	18.5.2015	8.7.2015	igralnica Pikapolonice	OŠ D. Lokarja, Vrtec Lokavec	30 ± 6
122	985310-2	19.5.2015	8.7.2015	igralnica Pikapolonice	Vrtec Col	128 ± 20
123	752989-4	19.5.2015	8.7.2015	igralnica Žabe	Vrtec Budanje	135 ± 20
124	536824-6	19.5.2015	8.7.2015	igralnica Škratki	OŠ D. Bajca Vipava, vrtec	69 ± 10
125	722587-3	19.5.2015	8.7.2015	igralnica Slon ki	Vrtec Vrhpolje	129 ± 20
126	985131-2	19.5.2015	8.7.2015	igralnica Želve	Vrtec Podnanos	100 ± 20
127	611831-9	19.5.2015	8.7.2015	igralnica Zvezdice	Vrtec Vipava	34 ± 8
128	721093-3	10.9.2015	14.10.2015	igralnica (prej 2.3. r.)	PŠ Kal	210 ± 30

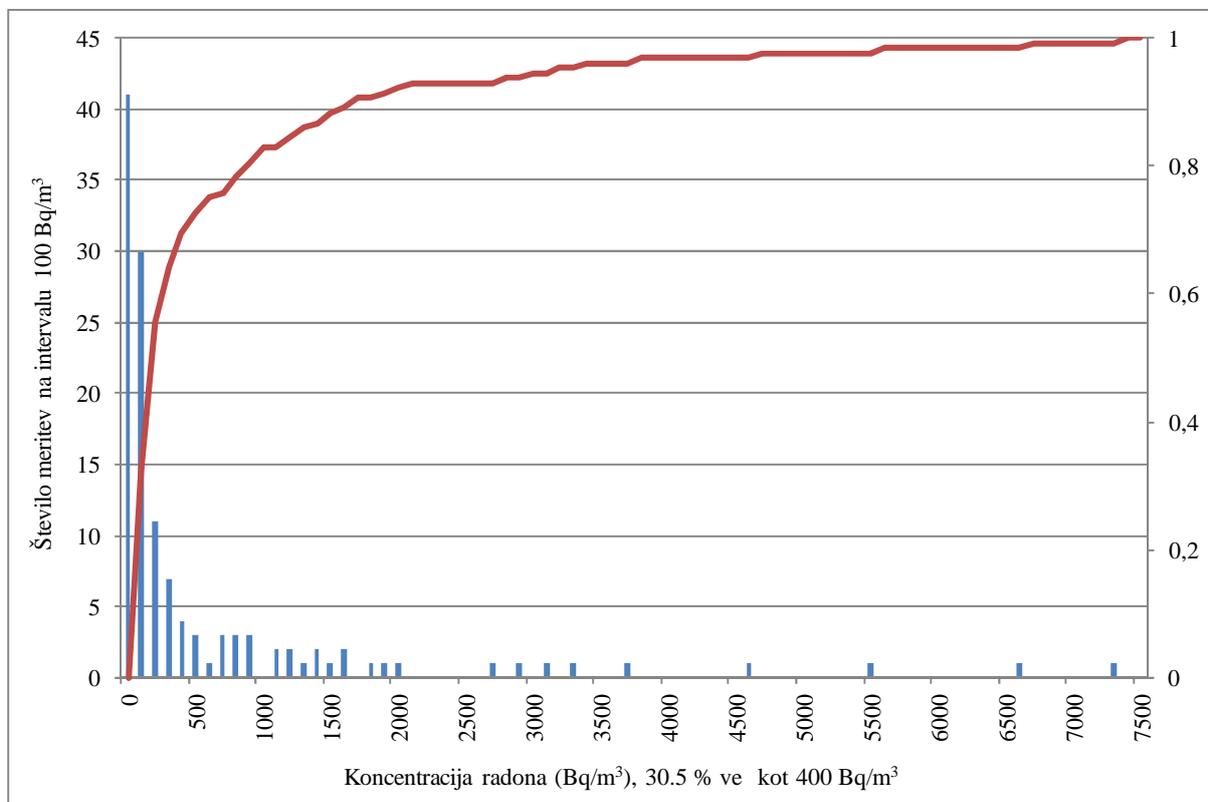
\* Vse izmerjene koncentracije radona, ki skupaj z negotovostjo (interval zaupanja  $k = 2$ ) meritve presegajo  $400 \text{ Bq/m}^3$ , so obarvane rde e, vse izmerjene koncentracije radona, ki skupaj z negotovostjo (interval zaupanja  $k = 2$ ) meritve presegajo  $300 \text{ Bq/m}^3$  in so nižje od  $400 \text{ Bq/m}^3$ , so obarvane modro

Slika 4 prikazuje histogram koncentracij radona, izmerjenih v u ilnicah šol in igralnicah vrtecev po posameznih regijah v Sloveniji. Iz slike 4 vidimo, da so bile najvišje koncentracije radona izmerjene v regiji jugovzhodna Slovenija in v notranjsko – kraški regiji. V goriški regiji so bile izmerjene povišane koncentracije radona ob prelomnici od Cola proti Idriji, na ravninskem delu od Ajdovš ine proti Novi Gorici so bile izmerjene nizke koncentracije radona.



Slika 4. Histogram koncentracij radona v osnovnih šolah in vrtcih v letu 2015

Na sliki 5 sta prikazani verjetnostna in kumulativna porazdelitev koncentracij radona v šolah in vrtcih, iz katere vidimo, da je koncentracija radona v 30 % izmerjenih prostorov presežala  $400 \text{ Bq/m}^3$ .



Slika 5. Verjetnostna in kumulativna porazdelitev izmerjenih koncentracij radona v vrtcih in šolah

### 5.1.1. OŠ Franceta Prešerna Ribnica

OŠ Franceta Prešerna ima tri stavbe, stavbo A, stavbo B in stavbo C. Na podlagi opravljenih meritev koncentracije radona z detektorji sledi v prostorih OŠ Ribnica [26] smo izvedli meritve iskanja virov radona v u ilnici AP1, stavba A, kjer je bila izmerjena povišana koncentracija radona [27].

Po opravljenih meritvah je vodstvo OŠ Franceta Prešerna naro ilo sanacijo stavbe A, ki jo je izvedel ZAG (Poro ilo št. P0011/15-520-1, z dne 20.4.2015). V kletnih prostorih so pod temeljno ploš o pod knjižnico in u ilnico AP1 namestili sistem cevi z ventilatorjem za odvajanje zraka izpod obeh prostorov na prosto (Slika 6, Slika 7).



Slika 6. Odvod zraka izpod temeljne ploš e

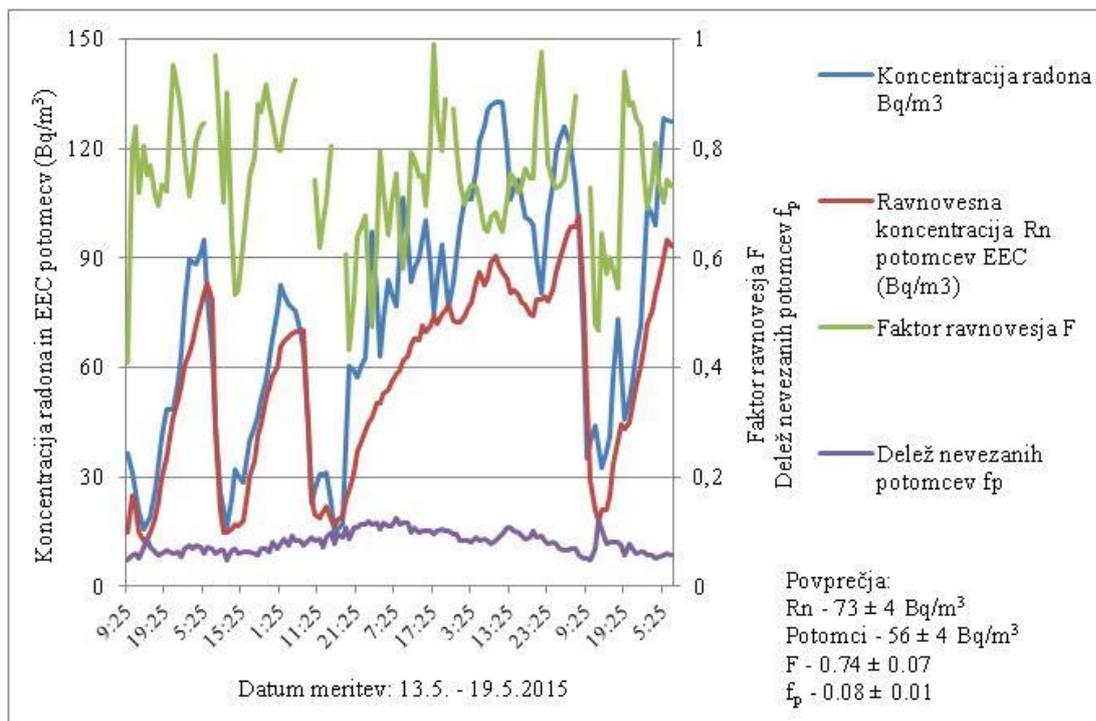


Slika 7. Izpuh ob zunanji steni

V obdobju od 13.5. – 19.5.2015 smo izvajali kontrolne meritve koncentracije radona in potomcev v knjižnici v stavbi A po izvedeni sanaciji.

Povpre na koncentracija radona v knjižnici v asu meritve je bila  $73 \pm 4 \text{ Bq/m}^3$  (14 – 133  $\text{Bq/m}^3$ ), povpre na koncentracija radonovih potomcev v asu meritve je bila  $56 \pm 4 \text{ Bq/m}^3$  (13 - 102  $\text{Bq/m}^3$ ), povpre na vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.74 (0.41 – 0.99), povpre na vrednost deleža nevezanih potomcev radona  $f_p$  je bila  $0.08 \pm 0.01$ . Rezultati meritev so prikazani na sliki 8 in v tabeli 3.

Isto asno smo izvajali tudi meritve koncentracije radona z merilnim instrumentom Canary Pro v u ilnici CK2 (klet, stavba C). Povpre na koncentracija radona v asu izvajanja meritev je bila  $10546 \pm 1170 \text{ Bq/m}^3$  (Slika 9, Tabela 4).

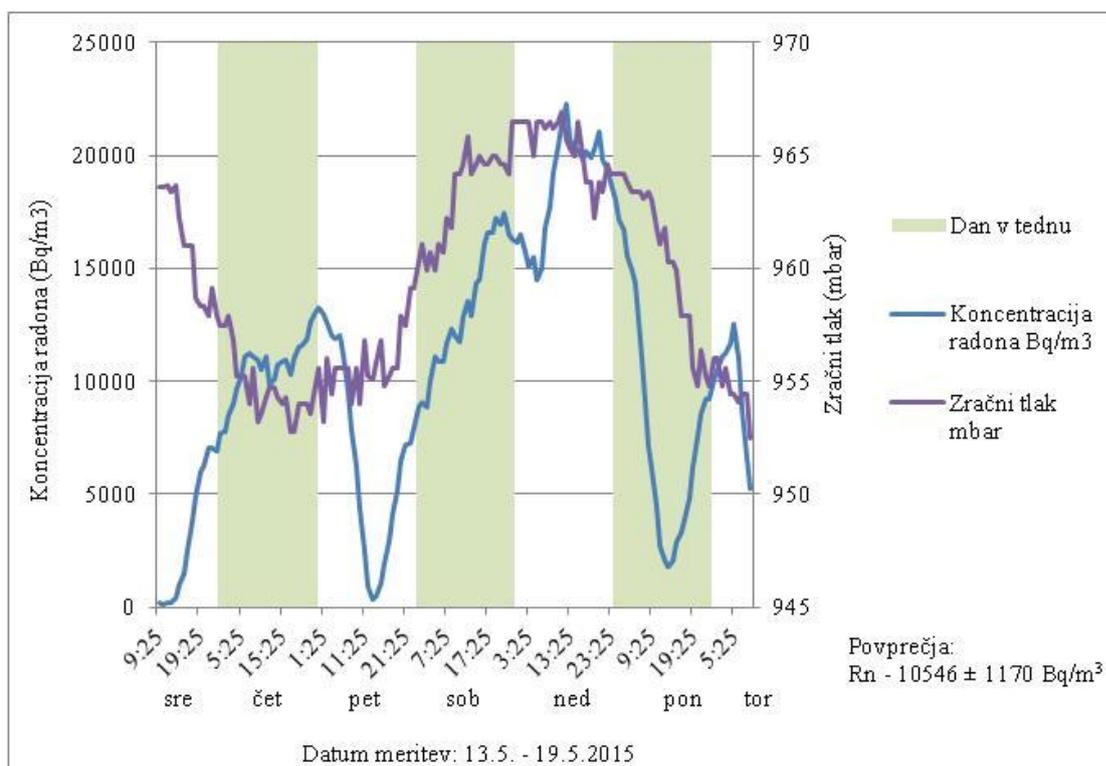


**Slika 8. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v  $\text{Bq/m}^3$**

Lokacija merjenja: OŠ F. Prešerna, Ribnica, knjižnica v stavbi A

Datum meritve: 13.5.2015 do 19.5.2015

Merilni instrumenti: RAD7, BWLM 2S



**Slika 9. Koncentracija radona v  $\text{Bq/m}^3$**

Lokacija merjenja: OŠ F. Prešerna, Ribnica, u ilnica CK2 v stavbi C

Datum meritve: 13.5.2015 do 19.5.2015

Merilni instrumenti: Canary Pro

**Tabela 3. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: OŠ F. Prešerna, Ribnica, knjižnica v stavbi A

Datum meritve: 13.5.2015 do 19.5.2015

Merilni instrumenti: RAD7, BWLM 2S

Ura	Koncentracija radona Bq/m <sup>3</sup>	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F	Delež nevezanih potomcev fp
9:25	37	15	0,55	0,049
10:25		25		0,056
11:25	26	22	0,71	0,060
12:25		15		0,052
13:25	16	13	0,82	0,072
14:25		13		0,085
15:25	19	15	0,87	0,073
16:25		19		0,062
17:25	33	23	0,80	0,057
18:25		30		0,059
19:25	49	35	0,78	0,066
20:25		41		0,062
21:25	48	46	1,00	0,059
22:25		51		0,064
23:25	64	55	0,91	0,055
0:25		61		0,070
1:25	90	64	0,73	0,075
2:25		67		0,069
3:25	88	71	0,84	0,076
4:25		77		0,071
5:25	95	81	0,86	0,060
6:25		83		0,073
7:25	63	79	0,96	0,069
8:25		43		0,059
9:25	26	21	0,69	0,066
10:25		15		0,066
11:25	16	15	0,94	0,048
12:25		16		0,068
13:25	32	17	0,52	0,070
14:25		16		0,061
15:25	29	18	0,73	0,062
16:25		24		0,063
17:25	40	30	0,80	0,062
18:25		34		0,062
19:25	47	41	0,92	0,058
20:25		45		0,070
21:25	56	52	0,94	0,070
22:25		55		0,062
23:25	68	58	0,87	0,080
0:25		60		0,069
1:25	83	66	0,80	0,078
2:25		67		0,086
3:25	77	68	0,89	0,075
4:25		69		0,092

5:25	75	70	0,93	0,085
6:25		70		0,083
7:25	65	70	0,87	0,075
8:25		43		0,084
9:25	23	24	0,97	0,091
10:25		20		0,084
11:25	31	19	0,64	0,087
12:25		21		0,072
13:25	31	22	0,65	0,089
14:25		18		0,100
15:25	14	17	1,22	0,079
16:25		18		0,094
17:25	17	19	1,25	0,089
18:25		24		0,108
19:25	61	26	0,47	0,086
20:25		31		0,106
21:25	58	37	0,66	0,107
22:25		39		0,113
23:25	63	43	0,70	0,112
0:25		45		0,120
1:25	97	46	0,50	0,113
2:25		50		0,116
3:25	63	50	0,82	0,104
4:25		53		0,117
5:25	84	54	0,66	0,109
6:25		56		0,111
7:25	77	58	0,76	0,124
8:25		59		0,112
9:25	106	62	0,59	0,117
10:25		63		0,117
11:25	84	66	0,80	0,099
12:25		68		0,109
13:25	90	68	0,77	0,098
14:25		72		0,102
15:25	100	70	0,70	0,102
16:25		72		0,101
17:25	75	74	0,98	0,097
18:25		72		0,101
19:25	94	75	0,80	0,104
20:25		76		0,101
21:25	76	77	0,98	0,101
22:25		73		0,094
23:25	91	72	0,80	0,095
0:25		73		0,085
1:25	106	74	0,71	0,084
2:25		77		0,083
3:25	106	78	0,76	0,081
4:25		83		0,089
5:25	122	86	0,69	0,085
6:25		83		0,086
7:25	131	85	0,66	0,084
8:25		89		0,078
9:25	133	91	0,67	0,084

10:25		88		0,089
11:25	133	86	0,64	0,097
12:25		85		0,107
13:25	106	80	0,76	0,106
14:25		81		0,103
15:25	111	80	0,71	0,097
16:25		78		0,092
17:25	101	77	0,75	0,088
18:25		75		0,089
19:25	99	74	0,77	0,100
20:25		79		0,089
21:25	80	79	0,98	0,091
22:25		79		0,083
23:25	102	78	0,79	0,077
0:25		81		0,080
1:25	119	86	0,74	0,077
2:25		89		0,070
3:25	126	94	0,76	0,065
4:25		97		0,067
5:25	121	98	0,81	0,069
6:25		98		0,069
7:25	99	102	0,92	0,059
8:25		79		0,051
9:25	35	51	1,13	0,051
10:25		29		0,047
11:25	44	21	0,44	0,068
12:25		18		0,121
13:25	32	21	0,65	0,104
14:25		21		0,077
15:25	41	25	0,70	0,082
16:25		33		0,082
17:25	73	40	0,58	0,081
18:25		45		0,074
19:25	46	43	0,96	0,058
20:25		45		0,078
21:25	56	50	0,93	0,068
22:25		55		0,060
23:25	72	60	0,88	0,063
0:25		66		0,064
1:25	104	72	0,71	0,058
2:25		75		0,058
3:25	99	80	0,83	0,052
4:25		84		0,053
5:25	128	90	0,72	0,056
6:25		95		0,060
7:25	127	93	0,37	0,058

**Tabela 4. Koncentracija radona v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: OŠ F. Prešerna, Ribnica, u ilnica CK2 v stavbi C

Datum meritve: 13.5.2015 do 19.5.2015

Merilni instrumenti: Canary Pro

Ura	Konc. radona Bq/m <sup>3</sup>						
9:25	167	6:25	11165	2:25	15689	22:25	9247
10:25	137	7:25	9491	3:25	15057	23:25	9236
11:25	170	8:25	7830	4:25	15461	0:25	10088
12:25	196	9:25	6282	5:25	14489	1:25	10544
13:25	384	10:25	4382	6:25	14973	2:25	11091
14:25	972	11:25	2504	7:25	16760	3:25	11231
15:25	1507	12:25	942	8:25	17718	4:25	11702
16:25	2523	13:25	320	9:25	19238	5:25	12567
17:25	3826	14:25	488	10:25	20371	6:25	11005
18:25	4917	15:25	1060	11:25	21328	7:25	8795
19:25	6004	16:25	1963	12:25	22304	8:25	6634
20:25	6291	17:25	2958	13:25	20746	9:25	5230
21:25	7051	18:25	4073	14:25	20155		
22:25	7061	19:25	5205	15:25	20287		
23:25	6882	20:25	6510	16:25	19837		
0:25	7689	21:25	7174	17:25	20167		
1:25	7766	22:25	7254	18:25	19892		
2:25	8465	23:25	7933	19:25	20238		
3:25	9007	0:25	8850	20:25	21068		
4:25	9626	1:25	9058	21:25	19832		
5:25	10324	2:25	8882	22:25	19369		
6:25	11102	3:25	10036	23:25	18802		
7:25	11248	4:25	11123	0:25	18000		
8:25	11070	5:25	10870	1:25	17128		
9:25	10914	6:25	10849	2:25	16749		
10:25	10518	7:25	11704	3:25	15581		
11:25	11058	8:25	12317	4:25	14948		
12:25	9869	9:25	12067	5:25	14322		
13:25	10106	10:25	11748	6:25	11858		
14:25	10728	11:25	12843	7:25	10054		
15:25	10864	12:25	13558	8:25	7132		
16:25	10931	13:25	12928	9:25	6094		
17:25	10304	14:25	14374	10:25	4471		
18:25	10997	15:25	14520	11:25	2740		
19:25	11528	16:25	16040	12:25	2100		
20:25	11601	17:25	16607	13:25	1808		
21:25	11922	18:25	16596	14:25	2103		
22:25	12629	19:25	17222	15:25	2893		
23:25	13023	20:25	16956	16:25	3323		
0:25	13288	21:25	17458	17:25	3886		
1:25	12970	22:25	16477	18:25	4809		
3:25	12025	23:25	16319	19:25	6178		
4:25	11865	0:25	16166	20:25	7570		
5:25	12032	1:25	16501	21:25	8559		

Iz slike 8 vidimo, da je bila koncentracija radona v knjižnici (stavba A) ves čas izvajanja meritev nizka. Razlog je v tem, da je ventilator vklopljen 24 ur na dan, tudi preko vikenda, kar je bila zahteva ZAG.

Stavba C je bila toplotno izolirana, v u ilnici CK3 je bil instaliran sistem za rekuperacijo, ki ustvarja nadtlak v u ilnici. Izvajali smo meritve koncentracije radona v u ilnici CK2 na drugi strani stavbe, ki še nima urejene rekuperacije (Slika 9). Iz slike je vidno, da je koncentracija radona v u ilnici nizka, ko je v u ilnici pouk in so okna odprta. Iz slike tudi vidimo, da je koncentracija radona v u ilnici obratno sorazmerna z zra nim tlakom. Pri znižanju zra nega tlaka zunanjega zraka se zaradi delovanja ventilatorja spremeni tla na razlika med zrakom pod temeljno ploš o in zrakom v u ilnici, ki povzro i povišanje koncentracije radona v u ilnici. Konec tedna znižajo jakost ventilatorja na minimum oziroma ga celo ugasnejo. Takrat koncentracija radona v u ilnici mo no naraste in sorazmerno sledi spremembi zra nega tlaka.

Na podlagi opravljenih meritev koncentracije radona z detektorji sledi (Tabela 2) in merilnimi instrumenti v stavbi A smatramo, da je sanacija uspešna. Na podlagi meritev koncentracije radona z detektorji sledi (Tabela 2) in merilnimi instrumenti v stavbi C predlagamo, da se tudi v u ilnici CK2 uredi sistem za rekuperacijo.

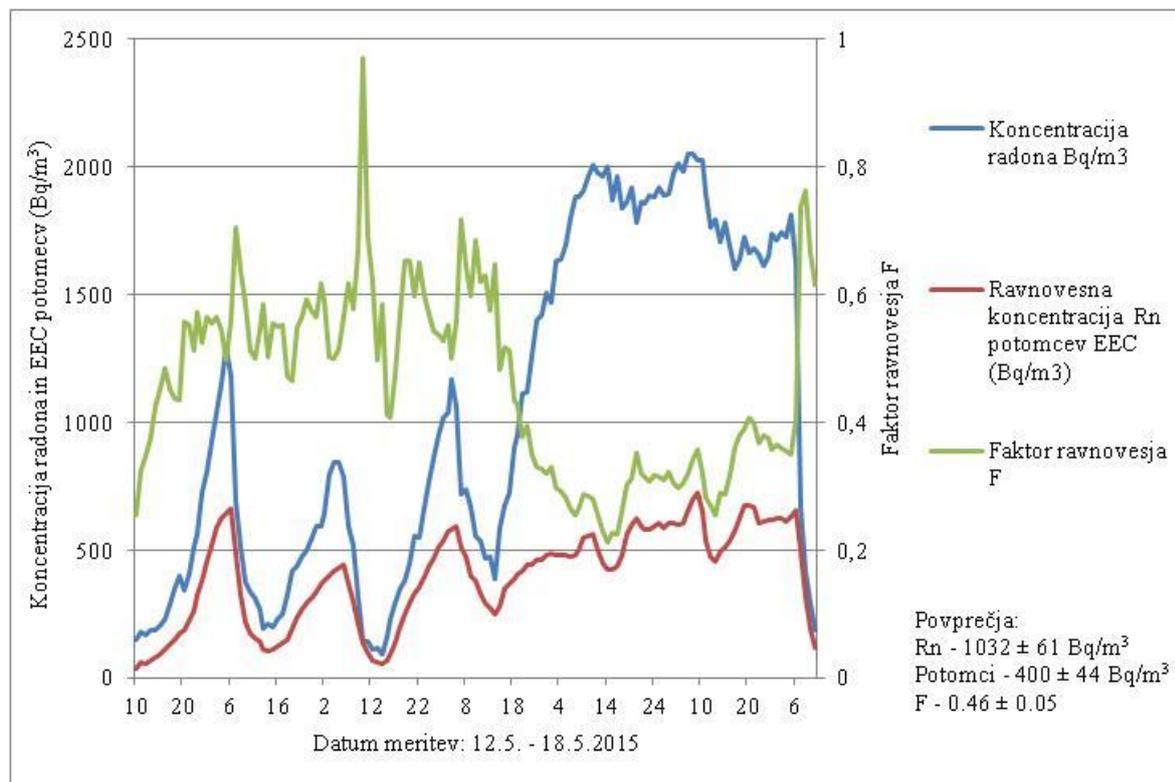
### 5.1.2. OŠ Sostro, PŠ Jan e

V PŠ Jan e smo dolo ali koncentracijo radona z detektorji sledi v u ilnici 1 v letih 2014 in 2015. Povpre na koncentracija v asu izvajanja meritev je bila v letu 2014 enaka  $876 \pm 110$  Bq/m<sup>3</sup>, v letu 2015 pa  $1833 \pm 230$  Bq/m<sup>3</sup> (Tabela 2). Povpre na koncentracija radona v sosednji u ilnici (u ilnica 2) v letu 2015 je bila enaka  $327 \pm 50$  Bq/m<sup>3</sup> (Tabela 2).

V u ilnici 1 smo dolo ali koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v obdobju od 12.5. – 18.5.2105. Povpre na koncentracija radona v asu izvajanja meritev je bila  $1032 \pm 61$  Bq/m<sup>3</sup>, povpre na ravnovesna koncentracija radonovih potomcev v asu izvajanja meritev je bila  $400 \pm 44$  Bq/m<sup>3</sup>, povpre ni faktor ravnovesja je bil  $0.46 \pm 0.5$  (Slika 10, Tabela 5).

Stavba šole je obnovljena, izolacija je nova, okna so nova, po tleh je parket, razpok ni videti. Sifonov tleh ni, odtoki za vodo so v stenah. U ilnici 1 in 2 sta na nepodkletenem delu šole. Objekt je nekoliko dvignjen od tal, tako je možen dostop pod temeljno ploš o.

Predlagamo, da se preveri možnost vgradnje sistema za prezra evanje pod temeljno ploš o v u ilnici 1. Po izjavah zaposlenih naj bi bil v u ilnici 1 v notranji steni tudi dimnik. V kolikor trditev drži, predlagamo, da se preveri, e je možno vgraditi cev za izsesavanje zraka izpod temeljne ploš e v dimnik.



**Slika 10. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: OŠ Sostro, PŠ Jan e, u ilnica 1

Datum meritve: 12.5.2015 - 18.5.2015

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, Doseman Pro 211

**Tabela 5. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: OŠ Sostro, PŠ Jan e, u ilnica 1

Datum meritve: 12.5.2015 - 18.5.2015

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, Doseman Pro 211

Ura	Koncentracija radona Bq/m <sup>3</sup>	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
10	151	39	0,26
11	184	60	0,32
12	168	59	0,35
13	190	71	0,38
14	190	81	0,42
15	207	94	0,45
16	231	112	0,49
17	290	131	0,45
18	350	153	0,44
19	398	173	0,44
20	342	191	0,56
21	406	225	0,55
22	510	262	0,51
23	564	323	0,57
24	728	381	0,52
1	808	456	0,56

2	928	516	0,56
3	1040	587	0,56
4	1152	627	0,54
5	1296	645	0,50
6	1184	663	0,56
7	692	488	0,71
8	512	326	0,64
9	378	221	0,59
10	338	173	0,51
11	314	157	0,50
12	266	145	0,55
13	194	113	0,59
14	212	106	0,50
15	198	110	0,56
16	230	126	0,55
17	250	138	0,55
18	324	153	0,47
19	418	194	0,46
20	436	239	0,55
21	474	268	0,57
22	500	296	0,59
23	544	312	0,57
24	592	335	0,57
1	592	366	0,62
2	644	380	0,59
3	792	399	0,50
4	844	421	0,50
5	844	434	0,51
6	788	446	0,57
7	592	366	0,62
8	516	298	0,58
9	316	212	0,67
10	141	137	0,97
11	147	102	0,69
12	113	70	0,62
13	120	60	0,50
14	94	55	0,59
15	164	68	0,41
16	232	95	0,41
17	296	140	0,47
18	350	199	0,57
19	384	250	0,65
20	452	295	0,65
21	556	332	0,60
22	548	357	0,65
23	660	395	0,60
24	772	440	0,57
1	860	467	0,54
2	952	512	0,54
3	1016	537	0,53
4	1040	574	0,55
5	1168	584	0,50
6	1064	593	0,56

7	716	514	0,72
8	740	477	0,65
9	672	401	0,60
10	556	381	0,69
11	536	332	0,62
12	468	295	0,63
13	476	274	0,58
14	390	253	0,65
15	588	283	0,48
16	676	350	0,52
17	724	371	0,51
18	900	391	0,43
19	952	407	0,43
20	1112	421	0,38
21	1120	442	0,39
22	1264	441	0,35
23	1400	463	0,33
24	1416	463	0,33
1	1504	480	0,32
2	1472	486	0,33
3	1632	484	0,30
4	1640	481	0,29
5	1696	479	0,28
6	1800	476	0,26
7	1880	480	0,26
8	1880	500	0,27
9	1904	549	0,29
10	1960	559	0,29
11	2008	562	0,28
12	1976	502	0,25
13	1960	452	0,23
14	2000	426	0,21
15	1872	425	0,23
16	1960	439	0,22
17	1840	482	0,26
18	1864	565	0,30
19	1920	598	0,31
20	1784	627	0,35
21	1864	594	0,32
22	1856	584	0,31
23	1888	579	0,31
24	1880	596	0,32
1	1920	606	0,32
2	1888	586	0,31
3	1896	610	0,32
4	1976	604	0,31
5	2016	599	0,30
6	1984	606	0,31
7	2048	654	0,32
8	2048	700	0,34
9	2024	723	0,36
10	2024	648	0,32
11	1896	536	0,28

12	1760	474	0,27
13	1792	459	0,26
14	1704	496	0,29
15	1784	514	0,29
16	1688	538	0,32
17	1600	577	0,36
18	1640	625	0,38
19	1728	673	0,39
20	1664	677	0,41
21	1680	669	0,40
22	1656	610	0,37
23	1616	614	0,38
24	1648	620	0,38
1	1736	619	0,36
2	1712	626	0,37
3	1744	626	0,36
4	1728	614	0,36
5	1816	634	0,35
6	1624	656	0,40
7	672	496	0,74
8	416	317	0,76
9	294	195	0,66
10	190	117	0,62

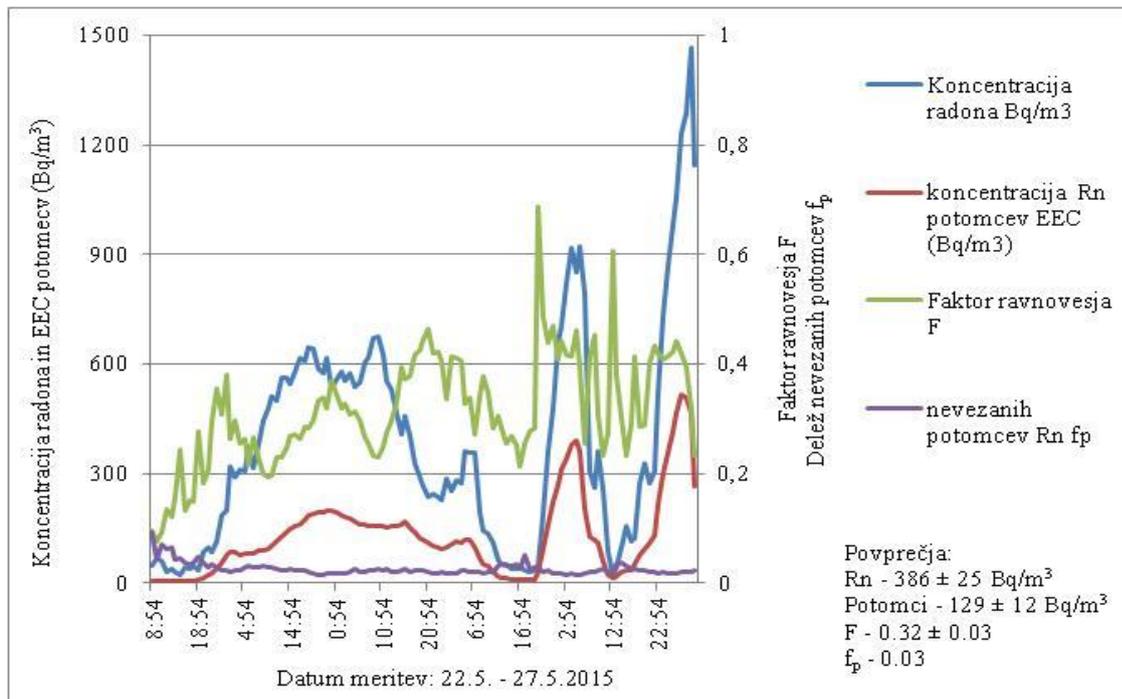
### 5.1.3. VVO Idrija, Enota Spodnja Idrija

Vrtec v Spodnji Idriji je star objekt. V igralnicah je parket, ob robovih so na nekaterih mestih vidne razpoke. Po hodnikih je vidno razpokana betonska ploš a.

Meritve koncentracije radona smo izvajali v igralnici 1 (Polžki). Razpok v tleh ni videti. Igralnica je povezana z umivalnico in sanitarijami. Pri ogledu smo ugotovili, da sifona ni, ampak gre cev v prazno greznico, ki je ob zunanji steni vrtca, od tod pa direktno v kanalizacijo. Greznica predstavlja velik vir radona in od ugodnih vremenskih pogojev (nizek zra ni tlak) ali ogrevanju vrtca prihaja skozi umivalnico v igralnico vrtca veliko radona.

V vrtcu v Spodnji Idriji smo dolo ali koncentracijo radona z detektorji sledi v igralnici 1 v letih 2014 in 2015. Povpre na koncentracija v asu izvajanja meritev je bila v letu 2014 enaka  $816 \pm 100 \text{ Bq/m}^3$ , v letu 2015 pa  $471 \pm 70 \text{ Bq/m}^3$  (Tabela 2).

V igralnici 1 smo dolo ali koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v obdobju od 22.5. – 27.5.2105. Povpre na koncentracija radona v igralnici 1 v asu izvajanja meritev je bila  $386 \pm 25 \text{ Bq/m}^3$ , povpre na ravnovesna koncentracija radonovih potomcev v asu izvajanja meritev je bila  $129 \pm 12 \text{ Bq/m}^3$ , povpre ni faktor ravnovesja je bil  $0.32 \pm 0.03$ , povpre ni delež nevezanih potomcev radona je bil 0.03 (Slika 11, Tabela 6).



**Slika 11. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: VVO Idrija, Enota Spodnja Idrija, igralnica 1

Datum meritve: 22.5.2015 - 27.5.2015

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, BWLM 2S

**Tabela 6. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: VVO Idrija, Enota Spodnja Idrija, igralnica 1

Datum meritve: 22.5.2015 - 27.5.2015

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, BWLM 2S

Ura	Konc. radona Bq/m <sup>3</sup>	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F	Delež nevezanih potomcev f <sub>p</sub>
8:54	48	5	0,09	0,09
9:54	70	5	0,08	0,04
10:54	62	6	0,09	0,07
11:54	33	4	0,13	0,06
12:54	39	5	0,12	0,06
13:54	33	5	0,16	0,04
14:54	23	6	0,24	0,05
15:54	44	6	0,13	0,04
16:54	38	6	0,15	0,04
17:54	49	7	0,15	0,04
18:54	34	9	0,28	0,05
19:54	85	15	0,18	0,04
20:54	99	21	0,21	0,03
21:54	86	25	0,29	0,03
22:54	113	40	0,35	0,03
23:54	186	57	0,31	0,02
0:54	200	76	0,38	0,02
1:54	320	85	0,26	0,02
2:54	290	86	0,30	0,02

3:54	310	79	0,25	0,02
4:54	306	80	0,26	0,03
5:54	372	80	0,21	0,03
6:54	314	83	0,26	0,03
7:54	380	88	0,23	0,03
8:54	444	89	0,20	0,03
9:54	480	93	0,19	0,03
10:54	512	101	0,20	0,03
11:54	498	114	0,23	0,03
12:54	564	129	0,23	0,02
13:54	564	139	0,25	0,02
14:54	544	146	0,27	0,03
15:54	580	157	0,27	0,02
16:54	616	162	0,26	0,02
17:54	608	173	0,28	0,02
18:54	648	184	0,28	0,02
19:54	640	190	0,30	0,02
20:54	588	196	0,33	0,02
21:54	576	194	0,34	0,02
22:54	616	197	0,32	0,02
23:54	532	197	0,37	0,02
0:54	560	193	0,35	0,02
1:54	580	185	0,32	0,02
2:54	556	182	0,33	0,02
3:54	576	177	0,31	0,02
4:54	536	169	0,31	0,03
5:54	548	162	0,30	0,02
6:54	604	161	0,27	0,02
7:54	616	156	0,25	0,02
8:54	672	156	0,23	0,02
9:54	676	156	0,23	0,03
10:54	624	155	0,25	0,02
11:54	556	152	0,27	0,03
12:54	528	156	0,30	0,02
13:54	468	155	0,33	0,02
14:54	408	161	0,39	0,02
15:54	456	170	0,37	0,02
16:54	404	152	0,38	0,02
17:54	330	138	0,42	0,02
18:54	290	123	0,42	0,02
19:54	264	118	0,45	0,02
20:54	235	109	0,46	0,02
21:54	245	103	0,42	0,02
22:54	234	99	0,42	0,02
23:54	229	93	0,41	0,02
0:54	286	96	0,34	0,02
1:54	253	104	0,41	0,02
2:54	282	116	0,41	0,02
3:54	272	110	0,40	0,02
4:54	362	119	0,33	0,02
5:54	356	120	0,34	0,02
6:54	358	97	0,27	0,02
7:54	196	67	0,34	0,02

8:54	142	54	0,38	0,02
9:54	134	47	0,35	0,02
10:54	112	32	0,28	0,02
11:54	66	20	0,30	0,03
12:54	50	14	0,28	0,04
13:54	54	14	0,25	0,03
14:54	41	11	0,27	0,03
15:54	39	10	0,25	0,03
16:54	46	10	0,21	0,03
17:54	34	9	0,25	0,05
18:54	29	8	0,28	0,03
19:54	37	10	0,28	0,03
20:54	48	33	0,69	0,03
21:54	192	93	0,49	0,02
22:54	362	159	0,44	0,02
23:54	478	224	0,47	0,02
0:54	660	270	0,41	0,02
1:54	704	312	0,44	0,02
2:54	820	342	0,42	0,02
3:54	916	380	0,42	0,02
4:54	852	392	0,46	0,02
5:54	924	364	0,39	0,02
6:54	792	201	0,25	0,02
7:54	308	126	0,41	0,02
8:54	260	118	0,45	0,02
9:54	360	111	0,31	0,02
10:54	258	60	0,23	0,03
11:54	87	24	0,27	0,02
12:54	23	14	0,61	0,02
13:54	45	17	0,38	0,04
14:54	96	29	0,30	0,04
15:54	155	36	0,23	0,03
16:54	116	34	0,29	0,03
17:54	121	50	0,42	0,03
18:54	272	78	0,29	0,02
19:54	330	95	0,29	0,02
20:54	274	110	0,40	0,02
21:54	308	133	0,43	0,02
22:54	516	216	0,42	0,02
23:54	728	297	0,41	0,02
0:54	868	358	0,41	0,02
1:54	980	414	0,42	0,02
2:54	1056	468	0,44	0,02
3:54	1232	516	0,42	0,02
4:54	1288	509	0,39	0,02
5:54	1464	468	0,32	0,02
6:54	1144	266	0,23	0,02

V vrtcu smo iskali tudi vire radona. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 7 in na slikah 12, 13, 14, 15. Najvišja koncentracija radona je bila izmerjena v sifonu v umivalnici,  $12000 \pm 1000 \text{ Bq/m}^3$ .

**Tabela 7. Iskanje virov radona**

Lokacija meritev: Vrtec Spodnja Idrija

Datum meritev: 22.5.2015 ob 8:00

Lokacija	Bq/m <sup>3</sup>
Igralnica 1, špranja pod vrati	3500 ± 700
Igralnica 1, sifon v umivalnici	12000 ± 1000
Špranja v tleh na hodniku pred igralnico Petelini	2500 ± 300
Sifon v tleh pred sanitarijami	2600 ± 300



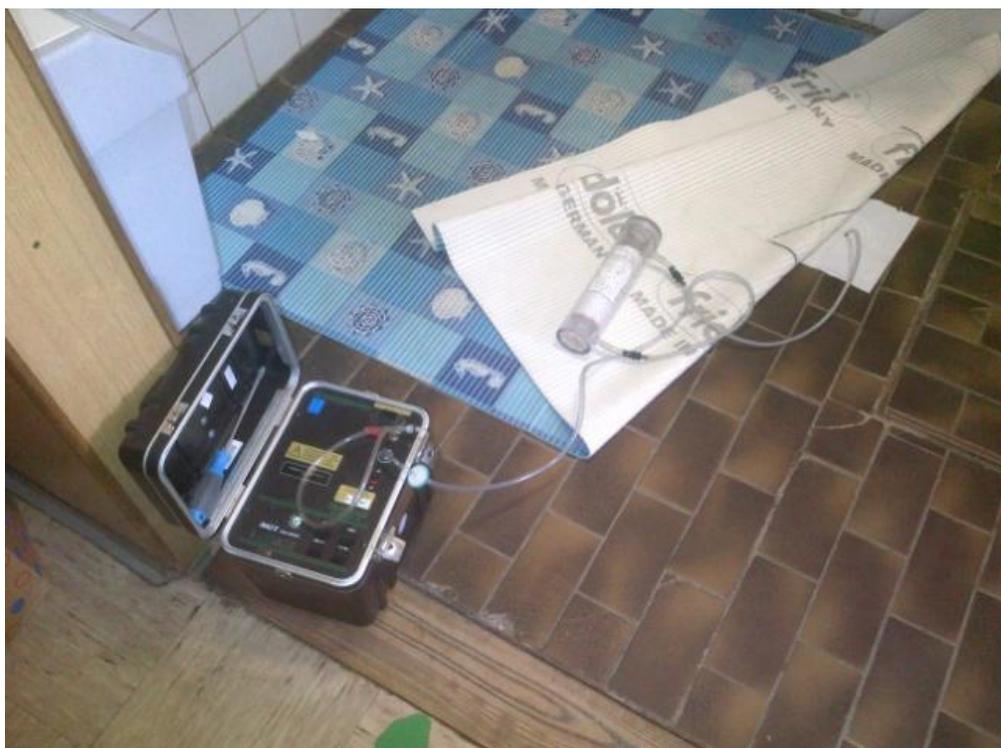
Slika 12. Špranja pod vrati (igralnica 1)



Slika 13. Sifon v umivalnici (igralnica 1)

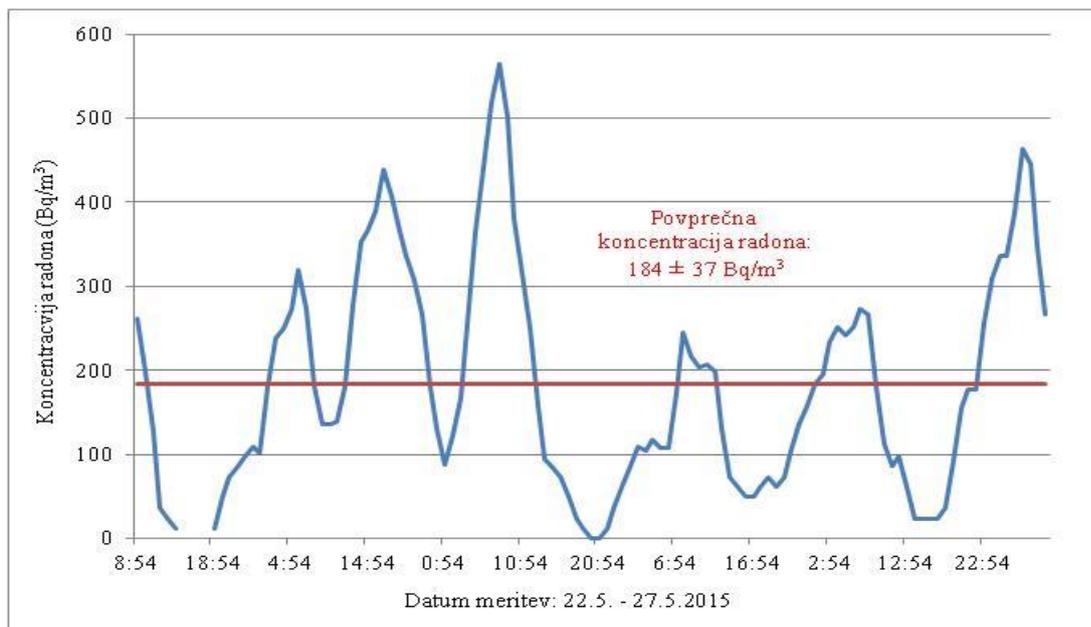


Slika 14. Špranja v tleh na hodniku



Slika 15. Sifon v tleh pred sanitarijama

V obdobju od 22.5. – 27.5.2015 smo izvajali tudi meritve koncentracije radona v igralnici Medvedki. Povpre na koncentracija radona v času meritve je bila  $184 \pm 37 \text{ Bq/m}^3$  (Slika 16, Tabela 8).



**Slika 16. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: VVO Idrija, Enota Spodnja Idrija, igralnica Medvedki

Datum meritve: 22.5.2015 - 27.5.2015

Merilni instrumenti: Canary Pro

**Tabela 8. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: VVO Idrija, Enota Spodnja Idrija, igralnica Medvedki

Datum meritve: 22.5.2015 - 27.5.2015

Merilni instrument: Canary Pro

Ura	Konc. radona Bq/m <sup>3</sup>								
9:54	198	9:54	136	9:54	380	9:54	204	9:54	113
10:54	128	10:54	139	10:54	316	10:54	207	10:54	86
11:54	37	11:54	181	11:54	250	11:54	199	11:54	97
12:54	24	12:54	278	12:54	158	12:54	130	12:54	61
13:54	12	13:54	352	13:54	94	13:54	73	13:54	24
14:54		14:54	366	14:54	85	14:54	61	14:54	24
15:54		15:54	389	15:54	73	15:54	49	15:54	24
16:54		16:54	438	16:54	49	16:54	49	16:54	24
17:54		17:54	408	17:54	24	17:54	61	17:54	37
18:54	12	18:54	366	18:54	12	18:54	73	18:54	93
19:54	49	19:54	336	19:54		19:54	61	19:54	156
20:54	73	20:54	308	20:54		20:54	73	20:54	177
21:54	85	21:54	266	21:54	12	21:54	105	21:54	177
22:54	97	22:54	181	22:54	37	22:54	135	22:54	257
23:54	110	23:54	130	23:54	61	23:54	158	23:54	309
0:54	101	0:54	88	0:54	85	0:54	183	0:54	336
1:54	181	1:54	122	1:54	110	1:54	196	1:54	336
2:54	239	2:54	167	2:54	105	2:54	234	2:54	387
3:54	250	3:54	277	3:54	117	3:54	252	3:54	464
4:54	274	4:54	365	4:54	107	4:54	242	4:54	445
5:54	319	5:54	441	5:54	107	5:54	252	5:54	347
6:54	274	6:54	519	6:54	174	6:54	273	6:54	266
7:54	181	7:54	565	7:54	245	7:54	266		
8:54	135	8:54	502	8:54	217	8:54	181		

Iz rezultatov meritev koncentracije radona z detektorji sledi in merilnimi instrumenti vidimo, da predstavlja največji problem igralnica 1 (Polžki).

Predlagamo, da se nemudoma sanira odtok iz sifona v umivalnici igralnice Polžki in po izvedeni sanaciji ponovno meritve koncentracije radona z detektorji sledi.

#### 5.1.4. OŠ Semi

V OŠ Semi smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v učilnici za gospodinjstvo (učilnica 62, po novem matematika) v letih 2011 do 2015 (Tabela 9).

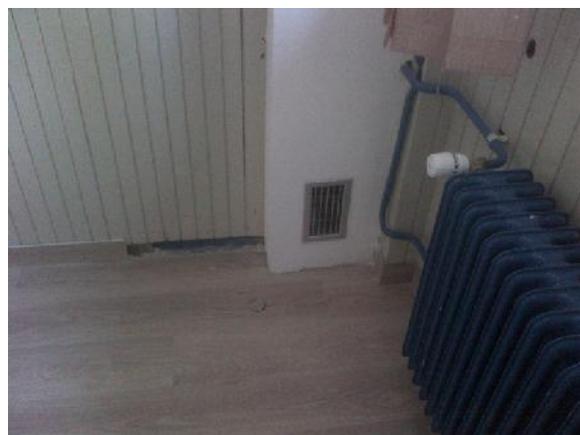
**Tabela 9. Koncentracija radona v OŠ Semi, učilnica gospodinjstvo**

Leto	Bq/m <sup>3</sup>
2010	1330 ± 170
2011	1149 ± 140
2012	1030 ± 130
2013	1070 ± 130
2014	5973 ± 1080
2015	856 ± 110

Na podlagi opravljenih meritev koncentracije radona z detektorji sledi, koncentracije radona in radonovih potomcev ter iskanja virov v učilnici gospodinjstvo so v letu 2015 izvedli sanacijo v učilnici gospodinjstvo in sosednji učilnici. Sanacijo so izvedli tako, da so odstranili staro temeljno ploščo in vgradili novo ter pod njo dodatno vgradili še zaščitno folijo. Po tleh je položen linolej. Obe učilnici sta povezani s sistemom za prezraevanje (Slika 17, Slika 18, Slika 19), ki deluje v dveh stopnjah, podnevi z močnejšo jakostjo ventilatorja, ponoči z nižjo.



Slika 17. Sistem za prezraevanje



Slika 18. Sistem za prezraevanje – dovod zraka

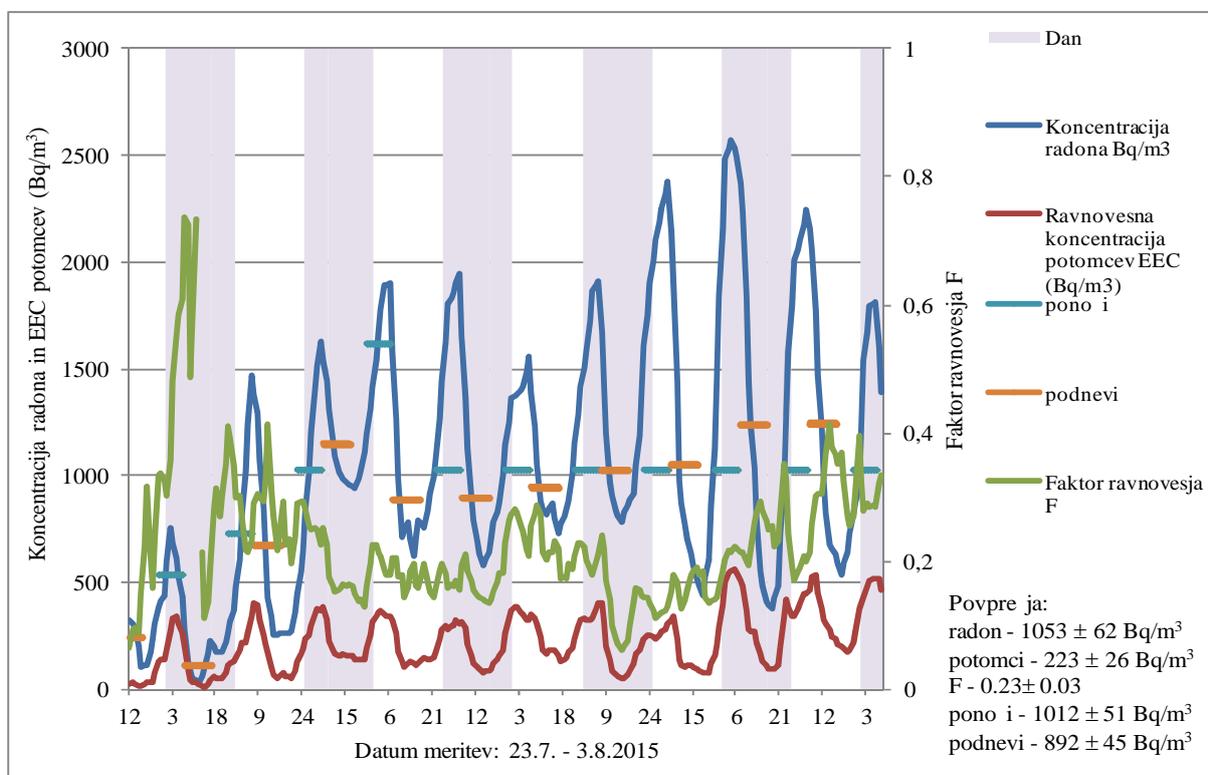


Slika 19. Sistem za prezraevanje – odvod zraka

Po izvedeni sanaciji smo v obdobju od 23.7.2015 do 3.8.2015 ponovili meritve koncentracije radona in radonovih potomcev v u ilnici gospodinjski pouk (u ilnica 62). Rezultati meritev so prikazani na sliki 20 in v tabeli 10.

Povpre na koncentracija radona v asu izvajanja meritev v obdobju od 23.7.2015 do 3.8.2015 je bila  $1053 \pm 62 \text{ Bq/m}^3$ , povpre na ravnovesna koncentracija radonovih potomcev v asu izvajanja meritev je bila  $223 \pm 26 \text{ Bq/m}^3$ , povpre ni faktor ravnovesja je bil  $0.23 \pm 0.03$  (0.06 – 0.74). Faktor ravnovesja je bil nizek, kar je posledica stalnega delovanja sistema za prezra evanje, ki odvaja zrak z radonom iz u ilnic in tako onemogo a nastajanje radonovih potomcev.

Iz slike 20 vidimo, da je koncentracija radona v no nem asu mo no narasla, tudi do  $2500 \text{ Bq/m}^3$ . Povpre na koncentracija radona v no nem asu med 22. in 6. uro zjutraj je bila  $1012 \pm 51 \text{ Bq/m}^3$ , v dnevnem asu med 7 in 16. uro je bila povpre na koncentracija radona  $892 \pm 45 \text{ Bq/m}^3$ .



**Slika 20. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v  $\text{Bq/m}^3$**

Lokacija merjenja: OŠ Semi , u ilnica gospodinjsvo (po novem matematika – u ilnica 62)

Datum meritve: 23.7.2015 do 3.8.2105

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 152

**Tabela 10. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v  $\text{Bq/m}^3$**

Lokacija merjenja: OŠ Semi , u ilnica gospodinjsvo (po novem matematika – u ilnica 62)

Datum meritve: 23.7.2015 do 3.8.2105

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 152

Ura	Koncentracija radona ( $\text{Bq/m}^3$ )	Ravnovesna koncentracija potomcev EEC ( $\text{Bq/m}^3$ )	Faktor ravnovesja F
12	328	21	0,08

13		29	
14	288	28	0,08
15		17	
16	108	16	0,19
17		25	
18	112	36	0,31
19		35	
20	232	37	0,24
21		73	
22	386	129	0,35
23		138	
24	436	141	0,37
1		180	
2	759	271	0,40
3		330	
4	617	340	0,52
5		307	
6	435	265	0,54
7		205	
8	122	89	0,54
9		43	
10	55	31	0,55
11		29	
12	24	24	0,76
13		13	
14	97	11	0,17
15		22	
16	226	42	0,22
17		57	
18	176	55	0,29
19		48	
20	176	53	0,37
21		78	
22	266	109	0,44
23		125	
24	370	130	0,37
1		146	
2	604	181	0,33
3		218	
4	1021	222	0,24
5		266	
6	1469	341	0,25
7		400	
8	1296	396	0,28
9		322	
10	851	251	0,27
11		210	
12	426	176	0,33
13		105	
14	253	68	0,24
15		55	
16	258	63	0,27
17		76	

18	258	58	0,23
19		63	
20	275	54	0,25
21		85	
22	448	130	0,33
23		162	
24	657	193	0,33
1		234	
2	1013	257	0,28
3		301	
4	1404	352	0,26
5		379	
6	1631	368	0,23
7		387	
8	1447	326	0,19
9		231	
10	1166	187	0,15
11		167	
12	1023	160	0,16
13		158	
14	984	162	0,16
15		158	
16	959	157	0,16
17		153	
18	941	141	0,15
19		135	
20	1022	143	0,14
21		143	
22	1199	193	0,19
23		255	
24	1415	319	0,23
1		346	
2	1663	356	0,22
3		369	
4	1890	353	0,18
5		340	
6	1901	339	0,17
7		323	
8	1264	258	0,17
9		173	
10	715	129	0,17
11		108	
12	780	123	0,16
13		129	
14	625	122	0,19
15		113	
16	791	125	0,17
17		139	
18	753	147	0,19
19		139	
20	910	139	0,16
21		144	
22	1080	171	0,19

23		233	
24	1447	282	0,20
1		295	
2	1804	284	0,16
3		301	
4	1858	301	0,17
5		322	
6	1944	302	0,16
7		319	
8	1361	288	0,18
9		208	
10	899	152	0,15
11		124	
12	692	102	0,14
13		91	
14	576	81	0,14
15		84	
16	643	86	0,14
17		99	
18	786	120	0,16
19		138	
20	868	158	0,20
21		183	
22	1145	262	0,26
23		332	
24	1361	372	0,28
1		384	
2	1382	382	0,27
3		356	
4	1415	348	0,24
5		322	
6	1555	322	0,22
7		354	
8	1231	336	0,26
9		303	
10	879	241	0,24
11		181	
12	814	164	0,21
13		180	
14	869	186	0,21
15		185	
16	727	159	0,20
17		132	
18	812	141	0,18
19		146	
20	876	173	0,21
21		191	
22	1156	240	0,23
23		294	
24	1415	325	0,23
1		336	
2	1588	322	0,20
3		326	

4	1868	336	0,19
5		375	
6	1912	404	0,21
7		400	
8	1426	312	0,18
9		204	
10	970	135	0,12
11		89	
12	837	66	0,07
13		56	
14	783	48	0,06
15		54	
16	864	66	0,09
17		87	
18	914	125	0,16
19		165	
20	1188	186	0,16
21		205	
22	1609	232	0,15
23		252	
24	1901	256	0,13
1		243	
2	2106	237	0,12
3		256	
4	2257	269	0,12
5		283	
6	2376	302	0,13
7		323	
8	1912	340	0,15
9		239	
10	973	140	0,13
11		109	
12	769	108	0,14
13		109	
14	632	112	0,17
15		106	
16	521	99	0,18
17		86	
18	442	81	0,18
19		75	
20	604	81	0,17
21		120	
22	1123	158	0,16
23		213	
24	1836	289	0,19
1		397	
2	2484	501	0,21
3		544	
4	2570	551	0,22
5		562	
6	2495	548	0,21
7		507	
8	2236	481	0,19

9		368	
10	1447	280	0,19
11		268	
12	1037	270	0,24
13		220	
14	555	163	0,27
15		134	
16	411	109	0,25
17		98	
18	377	96	0,26
19		96	
20	483	112	0,33
21		203	
22	970	341	0,39
23		421	
24	1588	387	0,23
1		345	
2	2009	342	0,18
3		377	
4	2106	401	0,20
5		450	
6	2246	447	0,20
7		461	
8	2063	529	0,26
9		534	
10	1469	449	0,28
11		373	
12	980	324	0,32
13		303	
14	676	279	0,39
15		248	
16	635	232	0,35
17		206	
18	537	199	0,36
19		191	
20	640	173	0,28
21		186	
22	813	218	0,30
23		275	
24	951	376	0,41
1		401	
2	1544	430	0,30
3		484	
4	1793	509	0,29
5		516	
6	1814	515	0,28
7		518	
8	1393	465	0,17

Vire radona v OŠ Semi smo iskali v u ilnici 62 (matematika), u ilnici 2 (tehnika) in u ilnici 7. U ilnici 2 in 7 se nahajata v novem delu šole in sta najnižje leže i u ilnici na šoli.

Rezultati meritev so prikazani v tabeli 11 in kažejo na to, da so tla pod objektom močan vir radona.

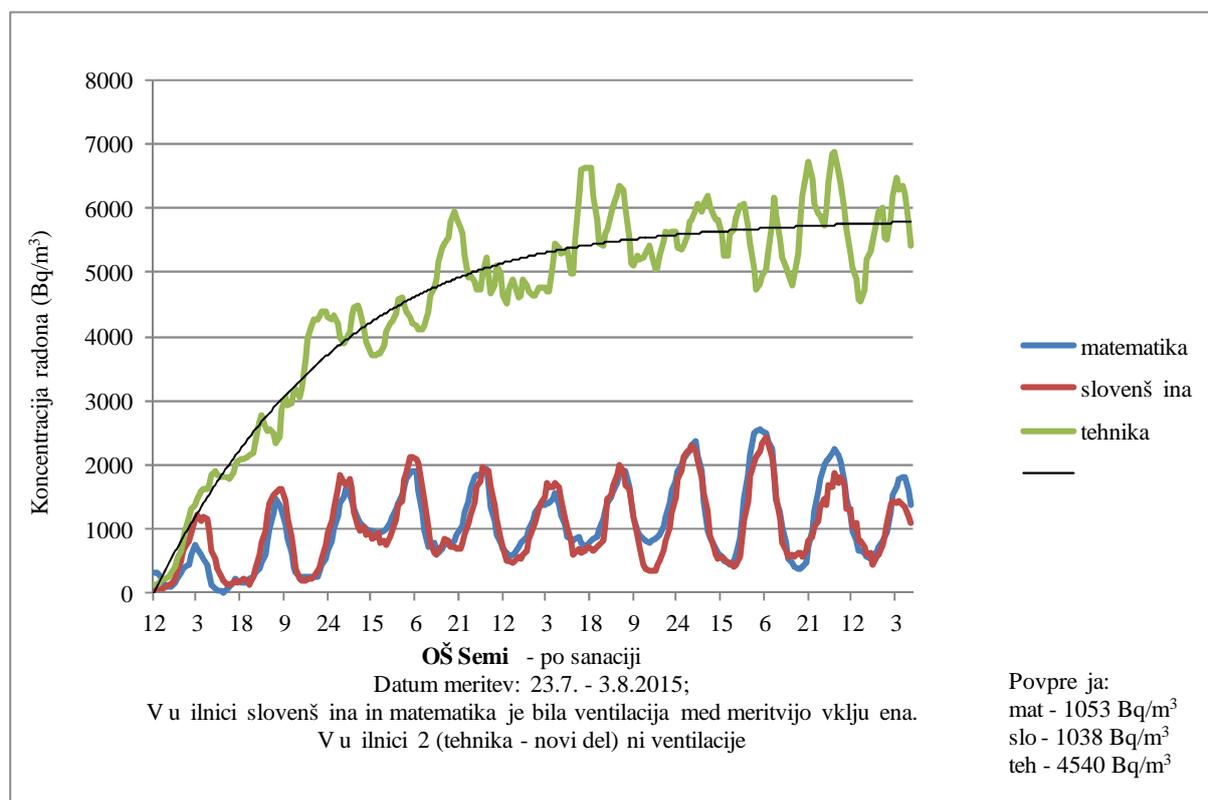
**Tabela 11. Iskanje virov radona**

Lokacija: OŠ Semi

Datum meritev: 23.7.2015

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )
U ilnica 62 (matematika), luknja v tleh ob dovodu svežega zraka	RAD 7	7000 ± 1000
U ilnica 2 (tehnika), špranja ob steni pri vratih	RAD 7	17000 ± 1500
U ilnica 7, špranja ob steni pri vratih	RAD 7	10000 ± 1000

V obdobju od 23.7.2015 do 3.8.2015 smo skupaj z meritvami koncentracije radona v u ilnici gospodinjstvi pouk (u ilnica 62) izvedli še meritve koncentracije radona v u ilnici 2 (tehnika) in u ilnici 63 (slovenščina). U ilnica 63 se nahaja ob u ilnici 62, u ilnica 2 pa je na drugi strani v novem delu šole. Rezultati meritev so prikazani na sliki 21 in v tabeli 12.



**Slika 21. Koncentracija radona v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: OŠ Semi, u ilnica 62 (matematika), u ilnica 63 (slovenščina), u ilnica 2 (tehnika)

Datum meritve: 23.7.2015 do 3.8.2015

Merilni instrumenti: RAD 7, Canary Pro 074, Canary Pro 145

Iz slike 21 vidimo, da je bila koncentracija radona v u ilnici 62 in u ilnici 63 ves čas meritve enaka. Razlog za to je, da se obe u ilnici prezra ujeta z istim sistemom za prezra evanje. U ilnica 2 se nahaja v novem delu šole, kjer so bile zunanje stene dodatno izolirane, tlaki pa ne. U ilnica 7 je bila ves čas meritve zaprta. Iz slike 20 tudi vidimo, da je koncentracija radona v u ilnici ves čas naraš ala, dokler se ni vzpostavilo ravnovesje med prezra evanjem in razpadom radona.

**Tabela 12. Koncentracija radona v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: OŠ Semi , u ilnica 62 (matematika), u ilnica 63 (slovenš ina), u ilnica 2 (tehnika)

Datum meritve: 23.7.2015 do 3.8.2105

Merilni instrumenti: RAD 7, Canary Pro 074, Canary Pro 145

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> ) matematika	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> ) slovenš ina	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> ) tehnika
12	338	73	135
13	313	84	132
14	288	73	153
15	198	64	218
16	108	109	218
17	110	125	252
18	112	139	322
19	172	228	416
20	232	354	534
21	309	508	661
22	386	653	805
23	411	732	980
24	436	831	1182
1	598	950	1317
2	759	1177	1380
3	688	1214	1472
4	617	1140	1591
5	526	1191	1643
6	435	1160	1631
7	279	974	1697
8	122	667	1848
9	89	532	1895
10	55	378	1837
11	40	249	1809
12	24	197	1806
13	61	152	1803
14	97	151	1797
15	161	180	1863
16	226	191	1998
17	201	176	2071
18	176	187	2083
19	176	231	2101
20	176	197	2122
21	221	152	2156
22	266	253	2202
23	318	383	2361
24	370	600	2678
1	487	801	2765
2	604	967	2588
3	812	1248	2519
4	1021	1414	2555
5	1245	1528	2489
6	1469	1564	2333

7	1382	1626	2441
8	1296	1625	2863
9	1074	1449	3047
10	851	1160	2928
11	638	883	2965
12	426	660	3162
13	339	400	3188
14	253	223	3042
15	255	208	3189
16	258	208	3647
17	258	231	3986
18	258	223	4182
19	267	260	4280
20	275	347	4280
21	362	421	4318
22	448	540	4396
23	552	773	4389
24	657	952	4296
1	835	1129	4272
2	1013	1303	4314
3	1209	1634	4213
4	1404	1841	3983
5	1517	1736	3904
6	1631	1681	3958
7	1539	1772	4089
8	1447	1635	4314
9	1307	1269	4454
10	1166	1028	4492
11	1095	980	4376
12	1023	1035	4115
13	1003	922	3913
14	984	930	3775
15	971	850	3713
16	959	878	3712
17	950	931	3724
18	941	783	3751
19	981	811	3867
20	1022	771	4080
21	1110	891	4208
22	1199	970	4243
23	1307	1159	4354
24	1415	1389	4565
1	1539	1452	4614
2	1663	1785	4483
3	1777	1875	4377
4	1890	2126	4286
5	1895	2111	4214
6	1901	2082	4164
7	1582	2039	4127
8	1264	1668	4102
9	989	1441	4187
10	715	1029	4388
11	747	790	4644

12	780	639	4771
13	703	599	4873
14	625	659	5173
15	708	771	5379
16	791	859	5445
17	772	819	5549
18	753	733	5797
19	832	724	5947
20	910	700	5844
21	995	699	5708
22	1080	799	5601
23	1264	901	5248
24	1447	1103	4904
1	1625	1212	4944
2	1804	1419	4870
3	1831	1652	4735
4	1858	1738	4732
5	1901	1968	4989
6	1944	1909	5221
7	1652	1918	4924
8	1361	1658	4680
9	1130	1385	4809
10	899	1166	5093
11	795	859	4987
12	692	712	4642
13	634	519	4520
14	576	498	4723
15	609	475	4888
16	643	525	4805
17	714	576	4615
18	786	554	4647
19	827	591	4873
20	868	659	4805
21	1007	849	4713
22	1145	996	4643
23	1253	1101	4632
24	1361	1316	4775
1	1372	1417	4778
2	1382	1514	4767
3	1399	1706	4710
4	1415	1648	4696
5	1485	1672	5148
6	1555	1716	5458
7	1393	1674	5371
8	1231	1473	5280
9	1055	1148	5332
10	879	1032	5359
11	847	824	4985
12	814	598	4968
13	842	640	5522
14	869	685	6187
15	798	644	6610
16	727	679	6612

17	770	724	6613
18	812	698	6613
19	844	680	6182
20	876	721	5832
21	1016	772	5456
22	1156	834	5401
23	1285	1068	5607
24	1415	1466	5668
1	1501	1521	5926
2	1588	1687	6044
3	1728	1834	6210
4	1868	1997	6348
5	1890	1918	6270
6	1912	1699	6016
7	1669	1629	5529
8	1426	1407	5127
9	1198	1197	5118
10	970	913	5250
11	903	718	5211
12	837	441	5236
13	810	391	5301
14	783	351	5407
15	824	352	5279
16	864	370	5047
17	889	454	5080
18	914	518	5253
19	1051	660	5478
20	1188	820	5628
21	1399	1015	5606
22	1609	1268	5647
23	1755	1488	5640
24	1901	1780	5387
1	2003	1910	5343
2	2106	2130	5427
3	2182	2217	5570
4	2257	2211	5775
5	2317	2320	5817
6	2376	2223	5989
7	2144	2057	6083
8	1912	1827	5954
9	1442	1557	6060
10	973	1294	6188
11	871	927	6048
12	769	723	5891
13	700	617	5814
14	632	550	5820
15	576	572	5604
16	521	543	5250
17	481	486	5269
18	442	486	5588
19	523	407	5669
20	604	451	5842
21	863	578	6029

22	1123	851	6022
23	1480	1116	6072
24	1836	1414	5728
1	2160	1809	5435
2	2484	2020	5065
3	2527	2137	4729
4	2570	2233	4827
5	2533	2356	4944
6	2495	2448	5047
7	2365	2331	5292
8	2236	2125	5755
9	1841	1862	6176
10	1447	1519	5869
11	1242	1170	5499
12	1037	777	5226
13	796	658	5078
14	555	583	4972
15	483	589	4808
16	411	578	4944
17	394	622	5307
18	377	640	5784
19	430	560	6177
20	483	662	6537
21	726	815	6725
22	970	897	6468
23	1279	1050	6057
24	1588	1132	5904
1	1798	1359	5891
2	2009	1458	5742
3	2057	1373	5985
4	2106	1701	6416
5	2176	1655	6842
6	2246	1875	6878
7	2155	1720	6569
8	2063	1814	6417
9	1766	1677	5987
10	1469	1324	5673
11	1224	1309	5278
12	980	1032	5081
13	828	1086	4898
14	676	822	4588
15	656	805	4557
16	635	721	4748
17	586	601	5184
18	537	620	5316
19	589	452	5476
20	640	560	5785
21	727	610	5957
22	813	757	6015
23	882	882	5539
24	951	1075	5515
1	1248	1393	5860
2	1544	1427	6191

3	1669	1425	6466
4	1793	1433	6288
5	1804	1394	6354
6	1814	1358	6210
7	1604	1190	5763
8	1393	1085	5423

Na podlagi opravljenih v OŠ Semi meritev ugotovljamo, da je sanacija u ilnic 62 in 63 neustrezna oziroma, da je ventilacija prešibka, da bi zagotavljala ustrezen nivo koncentracije radona. Meritve koncentracije radona v u ilnici 7 so pokazale, da je koncentracija radona v šoli lahko visoka poleti zaradi kraškega terena, pozimi pa zaradi ogrevanja prostorov. Z dodatno izolacijo vseh zunanjih sten šole se bo koncentracija radona v objektu povišala v vseh prostorih, e se ne bodo ustrežno sanirali tudi tlaki oziroma temeljne ploš e v u ilnicah.

Iz slike 20 vidimo, da je bil povpre ni faktor ravnovesja med meritvijo, ko je delovala ventilacija,  $0,23 \pm 0,03$ , kar je dvakrat manj od obi ajne vrednosti 0,4, ki jo privzemamo za oceno efektivne doze. V tem primeru bi to pomenilo, da je povpre na koncentracija radona  $500 \text{ Bq/m}^3$ , kar pa je še vedno ve od  $400 \text{ Bq/m}^3$ .

Predlagamo meritve koncentracije radona med delovanjem ventilacije z razli no jakostjo v zimskem in spomladanskem asu (v februarju in juniju), da ugotovimo, pri kateri jakosti ventilacije bo koncentracija radona padla na ustrezn nivo.

Predlagamo, da se preveri možnost vgradnje sistema za ventilacijo u ilnic 2 in 7 v novem delu šole, bodisi rekuperacija ali izsesavanje zraka izpod temeljne ploš e.

### 5.1.5. OŠ Nova vas

Na OŠ Nova vas smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v letu 2015 v obdobju od 13.4. do 18.5.2015 in sicer v likovni u ilnici in igralnici vrtca Pikapolonice. Izmerjena koncentracija radona v likovni u ilnici je bila  $5507 \pm 1000 \text{ Bq/m}^3$  (Tabela 2). Zaradi visoke koncentracije radona, izmerjene v likovni u ilnici smo v obdobju od 29.6.2015 do 4.8.2015 ponovili meritve koncentracije radona z detektorji sledi in iskali vi re radona v ve u ilnicah šole in igralnicah vrtca. Izmerjene koncentracije radona so bile visoke. Vrednosti so se gibale od  $1260 \pm 160 \text{ Bq/m}^3$  v u ilnici Sprejem in oddaja otrok do  $6630 \pm 1200 \text{ Bq/m}^3$  v u ilnici 4, jezikovni pouk (Tabela 2). Tudi v u ilnici 7 v prvem nadstropju je bila izmerjena koncentracija radona visoka,  $740 \pm 100 \text{ Bq/m}^3$ . Rezultati iskanja virov radona so prikazani v tabeli 13.

**Tabela 13. Iskanje virov radona**

Lokacija: OŠ Nova vas

Datum meritev: 29.6.2015

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona ( $\text{Bq/m}^3$ )
Igralnica Pikapolonice, luknja v kotu	RAD 7	$700 \pm 200$
Igralnica Pikapolonice, špranja ob steni	Alphaguard 1387	$250 \pm 60$
Igralnica Metulji, luknja v kotu	RAD 7	$4500 \pm 1000$
U ilnica 3, glasbeni pouk, odtok pod umivalnikom	Alphaguard 1387	$7800 \pm 1000$
U ilnica 3, glasbeni pouk, špranja pod tablo	RAD 7	$7600 \pm 1300$
Kabinet socialne delavke, špranja ob steni	RAD 7	$7000 \pm 1200$
U ilnica 4, jezikovni pouk, luknja v kanalu v tleh	Alphaguard 1387	$5500 \pm 450$
U ilnica 4, jezikovni pouk, špranja pod tablo	RAD 7	$5000 \pm 1000$
U ilnica 2, fizika, kemija, špranja pod tablo	Alphaguard 1387	$12100 \pm 900$

U ilnica 2, fizika , kemija, špranja pod oknom	RAD 7	7000 ± 1500
U ilnica 2, fizika , kemija, špranja ob steni nasproti table	RAD 7	30000 ± 2000
U ilnica 5, matematika, špranja pod tablo	Alphaguard 1387	63000 ± 3000
U ilnica 5, matematika, špranja ob zadnji steni	RAD 7	67000 ± 4500
Sprejem in oddaja otrok, špranja ob zadnji steni	Alphaguard 1387	102500 ± 5000
U ilnica tehni na vzgoja, špranja ob umivalniku	RAD 7	10000 ± 1500
Telovadnica, luknja za drog (za mrežo)	RAD 7	2000 ± 500

Izmerjene koncentracije radona v špranjah in luknjah so bile v ve ini u ilnic zelo visoke, kar sovpa da z visokimi koncentracijami radona, ki smo jih izmerili v u ilnicah. Razlog za visoke koncentracije radona v špranjah so kraška tla in razpokani tlaki oziroma temeljne ploš e v u ilnicah.

Predlagamo, da se ponovijo meritve koncentracije radona z detektorji sledi v vseh u ilnicah šole v pritli ju in nekaterih u ilnicah v prvem nadstropju tudi v zimskem obdobju. Potrebno je preveriti tesnjenje tal v u ilnicah in ugotoviti, kakšna je možnost vgradnje sistema (oziroma ve sistemov) za prezra evanje izpod temeljne ploš e.

## 5.2. Ostali objekti

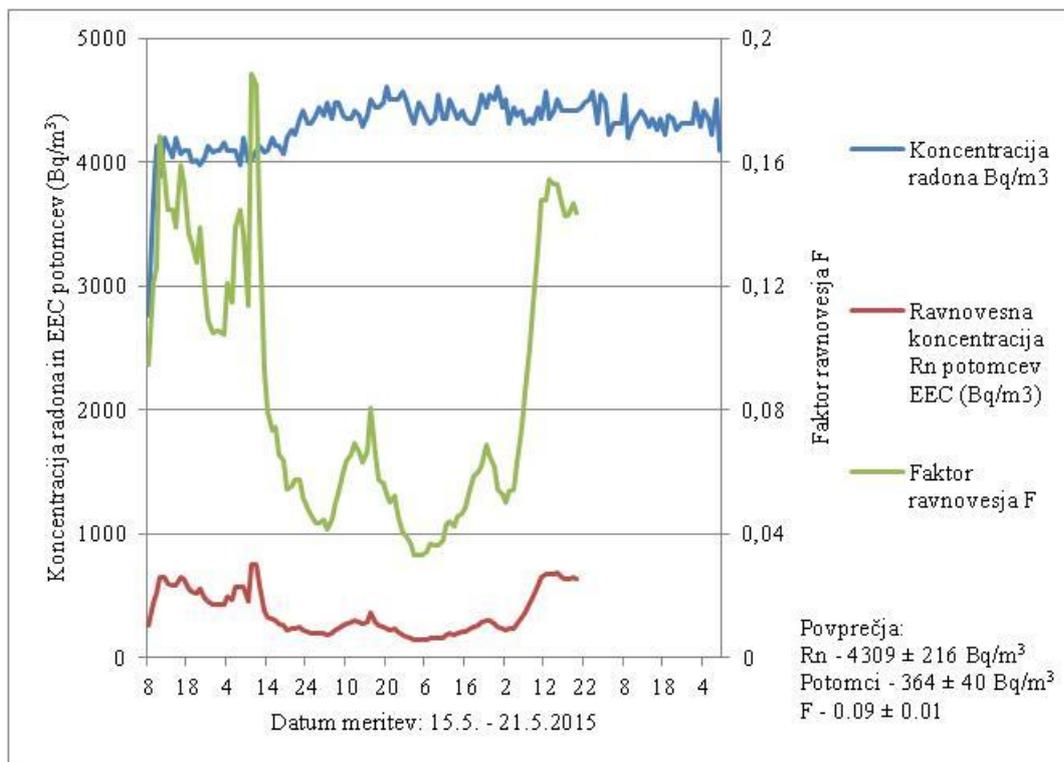
Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi v ostalih objektih in stanovanjih so prikazani v tabeli 16. V enajstih (11) objektih smo postavili šestnajst (16) detektorjev sledi, od tega šest v stanovanjih. V dveh objektih je bila izmerjena koncentracija radona višja od 1000 Bq/m<sup>3</sup>. V dveh stanovanjih je bila izmerjena koncentracija radona višja od 400 Bq/m<sup>3</sup>, (Tabela 14). Z rde o barvo so ozna ene lokacije z izmerjenimi koncentracijami radona, ki so skupaj z negotovostjo (interval zaupanja 65 %) višje od 1000 Bq/m<sup>3</sup> oziroma 400 Bq/m<sup>3</sup>.

**Tabela 14. Koncentracija radona v ostalih objektih in stanovanjih**

Zap. št.	Številka detektorja	Start	Stop	Prostor	Objekt	Konc. radona (Bq/m <sup>3</sup> )
1	986546-0	14.4.2015	22.5.2015	dežurna soba zdravniki	ZD Idrija	71 ± 12
2	985678-2	14.4.2015	21.5.2015	soba 18 a	UKC Ljubljana	1144 ± 140
3	985614-7	15.4.2015	18.5.2015	POO Slovenska vas	Zavod za prestajanje kazni Dob	27 ± 10
4	993371-4	15.4.2015	18.5.2015	1. odd. obsojenca	Zavod za prestajanje kazni Dob	22 ± 6
5	985434-0	29.6.2015	31.8.2015	Objekt A (repcija)	MNZ-GPU	254 ± 40
6	985497-7	29.6.2015	31.8.2015	Objekt B (stikalna ploš a)	MNZ-GPU	282 ± 40
7	986640-1	15.5.2015	16.6.2015	dvorana - kosti, medvedji rov	Društvo ljubitejev Križne jame	3951 ± 600
8	985398-7	15.5.2015	16.6.2015	kalvarija	Društvo ljubitejev Križne jame	4067 ± 610
9	985680-8	16.6.2015	1.9.2015	dvorana - kosti, medvedji rov	Društvo ljubitejev Križne jame	4212 ± 760
10	519726-4	16.6.2015	1.9.2015	kalvarija	Društvo ljubitejev Križne jame	3265 ± 590
11	765625-9	16.4.2015	18.5.2015	Bezjak, pritli je, TLD MB2	Podrekar Maribor	436 ± 60
12	779274-0	15.4.2015	18.5.2015	Dlaka 1. nad., TLD MB1	Podrekar Maribor	160 ± 30
13	986726-8	14.4.2015	18.5.2015	stan. 4, pritli je, TLD MB3	Telebo, Maribor	209 ± 30
14	339068-9	14.4.2015	18.5.2015	stan. 7, 1. nad., TLD MB4	Telebo, Maribor	134 ± 20
15	993370-6	15.4.2015	22.5.2015	otročka soba	Zidari Spodnja Idrija	2838 ± 390
16	985720-2	15.4.2015	22.5.2015	dnevna soba	Zidari Spodnja Idrija	2853 ± 350

\* Vse izmerjene koncentracije radona, ki skupaj z negotovostjo (interval zaupanja k = 2) meritve presegajo 1000 Bq/m<sup>3</sup> za delovno okolje oziroma 400 Bq/m<sup>3</sup> za bivalno okolje, so obarvane rde e



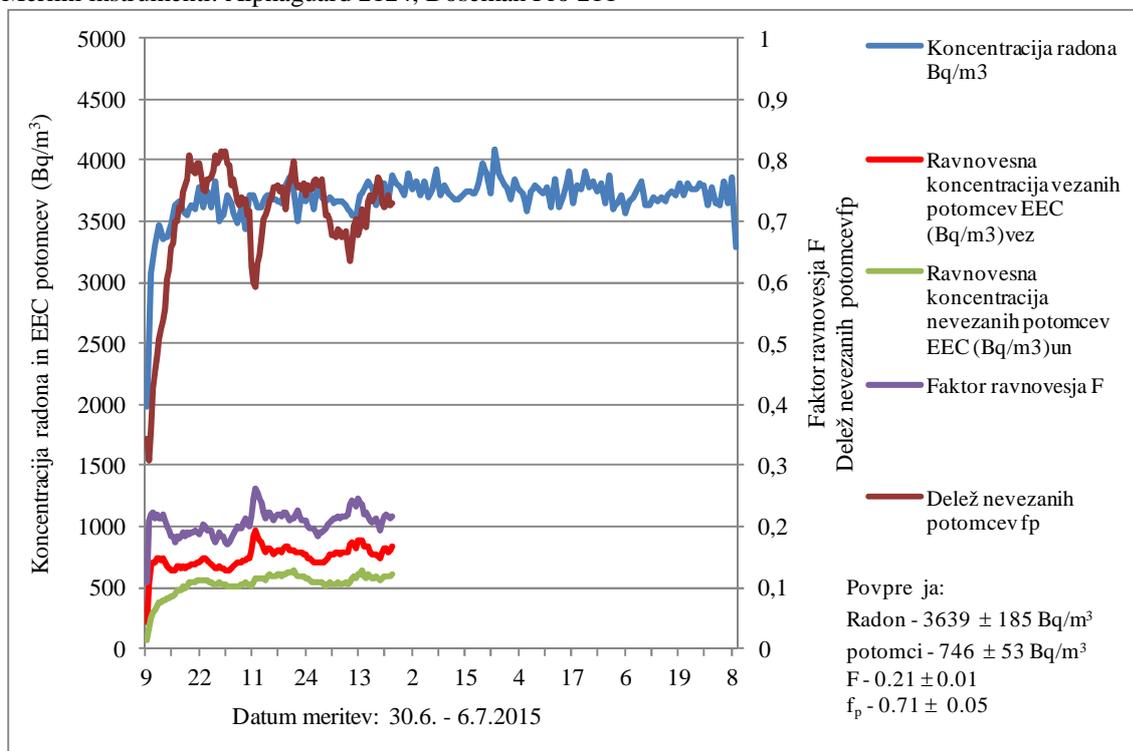


**Slika 23. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: Križna jama, lokacija Kosti

Datum meritve: 15.5.2015 do 21.5.2015

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, Doseman Pro 211



**Slika 24. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: Križna jama, lokacija Kosti

Datum meritve: 30.6.2015 do 6.7.2015

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, BWLM 2S

Iz slik 23 in 24 vidimo, da je bila koncentracija radona ves čas meritve dokaj konstantna, koncentracija radonovih potomcev pa ves čas meritev zelo nizka. Zaradi nizke koncentracije vezanih radonovih potomcev pri prvi meritvi smo pri drugi meritvi določili ali še koncentracijo nevezanih radonovih potomcev. Povprečno izmerjena koncentracija je bila  $0.71 \pm 0.05$  (Slika 24). Razlog za visoko koncentracijo nevezanih radonovih potomcev je nizka koncentracija aerosolov v zraku.

**Tabela 15. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: Križna jama, lokacija Kosti

Datum meritve: 15.5.2015 do 21.5.2015

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, Doseman Pro 211

Ura	Koncentracija radona Bq/m <sup>3</sup>	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
8	2768	262	0,09
9	3680	446	0,12
10	4128	521	0,13
11	3888	654	0,17
12	4192	652	0,16
13	4128	598	0,14
14	4048	586	0,14
15	4192	583	0,14
16	4064	647	0,16
17	4096	629	0,15
18	4096	562	0,14
19	4000	536	0,13
20	4016	514	0,13
21	3984	553	0,14
22	4048	483	0,12
23	4128	449	0,11
24	4080	428	0,10
1	4096	433	0,11
2	4096	433	0,11
3	4160	435	0,10
4	4096	496	0,12
5	4096	470	0,11
6	4096	569	0,14
7	3984	577	0,14
8	4192	574	0,14
9	4000	454	0,11
10	4016	757	0,19
11	4096	758	0,19
12	4128	585	0,14
13	4080	380	0,09
14	4096	326	0,08
15	4192	308	0,07
16	4128	307	0,07
17	4128	270	0,07
18	4064	259	0,06
19	4192	227	0,05
20	4256	236	0,06

21	4224	242	0,06
22	4352	250	0,06
23	4416	228	0,05
24	4320	208	0,05
1	4320	199	0,05
2	4384	191	0,04
3	4448	193	0,04
4	4384	195	0,04
5	4480	186	0,04
6	4352	194	0,04
7	4480	223	0,05
8	4480	240	0,05
9	4384	263	0,06
10	4352	276	0,06
11	4352	285	0,07
12	4416	307	0,07
13	4384	290	0,07
14	4288	270	0,06
15	4384	294	0,07
16	4512	365	0,08
17	4448	293	0,07
18	4448	256	0,06
19	4480	252	0,06
20	4608	242	0,05
21	4512	227	0,05
22	4512	236	0,05
23	4512	207	0,05
24	4576	186	0,04
1	4512	177	0,04
2	4384	161	0,04
3	4320	143	0,03
4	4480	149	0,03
5	4448	147	0,03
6	4352	149	0,03
7	4320	158	0,04
8	4352	157	0,04
9	4544	164	0,04
10	4352	164	0,04
11	4352	186	0,04
12	4512	198	0,04
13	4416	188	0,04
14	4352	199	0,05
15	4416	206	0,05
16	4352	212	0,05
17	4320	238	0,05
18	4320	253	0,06
19	4416	264	0,06
20	4544	282	0,06
21	4448	305	0,07
22	4544	296	0,07
23	4512	278	0,06
24	4608	250	0,05
1	4448	234	0,05

2	4512	226	0,05
3	4320	233	0,05
4	4448	241	0,05
5	4384	277	0,06
6	4416	330	0,07
7	4320	371	0,09
8	4352	438	0,10
9	4320	494	0,11
10	4448	589	0,13
11	4352	644	0,15
12	4576	675	0,15
13	4352	672	0,15
14	4416	675	0,15
15	4512	690	0,15
16	4416	646	0,15
17	4416	631	0,14
18	4416	633	0,14
19	4416	647	0,15
20	4416	635	0,14
21	4448		
22	4480		
23	4512		
24	4576		
1	4320		
2	4544		
3	4480		
4	4224		
5	4320		
6	4320		
7	4320		
8	4544		
9	4192		
10	4320		
11	4352		
12	4416		
13	4384		
14	4288		
15	4352		
16	4256		
17	4352		
18	4224		
19	4384		
20	4352		
21	4256		
22	4320		
23	4320		
24	4320		
1	4320		
2	4480		
3	4288		
4	4416		
5	4352		
6	4224		

7	4512		
8	4096		

**Tabela 16. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: Križna jama, lokacija Kosti

Datum meritve: 30.6.2015 do 6.7.2015

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, BWLM 2S

Ur a	Koncentracija radona Bq/m <sup>3</sup>	Ravnovesna koncentracija vezanih potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> ) <sub>vez</sub>	Ravnovesna koncentracija nevezanih potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> ) <sub>un</sub>	Faktor ravnovesja F	Delež nevezanih potomcev f <sub>p</sub>
9	1976	215	74	0,19	0,34
		528	163		
10	3072	676	241	0,22	0,36
		706	300		
11	3296	702	317	0,22	0,45
		738	353		
12	3472	741	376	0,21	0,51
		723	380		
13	3360	733	393	0,21	0,54
		703	391		
14	3376	679	410	0,20	0,60
		660	411		
15	3472	640	420	0,19	0,66
		647	429		
16	3632	635	445	0,18	0,70
		672	469		
17	3664	666	481	0,18	0,72
		659	475		
18	3584	677	506	0,19	0,75
		658	500		
19	3552	669	515	0,19	0,77
		667	539		
20	3632	685	543	0,19	0,79
		684	535		
21	3600	693	539	0,19	0,78
		707	561		
22	3776	701	558	0,19	0,80
		717	555		
23	3616	734	551	0,20	0,75
		737	552		
24	3744	725	557	0,19	0,77
		712	546		
1	3616	695	536	0,19	0,77
		670	523		
2	3824	658	532	0,17	0,81
		662	525		
3	3504	670	536	0,19	0,80
		651	531		
4	3552	649	525	4,27	0,81
		635	517		

5	3712	633	504	0,17	0,80
		637	504		
6	3648	661	502	0,18	0,76
		672	516		
7	3488	697	510	0,20	0,73
		697	507		
8	3616	709	523	0,20	0,74
		723	527		
9	3440	728	535	0,21	0,74
		735	521		
10	3712	736	526	0,21	0,71
		804	503		
11	3712	912	546	0,25	0,60
		965	572		
12	3616	919	581	0,25	0,63
		892	574		
13	3616	862	580	0,23	0,67
		814	572		
14	3696	790	559	0,22	0,71
		819	590		
15	3712	826	606	0,22	0,73
		797	590		
16	3680	772	584	0,21	0,76
		793	598		
17	3664	801	608	0,22	0,76
		805	603		
18	3648	789	595	0,22	0,75
		826	610		
19	3792	843	607	0,22	0,72
		832	627		
20	3856	811	621	0,21	0,77
		807	627		
21	3744	797	635	0,21	0,80
		793	608		
22	3504	788	595	0,22	0,76
		782	593		
23	3728	780	587	0,10	0,75
24	3664	765	568	0,21	0,74
		745	566		
1	3744	733	553	0,10	0,75
		719	542		
2	3600	707	540	0,19	0,76
		697	536		
3	3792	701	533	0,19	0,76
		709	538		
4	3696	708	545	0,19	0,77
		708	522		
5	3664	717	510	0,20	0,71
		745	528		
6	3696	767	537	0,21	0,70
		769	521		
7	3648	775	524	0,21	0,68
		781	526		

8	3664	789	543	0,21	0,69
		775	530		
9	3664	791	533	0,21	0,67
		781	534		
10	3600	790	517	0,23	0,65
		848	539		
11	3552	865	571	0,24	0,66
		852	590		
12	3536	826	582	0,24	0,70
		884	600		
13	3712	890	615	0,24	0,69
		878	632		
14	3760	830	583	0,22	0,70
		839	578		
15	3824	829	608	0,21	0,73
		793	590		
16	3776	776	569	0,20	0,73
		771	570		
17	3632	776	583	0,21	0,75
		752	580		
18	3808	732	561	0,20	0,77
		788	575		
19	3808	819	593	0,21	0,72
		814	592		
20	3664	788	585	0,22	0,74
		802	584		
21	3872	842	614	0,11	0,73
22	3808				
23	3776				
24	3712				
1	3888				
2	3760				
3	3824				
4	3712				
5	3824				
6	3696				
7	3760				
8	3920				
9	3712				
10	3792				

11	3728				
12	3680				
13	3680				
14	3712				
15	3744				
16	3744				
17	3728				
18	3808				
19	3968				
20	3888				
21	3728				
22	4080				
23	3888				
24	3824				
1	3776				
2	3680				
3	3840				
4	3760				
5	3728				
6	3584				
7	3744				
8	3792				
9	3760				
10	3728				
11	3776				
12	3616				

13	3840				
14	3616				
15	3760				
16	3904				
17	3648				
18	3792				
19	3760				
20	3904				
21	3776				
22	3824				
23	3744				
24	3808				
1	3648				
2	3872				
3	3600				
4	3648				
5	3712				
6	3568				
7	3664				
8	3696				
9	3760				
10	3824				
11	3632				
12	3632				
13	3696				
14	3664				
15	3696				

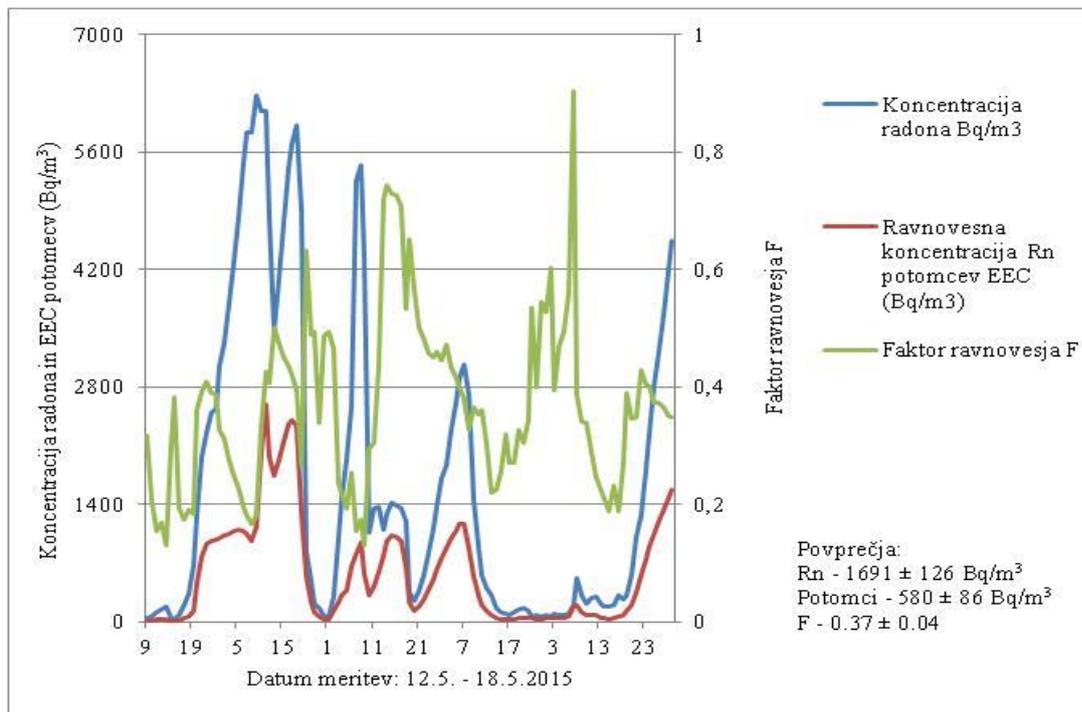
16	3664				
17	3744				
18	3712				
19	3808				
20	3712				
21	3808				
22	3760				
23	3760				
24	3808				
1	3792				
2	3632				
3	3776				
4	3648				
5	3632				
6	3824				
7	3648				
8	3856				
9	3280				

### 5.2.2. Kletno stanovanje, Zidari , Spodnja Idrija

Kletno stanovanje se nahaja v stanovanjskem bloku. V stanovanju sta dve otroški sobi, spalnica in bivalni prostor s kuhinjskim kotom. Vse sobe so povezane z manjšim hodnikom. Na sredini stavbe je v eni od otroških sob dimnik, ki pa ni v uporabi. V tleh ni vidnih razpok.

V letu 2015 (april – maj) smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v otroški sobi in dnevni sobi. Izmerjeni koncentraciji radona sta bili zelo visoki,  $2838 \pm 390 \text{ Bq/m}^3$  in  $2853 \pm 350 \text{ Bq/m}^3$ , zapovrstjo (Tabela 2).

V obdobju od 12.5. – 18.5.2015 smo določili koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v otroški sobi. Povprečna koncentracija radona v času izvajanja meritev je bila  $1691 \pm 126 \text{ Bq/m}^3$ , povprečna ravnotežna koncentracija radonovih potomcev v času izvajanja meritev je bila  $580 \pm 86 \text{ Bq/m}^3$ , povprečni faktor ravnotežja je bil  $0.37 \pm 0.04$  (Slika 25, Tabela 17).



**Slika 25. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: Stanovanje Zidari , Spodnja Idrija, otroška soba

Datum meritve: 12.5.2015 do 18.5.2015

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, Doseman Pro 216

**Tabela 17. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: Stanovanje Zidari , Spodnja Idrija, otroška soba

Datum meritve: 12.5.2015 do 18.5.2015

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, Doseman Pro 216

Ura	Koncentracija radona Bq/m <sup>3</sup>	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
9	35	11	0,32
10	54	11	0,20
11	113	17	0,15
12	141	24	0,17
13	183	24	0,13
14	48	14	0,30
15	29	11	0,38
16	74	14	0,19
17	201	35	0,17
18	332	63	0,19
19	668	122	0,18
20	1272	458	0,36
21	1968	769	0,39
22	2256	923	0,41
23	2480	967	0,39
24	2544	981	0,39
1	3040	991	0,33
2	3312	1030	0,31

3	3792	1046	0,28
4	4288	1070	0,25
5	4832	1098	0,23
6	5472	1070	0,20
7	5824	1046	0,18
8	5824	964	0,17
9	6272	1131	0,18
10	6080	2010	0,33
11	6080	2593	0,43
12	4832	1966	0,41
13	3472	1741	0,50
14	4080	1934	0,47
15	4768	2142	0,45
16	5408	2348	0,43
17	5696	2397	0,42
18	5920	2337	0,39
19	4896	1302	0,27
20	836	528	0,63
21	478	234	0,49
22	208	103	0,49
23	154	52	0,34
24	65	32	0,49
1	64	32	0,49
2	292	136	0,47
3	992	235	0,24
4	1472	319	0,22
5	1920	371	0,19
6	2560	651	0,25
7	5248	806	0,15
8	5440	948	0,17
9	4352	561	0,13
10	1056	311	0,29
11	1352	411	0,30
12	1368	594	0,43
13	1088	782	0,72
14	1280	953	0,74
15	1416	1033	0,73
16	1384	1006	0,73
17	1352	954	0,71
18	1200	638	0,53
19	352	229	0,65
20	240	136	0,57
21	362	182	0,50
22	556	267	0,48
23	832	381	0,46
24	1120	504	0,45
1	1360	626	0,46
2	1712	760	0,44
3	1864	880	0,47
4	2288	989	0,43
5	2608	1085	0,42
6	2896	1163	0,40
7	3056	1160	0,38

8	2704	880	0,33
9	1456	531	0,36
10	896	316	0,35
11	544	196	0,36
12	398	120	0,30
13	316	70	0,22
14	169	38	0,22
15	111	28	0,26
16	89	28	0,32
17	76	21	0,27
18	111	30	0,27
19	140	46	0,33
20	166	51	0,30
21	129	44	0,34
22	68	36	0,53
23	83	33	0,40
24	58	32	0,54
1	69	36	0,53
2	63	38	0,60
3	88	35	0,40
4	81	38	0,47
5	77	38	0,49
6	96	54	0,56
7	201	182	0,90
8	516	199	0,39
9	316	107	0,34
10	206	70	0,34
11	272	79	0,29
12	294	73	0,25
13	218	49	0,22
14	181	38	0,21
15	177	33	0,19
16	198	46	0,23
17	310	58	0,19
18	256	70	0,27
19	308	120	0,39
20	544	188	0,35
21	1008	351	0,35
22	1272	545	0,43
23	1816	732	0,40
24	2224	894	0,40
1	2816	1051	0,37
2	3216	1194	0,37
3	3664	1338	0,37
4	4192	1473	0,35
5	4544	1577	0,35

Koncentracije radona, izmerjene z detektorji sledi in merilnimi instrumenti, kažejo na to, da so tla pod objektom močan vir radona. Predlagamo, da se v otroški sobi, v kateri je dimnik, vgradi cevi za prisilno prezraevanje zraka izpod temeljne plošče in po izvedeni sanaciji ponovi meritve koncentracije radona z detektorji sledi.

## 6 Ocena efektivnih doz

Efektivne doze zaradi inhalacije radona in radonovih potomcev smo ocenili na podlagi opravljenih meritev za vse objekte, ne glede na to ali je bila presežena vrednost koncentracije radona  $400 \text{ Bq/m}^3$  za vrtce in šole ter  $1000 \text{ Bq/m}^3$  za druga delovna mesta. Upoštevali smo metodologijo iz Uredbe UV2 [12]. Pri oceni smo privzeli, da so izmerjene koncentracije radona enake povprenim letnim koncentracijam radona v objektu (prav tako so trajale samo en mesec in ne celo leto). V primeru, da smo izvedli meritve v istem objektu v prostorih, smo ocenili efektivno dozo za vsak prostor posebej, saj se otroci v vrtcih in nižjih razredih osnovnih šol zadržujejo celo leto v istem prostoru.

Za zaposlene v ostalih ustanovah smo upoštevali, da zaposleni opravijo na svojih delovnih mestih 2000 ur na leto, za vodnike v Križni jami pa 1000 ur na leto. Za zaposlene v šolah smo upoštevali, da se zadržujejo v učilnicah po 6 ur dnevno deset mesecev na leto. Za zaposlene v vrtcih smo upoštevali, da se zadržujejo v igralnicah po 6 ur dnevno dvanajst mesecev na leto. Za otroke v vrtcih in šolah smo upoštevali enak čas zadrževanja v učilnicah kot za zaposlene. Za prebivalce smo privzeli, da prebijejo dve tretjini leta na leto v stanovanju.

Kljub temu, da smo v nekaterih ustanovah in jamah določili tudi faktor ravnovesja, ga pri oceni prejete efektivne doze nismo upoštevali, ker so bile to le trenutne vrednosti. Pri izračunu smo za vse objekte privzeli faktor 0.4 iz Uredbe UV2 [12].

Ocenjene efektivne doze za zaposlene in otroke v vrtcih in šolah so prikazane v tabeli 18 in na sliki 26. Ocenjene efektivne doze za zaposlene v ostalih ustanovah so prikazane v tabeli 19. Z rdečo barvo so označene efektivne doze, višje od  $2 \text{ mSv}$  na leto. Po ICRP 65 [4] prispevajo povprečne letne koncentracije radona med  $200 - 600 \text{ Bq/m}^3$  v bivalnem okolju ( $400 \text{ Bq/m}^3$  smo privzeli za vrtce in šole) in med  $500 - 1500 \text{ Bq/m}^3$  v delovnem okolju ( $1000 \text{ Bq/m}^3$  smo privzeli za delovno okolje) efektivno dozo med  $2 - 6 \text{ mSv/leto}$ . Po Uredbi UV2 [12] povprečna celoletna koncentracija radona  $400 \text{ Bq/m}^3$  ob ravnovesnem faktorju 0.4 doprinese k letni efektivni dozi  $6 \text{ mSv}$ . To je mejna vrednost doze, pri kateri razvrščamo zaposlene, ki delajo z viri sevanja (tudi naravnimi), v skupino A ali B. Smatramo, da bi morali zaposleni v javnih ustanovah, kot so šole, vrtci in bolnišnice, prejeti efektivno dozo do največ  $2 \text{ mSv/leto}$ , saj prejmejo delež efektivne doze zaradi naravnih sevanj tudi v bivalnem okolju.

**Tabela 18. Ocenjene letne efektivne doze za odrasle in otroke v vrtcih in šolah\***

Zap.št.	Prostor	Objekt	Št. ur	Ef. doza (mSv)	
1	učilnica 7	OŠ MŠ Nataše Ronomelj	1320	0,61	± 0,13
2	PŠ Bir na vas - učilnica	OŠ Šmihel (PŠ Bir na vas)	1320	0,36	± 0,06
3	tehnika 2	OŠ D. Kette II. Bistrica	1320	1,48	± 0,21
4	2. učilnica OPP (Irena)	OŠ A. Žnideršiča II. Bistrica	1320	0,31	± 0,06
5	učilnica	OŠ D. Lokarja Ajdovščina	1320	1,12	± 0,17
6	jedilnica	PŠ Lokavec	1320	0,12	± 0,04
7	učilnica slovenščina	OŠ Otlica	1320	8,13	± 1,01
8	1. razred	OŠ Spodnja Idrija	1320	0,50	± 0,08
9	igralnica	PŠ Ledine	1320	3,22	± 0,42
10	učilnica 1	OŠ Šturje Ajdovščina	1320	0,24	± 0,05
11	igralnica vrtca	PŠ Budanje	1320	1,09	± 0,17
12	tehnika	OŠ Jelšane	1320	2,85	± 0,38
13	igralnica 1	OŠ Podgora II. Bistrica	1320	0,08	± 0,03
14	zgodovina	Vrtec Kuteževo	1320	0,58	± 0,13
15	učilnica 4. razred	OŠ R. Ukoviča, Podgrad	1320	1,58	± 0,21
16	učilnica slovenščina	OŠ Košana	1320	0,57	± 0,13

17	u ilnica 1 c	OŠ M. Vilharja Postojna	1320	0,21	±	0,05
18	u ilnica 1. razred	PŠ Hruševje	1320	0,57	±	0,13
19	u ilnica OVI III	PŠ Hruševje - pos. program	1320	0,48	±	0,08
20	1. razred	OŠ Prestranek	1320	0,82	±	0,13
21	u ilnica 5	OŠ Rudija Mahni a Obrov	1320	0,76	±	0,13
22	likovna u ilnica	OŠ TŠ Aljoše, Nova vas	1320	23,11	±	4,20
23	u ilnica 4, jezikovni pouk	OŠ Nova vas	1320	27,83	±	5,04
24	u ilnica 2, fiz., kem.	OŠ Nova vas	1320	4,95	±	0,63
25	u ilnica 5, matematika	OŠ Nova vas	1320	5,16	±	0,63
26	u ilnica 1, tehni na vzgoja	OŠ Nova vas	1320	8,48	±	1,05
27	sprejem in oddaja otrok	OŠ Nova vas	1320	5,29	±	0,67
28	u ilnica glasbena vzgoja	OŠ Nova vas	1320	13,93	±	1,68
29	u ilnica 7 (3. razred, 1. nad.)	OŠ Nova vas	1320	3,11	±	0,42
30	u ilnica 1	OŠ Sostro (PŠ Jan e)	1320	7,69	±	0,97
31	sosednja u ilnica	OŠ Sostro (PŠ Jan e)	1320	1,37	±	0,21
32	1. razred	PŠ Temenica	1320	1,74	±	0,25
33	razred 117	OŠ Ferda Vesela	1320	4,75	±	0,59
34	u ilnica v kleti	GŠ Ribnica	1320	15,91	±	2,39
35	dvorana	GŠ Ribnica - PŠ Velike Laš e	1320	12,22	±	1,51
36	igralnica (PŠ Trnovo)	OŠ Solkan (PŠ Trnovo)	1320	6,52	±	0,80
37	3.4. razred (PŠ Grgar)	OŠ Solkan (PŠ Grgar)	1320	1,35	±	0,21
38	garderoba	OŠ Draga Bajca, Vipava	1320	0,19	±	0,04
39	stopniš e	PŠ Go e	1320	0,43	±	0,08
40	hodnik	PŠ Podnanos	1320	0,27	±	0,05
41	jedilnica	PŠ Vrhpolje	1320	0,82	±	0,13
42	1. b razred	OŠ Pivka, Pivka	1320	0,71	±	0,13
43	pisarna - zbornica	OŠ Pivka, PŠ Šmihel	1320	0,71	±	0,13
44	razred	OŠ Pivka, PŠ Zagorje	1320	0,98	±	0,17
45	biologija	OŠ rni vrh	1320	11,38	±	1,39
46	tehnika	OŠ rni vrh	1320	5,93	±	0,76
47	ra unalništvo	OŠ rni vrh	1320	0,81	±	0,13
48	telovadnica	OŠ rni vrh	1320	0,48	±	0,08
49	knjižnica	OŠ F. Prešerna Ribnica	1320	0,35	±	0,05
50	stavba A, u ilnica API	OŠ F. Prešerna Ribnica	1320	0,41	±	0,07
51	stavba B, jedilnica	OŠ F. Prešerna Ribnica	1320	0,81	±	0,21
52	stavba C, M. Oražem	OŠ F. Prešerna Ribnica	1320	30,90	±	5,58
53	u ilnica fizika	OŠ Dobravlje	1320	0,40	±	0,07
54	u ilnjica 2. razred	PŠ rni e	1320	0,42	±	0,08
55	knjižnica	PŠ Šmarje	1320	0,17	±	0,08
56	jedilnica	PŠ Vipavski Križ	1320	0,33	±	0,05
57	u ilnica pritli je	PŠ Vrtovin	1320	0,97	±	0,17
58	zbornica	PŠ Skrilje	1320	0,17	±	0,04
59	u ilnica 1	PŠ Velike Laš e	1320	2,48	±	0,34
60	u ilnica nova	PŠ Rob	1320	0,29	±	0,05
61	mala u ilnica	PŠ Turjak	1320	0,66	±	0,13
62	1. razred	PŠ Bilje	1320	0,57	±	0,21
63	u ilnica	OŠ Miren	1320	0,65	±	0,17
64	1. razred	PŠ Kostanjevica	1320	0,66	±	0,17
65	1.a razred	OŠ Semi	1320	1,45	±	0,21
66	kemija	OŠ Semi	1320	0,48	±	0,13
67	tehnika	OŠ Semi	1320	13,02	±	1,59
68	zgodovina	OŠ Semi	1320	3,11	±	0,42
69	gospodinjstvo	OŠ Semi ,	1320	3,59	±	0,46

70	slovenš ina	OŠ Semi	1320	3,87	±	0,50
71	3. razred	OŠ Col	1320	0,88	±	0,13
72	1. razred	PŠ Podkraj	1320	0,34	±	0,05
73	u ilnica 6	OŠ A. Globo nika, Postojna	1320	0,47	±	0,08
74	spodnja u ilnica	PŠ Bukovje	1320	4,13	±	0,55
75	u ilnica 1., 2. razred	PŠ Planina	1320	1,78	±	0,25
76	u ilnica 3. razred	PŠ Studeno	1320	1,05	±	0,17
77	u ilnica 3. razred	OŠ T. Tomši a, Knežak	1320	5,68	±	0,71
78	igralnica vrtca	OŠ Otlica - vrtec	1584	7,54	±	0,96
79	igralnica	OŠ Jelšane - vrtec	1584	2,36	±	0,30
80	igralnica ebelice	OŠ R. Ukovi a, vrtec Podgrad	1584	1,78	±	0,25
81	igralnica Medvedki	OŠ Košana - vrtec	1584	0,32	±	0,07
82	igralnica Ježki	OŠ Prestranek - vrtec	1584	0,48	±	0,07
83	igralnica vrtca	OŠ R. Mahni a Obrov - vrtec	1584	0,44	±	0,07
84	igralnica Pikapolonice	OŠ Nova vas, vrtec	1584	8,53	±	1,06
85	igralnica Metulji	OŠ Nova vas	1584	8,06	±	1,01
86	pisarna	Vrtec Pivka, Enota Vetrnica	1584	0,46	±	0,08
87	igralnica	Vrtec Pivka, Enota Mavrica	1584	0,35	±	0,06
88	igralnica Metulji	OŠ P. Trubarja - vrtec	1584	1,26	±	0,20
89	igralnica Miške	PŠ Turjak - vrtec	1584	0,11	±	0,04
90	igralnica Srnice	PŠ Karlovica - vrtec	1584	4,20	±	0,55
91	igralnica Pikapolonice	OŠ Miren - vrtec	1584	0,17	±	0,07
92	igralnica	Vrtec Bilje	1584	0,42	±	0,12
93	igralnica Zajci	PŠ Kostanjevica - vrtec	1584	1,05	±	0,25
94	igralnica	Vrtec Opatje Selo	1584	0,46	±	0,12
95	U ilnica 2, tehni ni pouk	OŠ Semi	1584	23,34	±	4,23
96	U ilnica 7 (zgodovina)	OŠ Semi	1584	5,02	±	0,65
97	igralnica Zvezdice	OŠ T. Tomši a, vrtec Knežak	1584	2,86	±	0,40
98	igralnica pritli je	Vrtec Pedenjped, Jan e	1584	1,27	±	0,20
99	igralnica	Vrtec Antonina II. Bistrica	1584	0,36	±	0,06
100	C/C3	Vrtec Mladi rod, Ljubljana	1584	1,52	±	0,25
101	soba v kleti, ra unovodstvo	Vrtec Mladi rod, Ljubljana	1584	0,54	±	0,10
102	igralnica Konji ki	Vrtec Ribnica	1584	0,88	±	0,15
103	igralnica Želvice	Vrtec Ribnica	1584	0,34	±	0,05
104	P5	Vrtec Idrija, (Prelov eva)	1584	0,98	±	0,15
105	Sp. I	Vrtec Idrija, enota Sp. Idrija	1584	2,37	±	0,35
106	V3	Vrtec Idrija, enota rni vrh	1584	0,55	±	0,10
107	H oddelek igralnica P. Zajhan	Vrtec Postojna	1584	0,24	±	0,04
108	igralnica E. Sajovic	Vrtec Postojna	1584	0,28	±	0,05
109	kabinet - klet	Vrtec Postojna	1584	0,28	±	0,05
110	igralnica J. Tomaži	Vrtec Postojna	1584	0,22	±	0,05
111	igralnica J. Prijatelj	Vrtec Postojna	1584	4,22	±	0,55
112	igralnica K. Kor e	Vrtec Postojna	1584	2,52	±	0,35
113	igralnica Metulj ki	Vrtec Ilirska Bistrica	1584	0,30	±	0,07
114	igralnica Gumbki	Vrtec Ajdovš ina	1584	0,18	±	0,04
115	igralnica ježki	Vrtec Ajdovš ina, ob Hublju	1584	0,43	±	0,06
116	igralnica Raziskoval ki	Vrtec Vipavski Križ	1584	0,29	±	0,04
117	igralnica Balon ki	Vrtec rni e	1584	1,36	±	0,20
118	igralnica Smrkci	PŠ rni e - vrtec	1584	0,31	±	0,05
119	igralnica Gosenice	Vrtec Selo	1584	0,14	±	0,03
120	igralnica Zmaj ki	SŠ V. Pilon Ajdovš ina, vrtec	1584	0,24	±	0,04
121	igralnica Pikapolonice	OŠ D. Lokarja, Vrtec Lokavec	1584	0,15	±	0,03
122	igralnica Pikapolonice	Vrtec Col	1584	0,64	±	0,10

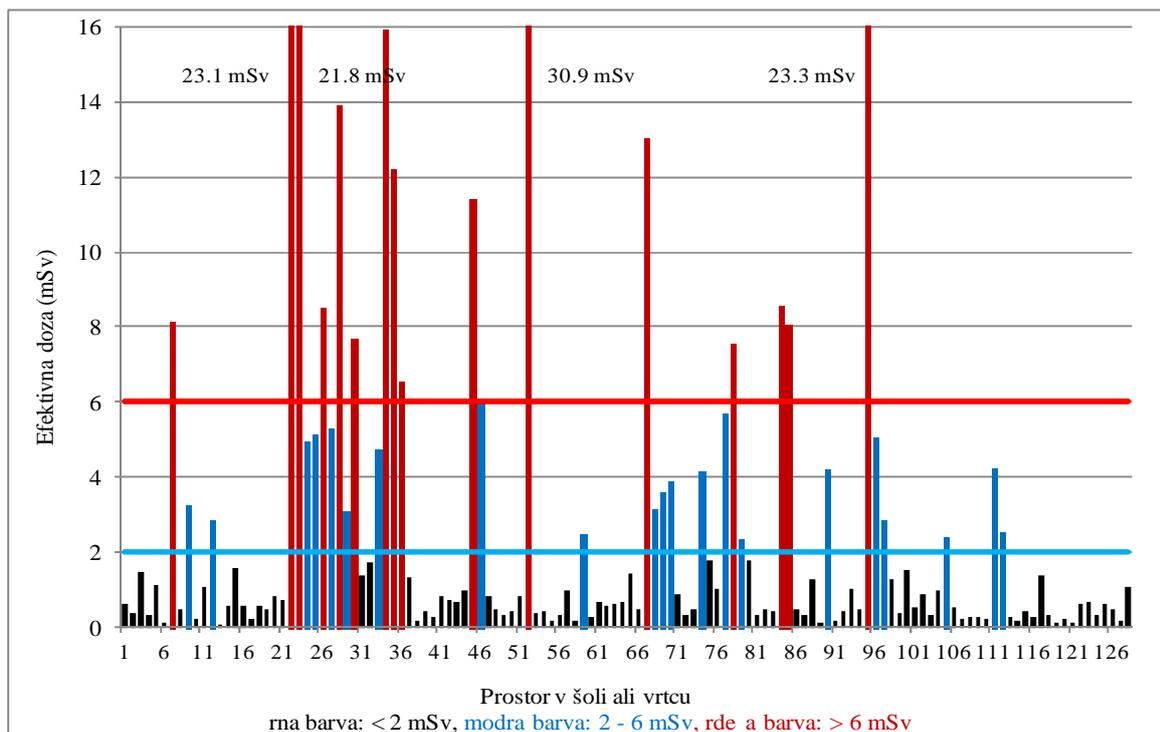
123	igralnica Žabe	Vrtec Budanje	1584	0,68	±	0,10
124	igralnica Škratki	OŠ D. Bajca Vipava, vrtec	1584	0,35	±	0,05
125	igralnica Slon ki	Vrtec Vrhpolje	1584	0,65	±	0,10
126	igralnica Želve	Vrtec Podnanos	1584	0,50	±	0,10
127	igralnica Zvezdice	Vrtec Vipava	1584	0,17	±	0,04
128	igralnica vrtca (prej 2.3. razred)	PŠ Kal	1584	1,06	±	0,15

\* efektivna doza je za otroke in odrasle enaka, ker upoštevamo enako število ur zadrževanja v prostoru

rna – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto

Modra - efektivna doza ve ja od 2 mSv/leto in manjša od 6 mSv/leto

Rde a - efektivna doza ve ja od 6 mSv/leto



Slika 26. Histogram efektivnih doz za zaposlene in otroke v vrtcih in šolah (mSv/leto)

Tabela 19. Ocenjene letne efektivne doze za zaposlene v drugih ustanovah

Zap.št.	Prostor	Objekt	Št. ur	Ef. doza (mSv)
1	dežurna soba zdravniki	ZD Idrija	2000	0,45 ± 0,08
2	soba 18 a	UKC Ljubljana	2000	7,28 ± 0,89
3	POO Slovenska vas	Zavod za prestajanje kazni Dob	2000	0,17 ± 0,06
4	1. odd. obsojenca	Zavod za prestajanje kazni Dob	2000	0,14 ± 0,04
5	Objekt A (recepcija)	MNZ-GPU	2000	1,62 ± 0,25
6	Objekt B (stikalna ploš a)	MNZ-GPU	2000	1,79 ± 0,25
7	dvorana - kosti, medvedji rov	Društvo ljubitejev Križne jame	1000	12,56 ± 1,91
8	kalvarija	Društvo ljubitejev Križne jame	1000	12,93 ± 1,94
9	dvorana - kosti, medvedji rov	Društvo ljubitejev Križne jame	1000	13,39 ± 2,42
10	kalvarija	Društvo ljubitejev Križne jame	1000	10,38 ± 1,88
11	Bezjak, pritli je, TLD MB2	Podrekar Maribor	5840	8,10 ± 1,11
12	Dlaka 1. nad., TLD MB1	Podrekar Maribor	5840	2,97 ± 0,56
13	stan. 4, pritli je, TLD MB3	Telebo, Maribor	5840	3,88 ± 0,56
14	stan. 7, 1. nad., TLD MB4	Telebo, Maribor	5840	2,49 ± 0,37
15	otroška soba	Zidari Spodnja Idrija	5840	52,70 ± 7,24
16	dnevna soba	Zidari Spodnja Idrija	5840	52,98 ± 6,50

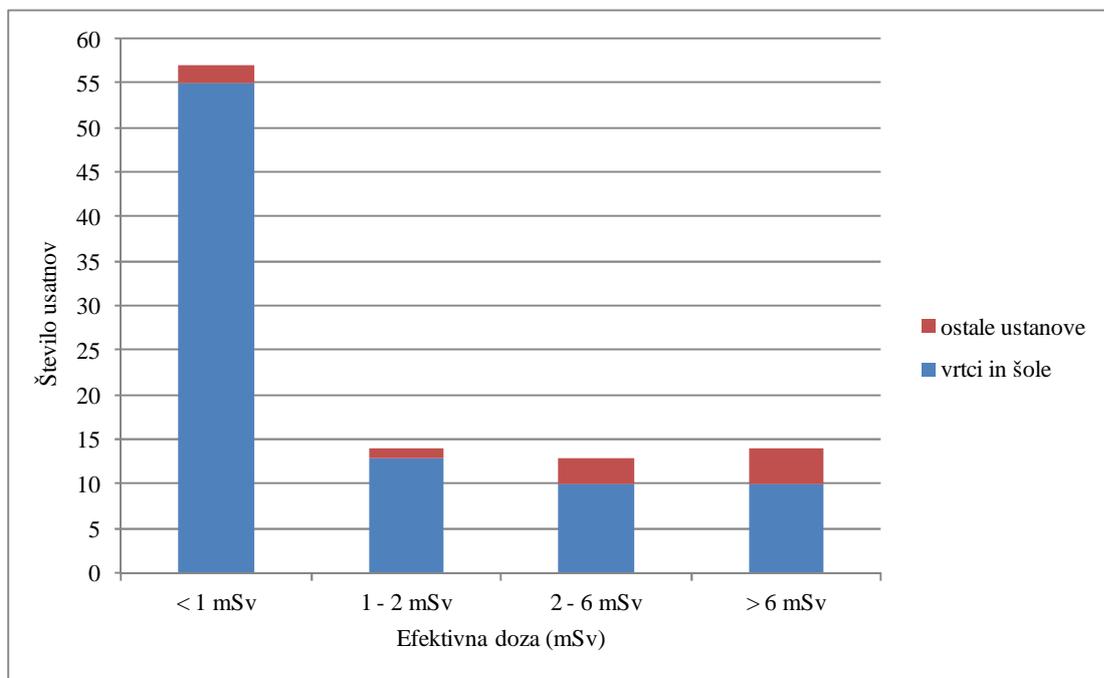
rna – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto

Modra - efektivna doza ve ja od 2 mSv/leto in manjša od 6 mSv/leto

Rde a - efektivna doza ve ja od 6 mSv/leto

Ocenjena letna efektivna doza zaradi zunanjega sevanja gama, izmerjena s TL dozimetri, je bila v stanovanju Bezjak  $2.66 \pm 0.05$  mSv, v stanovanju Dlaka  $1.99 \pm 0.13$  mSv, v stanovanju 4 (Telebo)  $2.75 \pm 0.05$  mSv in v stanovanju 7 (Telebo)  $2.15 \pm 0.10$  mSv.

Slika 27 prikazuje efektivne doze za zaposlene razli nih ustanovah, razvrš ene po razli nih razredih:  $< 1$  mSv,  $1 - 2$  mSv,  $2 - 6$  mSv in  $> 6$  mSv. Iz slike 27 vidimo, da prejmejo zaposleni v 14 % merjenih ustanov efektivne doze višje od 6 mSv na leto.



Slika 27. Efektivne doze po razredih

## 7 Zaključki

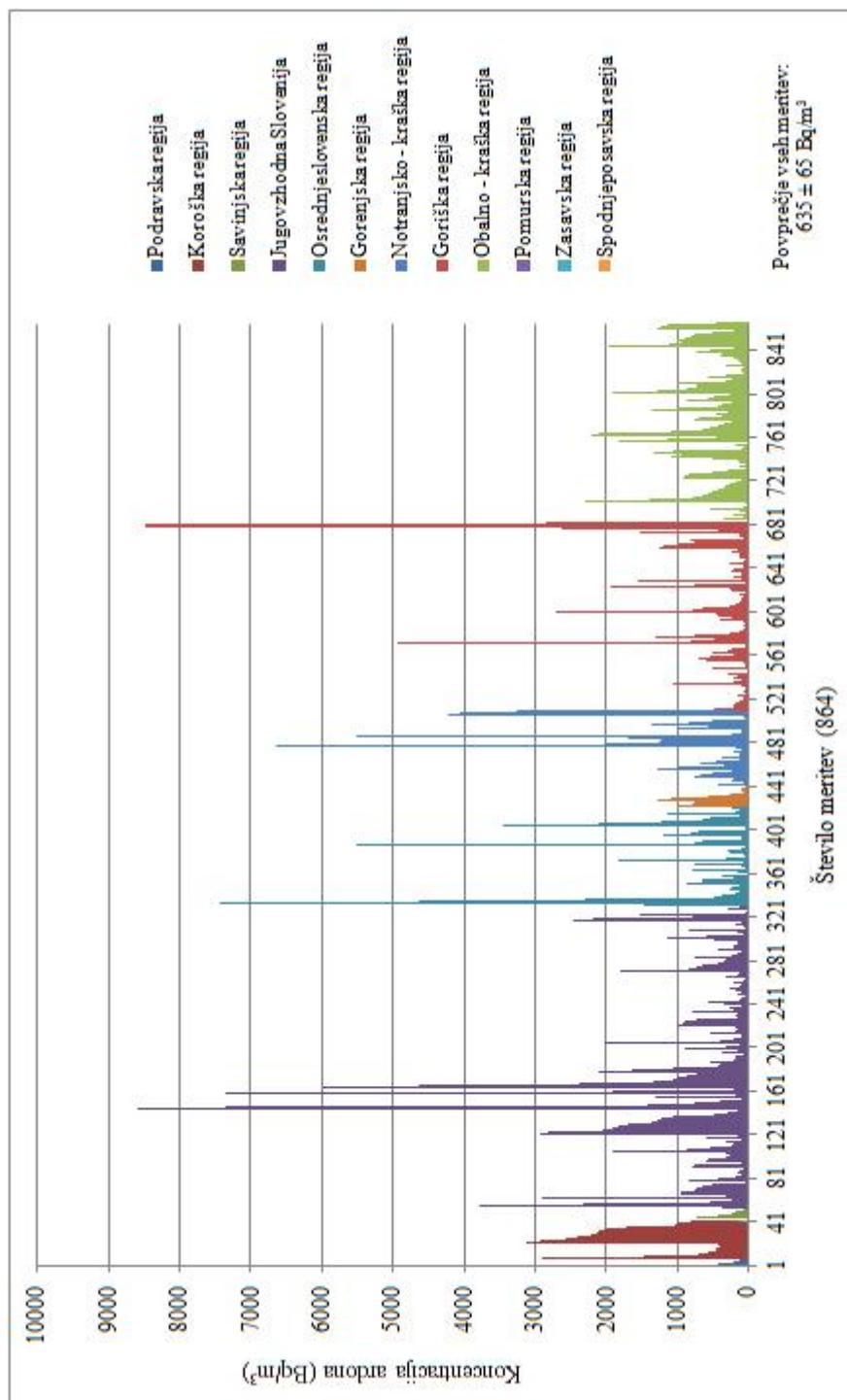
V obdobju od 2006 do 2015 smo opravili 864 meritev koncentracije radona z detektorji sledi v 478 objektih, od tega 695 meritev v 375 šolah in vrtcih, 148 meritev v 41 javnih ustanovah in 21 meritev v 13 stanovanjih. Izmerjene koncentracije radona so bile v 77 šolah in vrtcih in treh stanovanjih višje od  $400 \text{ Bq/m}^3$ . Izmerjene koncentracije radona so bile v 13 drugih ustanovah višje od  $1000 \text{ Bq/m}^3$ .

V poročilu [17] smo podrobneje opisali kako geološka struktura tal [28 - 32] in vremenski pogoji v različnih letnih obdobjih vplivajo na koncentracijo radona v objektih in s tem na prejeto efektivno dozo za zaposlene. V letu 2010 in 2011 smo opravili nekaj meritev v vrtcih na Krasu v zimskem in poletnem obdobju. Rezultati so pokazali, da so v nekaterih vrtcih koncentracije radona tudi v poletnih mesecih enake kot v zimskem obdobju, eprav so praviloma koncentracije radona v zimskem obdobju običajno nekajkrat višje kot v poletnem obdobju.

Ocenjene efektivne doze so v nekaterih primerih mogoče previsoke, saj je ocena konzervativna, a ne glede na to, so pomemben parameter pri reševanju problematike sevalne obremenjenosti zaposlenih in prebivalcev. Smotno bi bilo, če bi se s pristojnimi v ustanovah, v katerih so bile izmerjene visoke koncentracije radona in posledično ocenjene visoke efektivne doze za zaposlene, našli ustrezne rešitve s sanacijo objekta ali z manjšo

zasedenostjo prostorov vsaj v obdobju od treh do pet let, saj samo s ponavljanjem meritev ne bomo znižali prejetih učinkovitih doz.

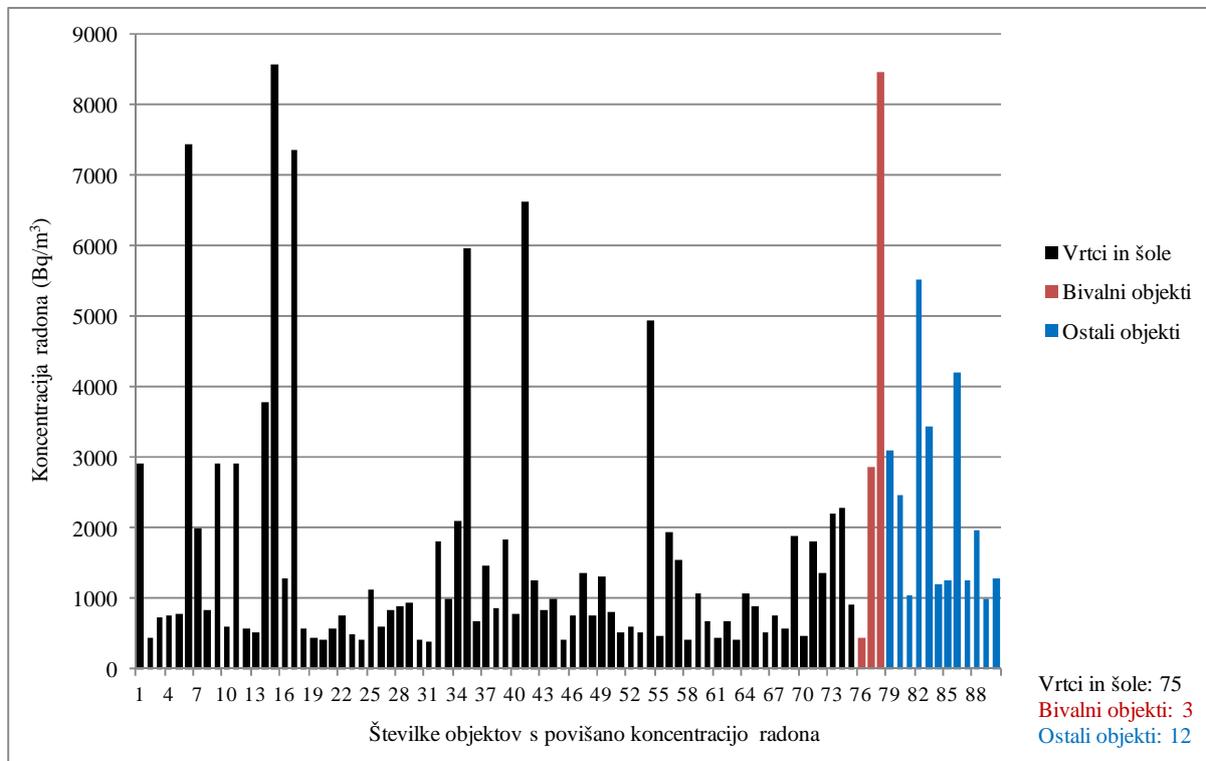
Na sliki 28 so prikazani rezultati vseh meritev koncentracije radona, merjenih z detektorji sledi v letih od 2006 do 2015, sortirani po regijah v Sloveniji. Iz slike 28 vidimo, da so bile najvišje koncentracije radona izmerjene v Jugovzhodni Sloveniji, Osrednjeslovenski regiji, Notranjsko – kraški regiji in Goriški regiji (vijoli na, turkizna, modra in rde a barva).



**Slika 28. Koncentracija radona v različnih regijah v Sloveniji**

(v Pomurski regiji – modra barva, Zasavski regiji – svetlomodra barva in Spodnjeposavski regiji – svetlorjava barva, ni bilo opravljenih meritev)

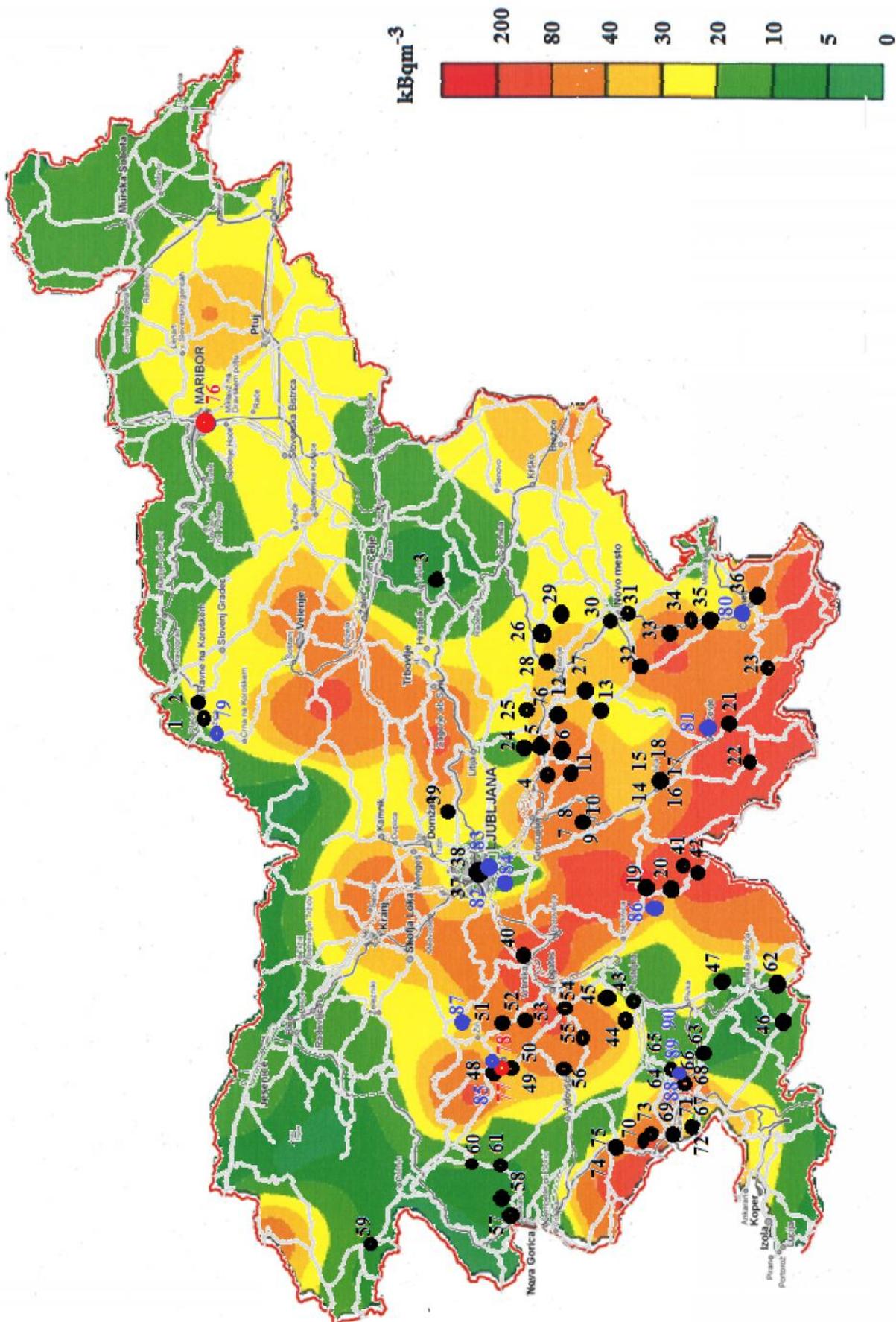
Na sliki 29 so prikazane koncentracije radona v vseh devetdesetih objektih, v katerih so izmerjene koncentracije radona, izmerjene z detektorji sledi, v obdobju 2006 - 2015 presegale  $400 \text{ Bq/m}^3$  (vrtci in šole ter bivalno okolje) in  $1000 \text{ Bq/m}^3$  (ostali objekti). Črni pravokotniki predstavljajo meritve v šolah in vrtcih (75 objektov), rdeči v bivalnem okolju (3 objekti) in modri v delovnem okolju (12 objektov).



**Slika 29. Objekti s preseženimi koncentracijami radona v obdobju 2006 – 2015**

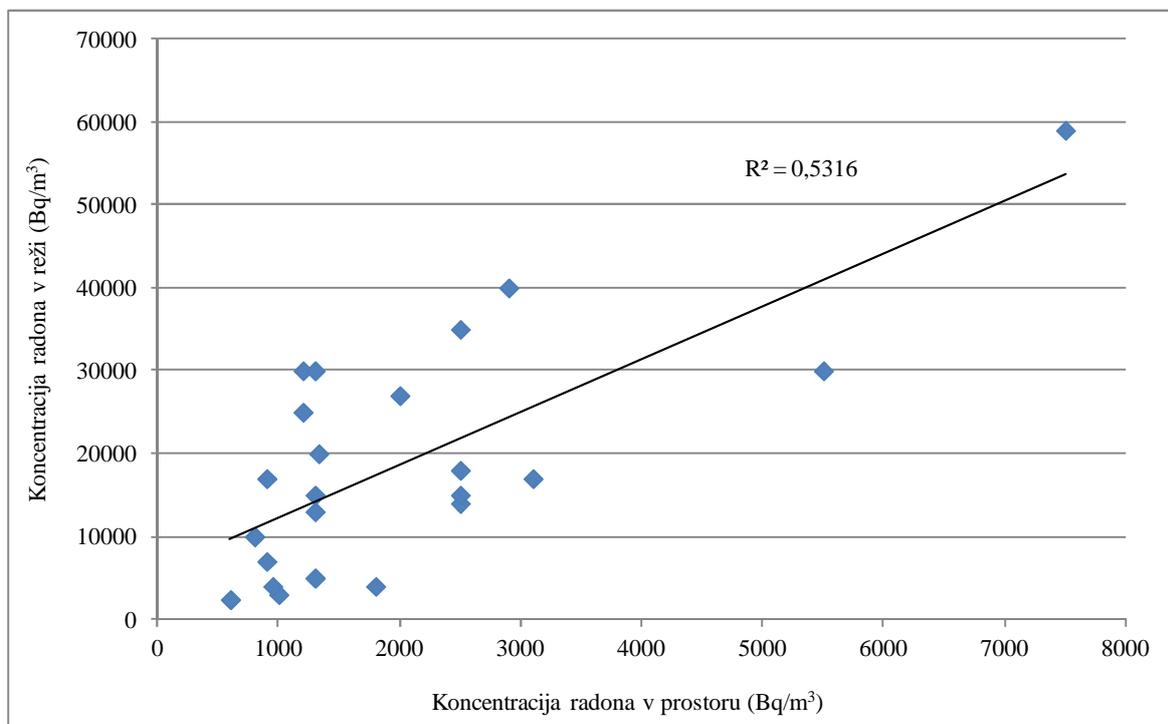
Slika 30 prikazuje lokacije meritev koncentracije radona iz slike 29, nanešene na karto meritev koncentracij radona v zemlji v Sloveniji, izdelano na podlagi raziskovalne naloge [30]. Številke na karti ustrezajo lokacijam na sliki 29.

Iz slike 30 je razvidno, da obstaja korelacija med koncentracijo radona v tleh [30] in koncentracijo radona v merjenih objektih. Predlagamo, da se v bodoče izvede več meritev koncentracije radona in potomcev v posameznem objektu, v razpokah in v tleh v različnih letnih obdobjih in se tako lažje predlaga ustrezne ukrepe sanacije.



Slika 30. Lokacije meritev koncentracije radona v objektih, ki presegajo  $400 \text{ Bq/m}^3$  v vrtcih in osnovnih šolah ( rne to ke) oziroma  $1000 \text{ Bq/m}^3$  v ostalih objektih (krogi)

Slika 31 prikazuje korelacijo med koncentracijo radona v objektih in koncentracijo radona v režah. Iz slike vidimo, da izmerjene koncentracije radona v režah, nižje od 3000 - 5000 Bq/m<sup>3</sup>, niso sorazmerne s koncentracijo radona v prostoru. Razlog za to je neustrezno izbrana reža ali pa je v tleh veliko manjših rež, katerih posamezni doprinos k koncentraciji radona v prostoru ne moremo izmeriti. V takih primerih je smiselno izvesti ponovne meritve z detektorji sledi v daljšem časovnem obdobju, npr. od februarja do konca junija, ko se zaključi šolsko leto.



Slika 31. Korelacija med koncentracijo radona v izbranih objektih in koncentracijo radona v režah

## 8 Reference

1. W. W. Nazaroff, A. V. Nero: Radon and its decay products in indoor air, John Wiley & Sons, 1988
2. WHO Handbook on Indoor Radon, 2009
3. ICRP 115: Lung cancer risk from radon and progeny and Statement on Radon, 2010
4. ICRP 65: Protection Against Radon-222 at Home and at Work, Pergamon, 1994
5. ICRP 126: Radiological Protection against Radon Exposure, 2014
6. An overview of radon surveys in Europe, Luxembourg, EC
7. UNSCEAR 93, UN, New York, 1993
8. M. Humar in ostali: Koncentracija radona v bivalnem okolju Slovenije, IJS-DP-7164, IJS, 1995
9. ZVISJ-UPB2, Ur.list RS št. 102, 2004
10. Program sistematičnega pregledovanja delovnega in bivalnega okolja, Ur.list RS št. 17, 2006
11. Pravilnik o pogojih in metodologiji ocenjevanja doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji, Ur.list RS št. 115, 2003
12. Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih, Ur.list RS št. 49, 2004

13. P. Jovanovi :Sistematno pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20060047-PJ, ZVD, 2006
14. J. Vavpoti : IJS-DP-9648, IJS, 2007
15. P. Jovanovi : Sistematno pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20080030-PJ, ZVD, 2008
16. P. Jovanovi : Sistematno pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20090042-PJ, ZVD, 2009
17. P. Jovanovi : Sistematno pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20100017-PJ, ZVD, 2010
18. P. Jovanovi : Sistematno pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20100017-PJ, ZVD, 2011
19. P. Jovanovi : Sistematno pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20100017-PJ, ZVD, 2012
20. P. Jovanovi : Sistematno pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20100017-PJ, ZVD, 2013
21. P. Jovanovi : Sistematno pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20140010-PJ, ZVD, 2014
22. DP-LMSAR-3.03-Določevanje koncentracije radona z detektorji sledi-rev 5
23. DP-LMSAR-3.02-Merjenje koncentracije radona in radonovih potomcev-rev5
24. Poročilo o meritvah koncentracije radona, LMSAR-20130012-B-PJ, ZVD, 24.10.2013,
25. P. Jovanovi : Poročilo o meritvah koncentracije radona, LMSAR-20130053-PJ, z dne 5.12.2013 in Dodatek k poročilu, LMSAR-20130053-A-PJ, z dne 13.1.2014
26. Poročilo LMSAR-71/2014-PJ, z dne 28.4.2014
27. Poročilo o meritvah koncentracije radona, OŠ dr. Franceta Prešerna Ribnica, LMSAR-85/2014-PJ, z dne 30.6.2014
28. Joachim Kemski, Ralf Klingel: Das geogene Radon-Potential, v knjigi: Siehl. A.: Umweltradioaktivität, Ernst & Sohn, Bonn, 1996
29. K. A.Landman: Diffusion of radon through cracks in a concrete slab, Health Physics, Vol. 43, No. 1, 1982
30. IJS-DP-9694-1: J. Vavpoti , Radonski potencial v tleh na območjih s povišanimi koncentracijami radona v zaprtih prostorih, IJS, 2007
31. M. Andjelov: Rezultati radiometričnih in geokemičnih meritev za karto naravne radioaktivnosti Slovenije, Geologija, 36, 1993
32. Tanner, A. B., 1980, Radon mitigation in the ground: A supplementary review. In The Natural Radiation Environment Vol. 3 pp 5-56, Springfield, VA, National Technical Information Service.