



ZVD ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU d.d.
Institute of Occupational Safety

Center za fizikalne meritve

Št. poroila: LMSAR-20130012-A-PJ

Laboratorij za merjenje specifičnih aktivnosti radionuklidov

Datum: 6.11.2013

Sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja 2013

Naročnik / uporabnik (koda):

Ministrstvo za zdravje

Uprava RS za varstvo pred sevanji

Ajdovščina 4

1000 Ljubljana

Številka in datum pogodbe:

C2717-13-232004 (št. 4301-3/2013), z dne 13.1.2013

Datum meritev:

februar – november 2013

Poslano:

3 x naročnik

1 x arhiv ZVD

Meritve opravil:

Peter Jovanović, inž. fiz.

Poročilo odobril:

Dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.

Poročilo pregledal:

Dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.

Poročilo vsebuje 49 strani in prilog. Poročilo o meritvah LMSAR-20130012-B in ga je dovoljeno reproducirati samo v celoti

Chengdujska cesta 25, 1260 Ljubljana-Polje, Slovenija · T+386 (0)1 585 51 00 · F+386 (0)1 585 51 01 · E info@zvd.si · W www.zvd.si

Davčna št. 21282692 · ID št. za DDV: SI21282692 · Matična št.: 5055580 ·

Vpis družbe: Okrožno sodišče v Ljubljani, vložna št.: 10024700 - Osnovni kapital: 779.402,44 EUR

Povzetek

V letu 2013 smo opravili stoeno meritve koncentracije radona z detektorji sledi v enainšestdesetih objektih. Opravili smo štiri meritve koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti z namenom določanja asovnega poteka koncentracije radona in potomcev in devet meritve koncentracije radona z merilnimi instrumenti z namenom določitve virov izhajanja radona v prostore zgradb (radon v zemlji, špranje, razpoke, kanalizacijski in drugi jaški...).

V devetindvajsetih prostorih vrtcev in šol so bile izmerjene koncentracije radona višje od 400 Bq/m^3 . V osmih prostorih ostalih objektov so bile izmerjene koncentracije radona višje od 1000 Bq/m^3 .

V triindvajsetih primerih so efektivne doze nižje od 1 mSv/leto , v trinajstih primerih so efektivne doze med $1 - 2 \text{ mSv/leto}$, v devetnajstih primerih so efektivne doze med $2 - 6 \text{ mSv/leto}$, v šestih primerih so efektivne doze za višje od 6 mSv/leto .

V obdobju od 2006 do 2013 smo opravili 609 meritve koncentracije radona z detektorji sledi v 283 objektih, od tega 470 meritve v 208 šolah in vrtcih, 125 meritve v 31 javnih ustanovah in 14 meritve v 6 stanovanjih. Izmerjene koncentracije radona so bile v 58 šolah in vrtcih in dveh stanovanjih višje od 400 Bq/m^3 . Izmerjene koncentracije radona so bile v 17 drugih ustanovah višje od 1000 Bq/m^3 .

Na podlagi opravljenih meritve 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, v katerih ne moremo izvesti meritve in zato ne moremo določiti doprinsa k koncentraciji radona v prostoru. V takih primerih je mogoče smiselno izvesti ponovne meritve z detektorji sledi v daljšem asovnem obdobju, npr. od februarja do konca junija, ko se zaključi šolsko leto.

Smatramo, da bi bilo smotrno 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 efektivnimi dozami preko 6 mSv na leto .

Kazalo

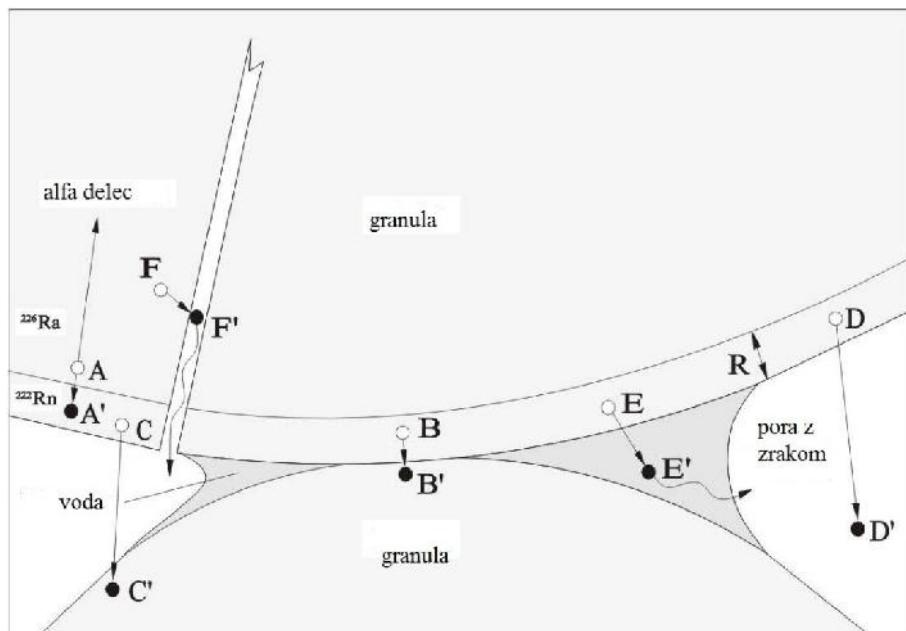
1.	Uvod	7
1.1.	Nastajanje radona v zemeljskih tleh	7
1.2.	Transport radona v tleh	8
1.2.	Radon v zgradbah	8
2.	Namen in cilji naloge	8
3.	Program meritev	9
4.	Metode merjenja	11
4.1.	Meritve koncentracije radona	11
4.1.1.	Pasivna metoda – detektorji sledi	11
4.1.2.	Aktivna metoda	11
4.1.3.	Radon v zemlji	12
4.2.	Meritve koncentracije vezanih radonovih potomcev	12
5.	Rezultati meritev	13
5.1.	Vrtci in osnovne šole	13
5.1.1.	VVO Ivan na Gorica, Vrtec Krka	16
5.1.2.	VVO Sežana, Vrtec Diva a (nov)	17
5.1.3.	Vrtec Sežana, Enota Komen	18
5.1.4.	OŠ Stopice, PŠ Podgrad	19
5.1.5.	OŠ Šmihel, PŠ Bir na vas	23
5.1.6.	OŠ Sežana, PŠ Lokev	28
5.2.	Ostali objekti	29
5.2.1.	UKC Ljubljana, Bohoričeva ulica	31
5.2.1.1.	Koncentracija radona in radonovih potomcev, UKC, soba 19 b	31
5.2.1.2.	Koncentracija radona in radonovih potomcev, UKC, soba 51	34
5.2.2.	MORS, URSZR, IC Ig	38
6.	Ocena prejetih efektivnih doz	39
7.	Zaključki	44
8.	Reference	48

1. Uvod

Izpostavljenost radonu je posledica vsebnosti naravnih radionuklidov v zemeljski skorji. Dolgoživi radionukli ^{238}U , ^{232}Th in ^{235}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}Ra , ^{224}Ra in ^{223}Ra . Direktni potomci teh izotopov so radioaktivni plini, radon, toron in aktinon, oziroma ^{222}Rn , ^{220}Rn in ^{219}Rn . Najpomembnejši od vseh je ^{222}Rn (radon), ki prispeva k sevalnim obremenitvam zaradi vdihavanja skoraj 90%, ^{220}Rn (toron) okoli 10%, ^{219}Rn (aktinon) pa manj kot 1% [1].

1.1. Nastajanje radona v zemeljskih tleh

Izotop radona, ^{222}Rn , nastaja pri radioaktivnem razpadu izotopa radija, ^{226}Ra , v granulah mineralov kamnin, pri emer dobi kineti no energijo 86 keV [1]. Doseg atoma radona v mineralu je nekaj stotink μm , v vodi desetinka μm in v zraku 63 μm . 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 zunanjji plasti do debeline 50 nm (Slika 1). Beli krogi predstavljajo atome ^{226}Ra , rni pa atome ^{222}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. Povprečna vrednost koeficiente 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}Ra nahajajo na površini, zato je koeficient emanacije večji) in količini vode med granulami. Koeficient emanacije narašča s količino vode med granulami (do 30 % nasičenja), in nato zaradi manjšega difuzijskega koeficiente v vodi hitro pada [2].



Slika 1. Shematski prikaz izhajanja radona iz granul mineralov (povzeto po [2])

1.2. Transport radona v tleh

Radon, ki pride iz mineralov v prostor med granulami, se premika po tleh na dva na ina, z difuzijo in s konvekcijo. Na oba na ina vplivajo fizikalne lastnosti tal, kot velikost granul kamnin, vлага med granulami, poroznost, permeabilnost (prepustnost) in difuzivnost. Granule imajo velikosti od nekaj mikronov (fina glina) do ve milimetrov (pesek). Prostor med granulami ni vedno zapoljen z vodo, obi ajne vrednosti se gibajo med 15 % za pesek in 70 % za gline. Permeabilnost (prepustnost) tal se giba med 10^{-7} m^2 za pesek in 10^{-16} m^2 za gline [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, $L = (D_e / \tau)$, kjer je τ razpadna konstanta za radon. Difuzijska dolžina za radon je 1 m [1].

Za tla z ve jimi 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, μ viskoznost zraka in p zra ni tlak [1].

1.2. Radon v zgradbah

Radon je inertni plin, kemijsko neaktivni, zato izhaja iz tal proti površju. Radon prihaja v zgradbe na dva na ina, z difuzijo skozi temeljno ploš o ali s konvekcijo skozi razpoke, špranje ali luknje v tleh. Na vstopanje radona v zgradbe vplivata veter in ogrevanje prostorov v zgradbah. Veter povzro a ob zgradbah podtlak, zaradi esar se pove a tla na razlike med zra nim tlakom pod temeljno ploš o in zra nim tlakom v zgradbi. Ogrevanje prostorov privede do razlike v temperaturi pod temeljno ploš o in prostorom nad njo in zaradi negativnega temperaturnega gradijenta zrak izpod temeljne ploš e hitreje vdira v objekt [1].

Hitrost vstopanja radona v objekte zaradi difuzije je $10 - 37 \text{ Bq/m}^3/\text{h}$. V primeru konvekcije je lahko hitrost vstopanja radona v objekt tudi za dva velikostna razreda višja [3].

2. Namen in cilji naloge

V obdobju november 1993 - februar 1994 so bile v okviru nacionalnega programa izmerjene koncentracije radona v približno 900 naklju no izbranih stanovanjih na obmo ju Slovenije. Iz povpre ne vrednosti 87 Bq/m^3 je bila aproksimativno dolo ena srednja letna vrednost, ki

znaša 54 Bq/m^3 [4].

Na podlagi 45. in 46.lena Zakona o varstvu pred ionizirajo imi sevanji in jedrski varnosti [5] je potrebno sistematicno pregledovanje delovnega in bivalnega okolja zaradi naravnih virov sevanja [6]. Na delovnih mestih s povezano izpostavljenostjo zaposlenih je na podlagi Pravilnika SV5 [7] in Uredbe UV2 [8] potrebno izvajanje ukrepov za zmanjšanje izpostavljenosti naravnim virom.

V letih 2006 – 2013 je Uprava za varstvo pred sevanji (URSVS) razpisala projektne naloge za sistematicno pregledovanje delovnega in bivalnega okolja zaradi naravnih virov sevanja, v katere so bile vključene meritve v vrtcih, šolah, drugih javnih ustanovah in podjetjih ter stanovanjskih objektih ([9], [10], [11], [12], [13], [14], [15] in to poročilo).

V zadnjih petnajstih letih so se izvajale 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, ob inske zgradbe, policijske postaje in carinarnice. 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 določitve asovnega poteka koncentracij radona in potomcev ter iskanja virov radona v objektih. Na podlagi opravljenih meritov so bile po potrebi izvedene sanacije objektov.

V letu 2010 smo program meritov razširili tudi na meritve koncentracije radona v zemlji v bližini objektov z izmerjenimi povišanimi koncentracijami radona. Namen teh meritov je lažja identifikacija virov radona v objektu samem [13].

3. Program meritov

Program meritov je prikazan v tabeli 1. V tabeli so navedene ustanove ter število predvidenih in opravljenih meritov koncentracije radona in potomcev v prostorih objektov navedenih ustanov od februarja do oktobra 2013.

Opravili smo 101 meritve koncentracije radona z detektorji sledi v 52 objektih. Opravili smo štiri meritve koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti z namenom določanja asovnega poteka koncentracije radona in potomcev. Meritve smo opravili v PŠ Podgrad, v PŠ Bir na vas in na UKC Ljubljana (dve meritvi). Opravili smo devet meritov koncentracije radona z merilnimi instrumenti z namenom določitve virov izhajanja radona v prostoru zgradb (radon v zemlji, spranje, razpoke, kanalizacijski in drugi jaški...). To so PŠ Bir na vas, PŠ Podgrad, VVO Krka, VVO Diva a, VVO Komen, PŠ Lokev, URSZR IC Ig in UKC Ljubljana (dve meritvi).

Tabela 1. Program meritov 2013

Objekt	Predvidene meritve				Opravljene meritve			
	a	b	c	TLD	a	b	c	TLD
OŠ Vavta vas - <i>vrtec ob šoli</i>	2				2			
Vrtec Ivan na Gorica, <i>VVO Krka</i>	1		1		1		1	
Vrtec Sežana, <i>VVO Jasli</i>	1				1			
Vrtec Sežana, <i>VVO nove Jasli</i>	1				1			
Vrtec Sežana, <i>VVO Lokev</i>	1				1			
Vrtec Sežana, <i>VVO Diva a (nov vrtec)</i>	1		1		1		1	
Vrtec Sežana, <i>VVO Tomaj</i>	1				1			
Vrtec Sežana, <i>VVO Komen</i>	1		1		1		1	
VVO Idrija, <i>Enota Godovi</i>	1				1			
VVO Idrija, <i>Enota rni Vrh</i>	1				1			
VVO Idrija, <i>Enota Spodnja Idrija</i>	1				1			
VVO Idrija, <i>Enota Prelov eva</i>	1				1			
Mamin vrtec, Ljubljana - <i>Enota Dravska</i>	2				2			
Mamin vrtec, Ljubljana - <i>Enota Šiška</i>	1				1			
OŠ Šmihel, <i>PŠ Bir na vas</i>	2	1	1		2	1	1	
OŠ Stopice, <i>PŠ Podgrad in vrtec</i>	3	1	1		3	1	1	
OŠ Semi	1				1			
OŠ Semi , <i>PŠ Štrekla jevec</i>	1				1			
OŠ Milke Šobar Nataše, rnomelj	1				1			
OŠ Vodmat, Ljubljana	4				4			
OŠ Poljanne	2				2			
OŠ Franja Goloba Prevalje	3				3			
OŠ Škocjan <i>PŠ Bu ka</i>	2				2			
OŠ Idrija, <i>PŠ Godovi</i>	2				2			
OŠ Idrija, <i>PŠ Zavratec</i>	1				1			
OŠ Prevole	3				3			
OŠ Sežana, <i>PŠ Lokev</i>	1		1		1		1	
OŠ v Obalno-kraški regiji	40				40			
MORS, URSZR, Ljubljana	1				1			
MORS, URSZR, IC Ig	1		1		1		1	
SŽ - ŽP Diva a	1				1			
SŽ - SZ VIT d. o. o., Diva a	2				2			
UKC Ljubljana	10	2	2		10	2	2	
Rudnik živega srebra v likvidaciji Idrija - <i>stanovanja</i>	4			1	4			1
Skupaj:	101	4	9	1	101	4	9	1

Legenda:

a - osnovne meritve z detektorji sledi

b - kontinuirne meritve koncentracije radona in potomcev

c - iskanje virov radona z merilnimi instrumenti

TLD - termoluminiscentni detektor

4. Metode merjenja

Koncentracijo radona v prostorih objektov izbranih ustanov smo določili 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 m, merilne instrumente smo postavili tako, da niso motili delovnega procesa [16]. Trenutno koncentracijo radona v zemlji, jaških, razpokah in špranjah smo določili z merilnimi instrumenti (aktivna metoda). Meritev je trajala dve uri ali več [17].

4.1. Meritve koncentracije radona

4.1.1. Pasivna metoda – detektorji sledi

Koncentracijo radona skozi daljše asovno obdobje smo določili z detektorji sledi, podjetja Landauer Nordic, Švedska. Detektor sledi je plasti na folija z dimenzijami 1.5 cm x 1 cm. Detektor je pritrjen na notranjo stran pokrova plasti nega okroglega ohišja, s premerom 5 cm in višino 3 cm. Na dnu ohišja je bar koda in številka detektorja (Slika 1). 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 [16], ND-LMSAR-3.02 [18] in OB-LMSAR-3.03 [19].



Slika 1. Detektor sledi

4.1.2. Aktivna metoda

asovni potek koncentracije radona za obdobje nekaj dni smo določili z merilnimi instrumenti Alphaguard (Genitron, Nemija) in RAD 7 (Durridge, ZDA). Detektor sevanja alfa v instrumentu Alphaguard je cilindrična ionizacijska celica z volumenom 0.5 litra, merilni instrumenti System 30 in RAD 7 pa uporabljata za določanje sevanja alfa polprevodniški detektor. Število sunkov na detektorju je premo sorazmerno koncentraciji radona oziroma radonovih potomcev v zraku, ki se podaja v Bq/m^3 . Intervale merjenja nastavimo na želeno vrednost, od nekaj minut do več ur [17].

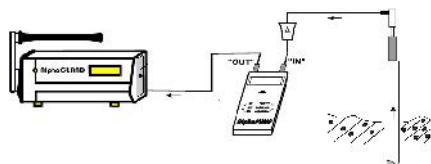
Meritve koncentracije radona v zraku smo izvedli skladno s postopkom DP-LMSAR-3.02 [17]. Merilni instrumenti so umerjeni v sekundarnem laboratoriju BfS v Berlinu, ki je

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 8 %, za merilni instrument RAD7 znaša 8 % [17].

4.1.3. Radon v zemlji

Koncentracijo radona v zemlji smo merili z merilnim instrumentom instrumenti Alphaguard (Genitron, Nem ija) in RAD7 (Durridge, ZDA). V zemljo smo zabili cev (notranji premer 1 cm) v globino 80 - 100 cm. Izvod cevi smo povezali s plasti no cevko preko rpalke do merilnega instrumenta (Slika 3).



Slika 2. Merjenje koncentracije radona v zemlji

4.2. Meritve koncentracije vezanih radonovih potomcev

asovni potek koncentracije vezanih radonovih potomcev za obdobje nekaj dni smo dolo ali z merilnim instrumentom WLM-30 (Working Level Monitor), firme Scintrex iz Kanade in Doseman Pro, Sarad, Nem ija. 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 Bq/m^3 [17].

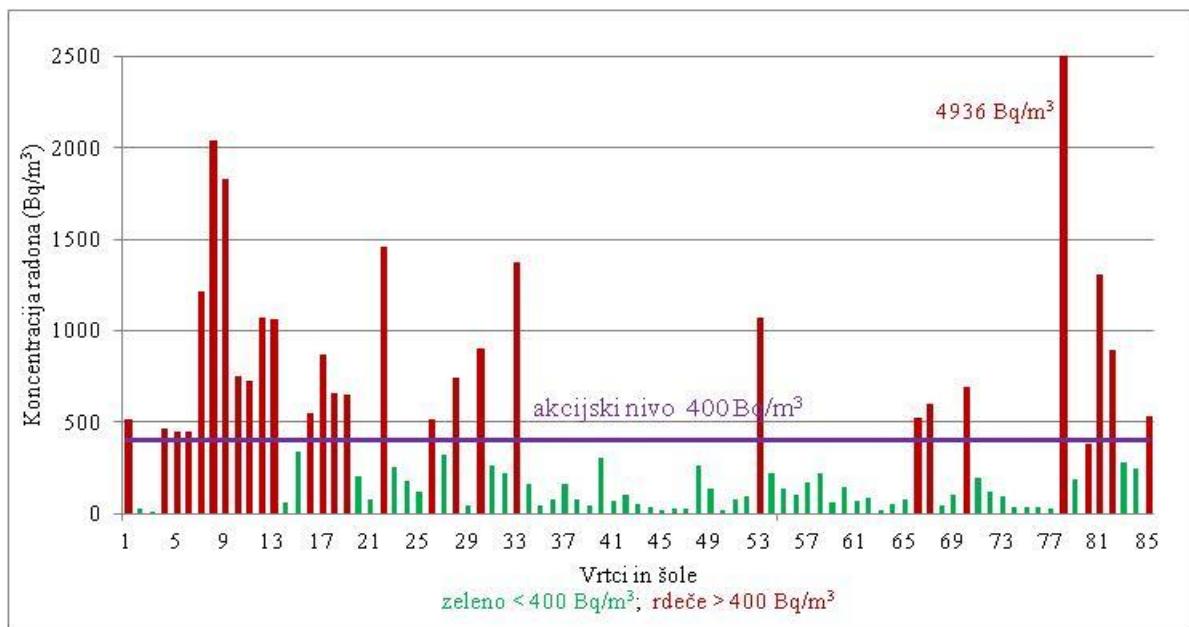
Interval vzor enja za merjenje koncentracije radonovih potomcev v zraku je običajno 30 minut, lahko tudi manj ali največ ena ura. Razmerje med koncentracijo radonovih potomcev in koncentracijo radona je faktor ravnovesja F , ki ga podajamo v procentih. Meritve koncentracije radonovih potomcev v zraku smo izvedli skladno s postopkom DP-LMSAR-3.02 [17]. 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 WLM30 znaša 9 % in za merilni instrument Doseman Pro znaša 10 % [17].

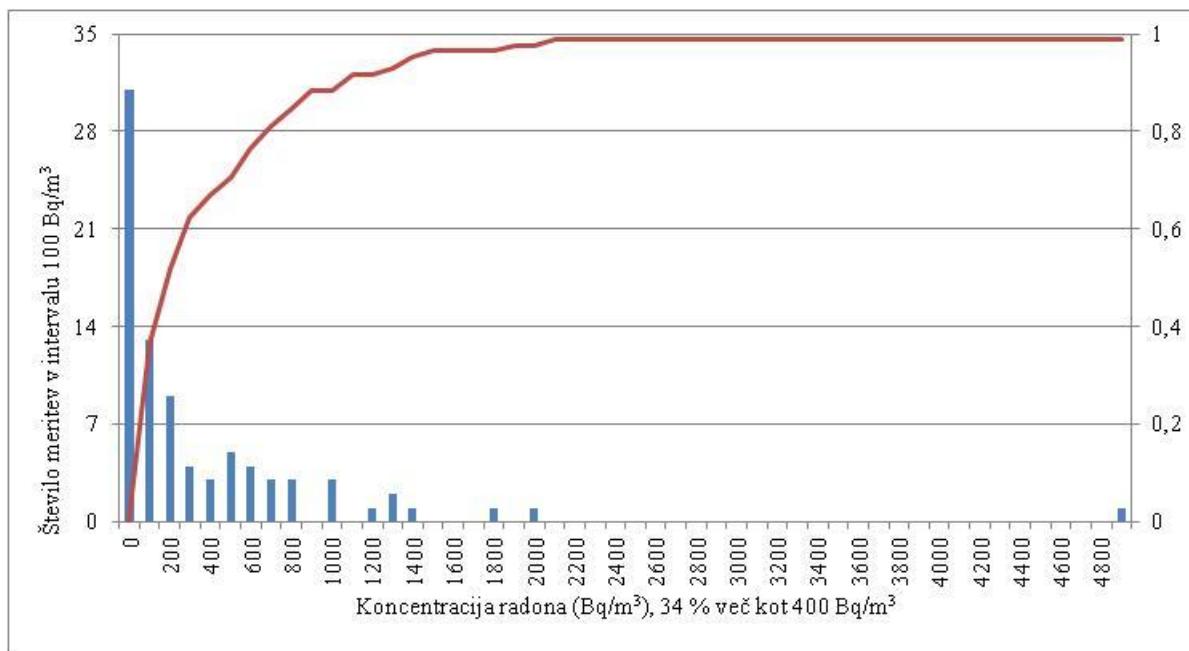
5. Rezultati meritev

5.1. Vrteci in osnovne šole

Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi so prikazani v tabeli 2 in na sliki 3. V dvainpetdesetih (52) objektih smo postavili petinosemdeset (85) detektorjev. V devetindvajsetih prostorih vrtcev in šol so bile izmerjene koncentracije radona višje od 400 Bq/m³ (slika 3).



Slika 3. Histogram koncentracij radona v osnovnih šolah in vrtcih v letu 2013



Slika 4. Verjetnostna in kumulativna porazdelitev izmerjenih koncentracij radona v vrtcih in šolah

Vse izmerjene koncentracije radona, ki skupaj z napako meritve presegajo 400 Bq/m³, so obarvane rdeče. V šestinpetdesetih prostorih izbranih objektov so bile izmerjene vrednosti koncentracije radona nižje od 400 Bq/m³ (obarvano zeleno). Na sliki 4 podajamo verjetnostno in kumulativno porazdelitev izmerjenih koncentracij radona v vrtcih in šolah. V 29 prostorih (34 %) je bila koncentracija radona višja od 400 Bq/m³.

Tabela 2. Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi*

Zap.št.	Št. detektor	Start	Ura	Stop	Ura	Mesto/naročnik	Lokacija	Bq/m ³
1	950396-2	11.3.2012	11	20.5.2013	11	igralnica 1-3. leta	VVO Krka	518 ± 70
2	614538-7	27.2.2013	8	15.4.2013	11	UTHV	OŠ Poljanje	23 ± 6
3	614781-3	27.2.2013	8	15.4.2013	11	1.b razred	OŠ Poljanje	13 ± 4
4	636220-6	28.2.2013	7	16.4.2013	9	učilnica 5	OŠ Prevalje	464 ± 60
5	636013-5	28.2.2013	7	16.4.2013	9	učilnica 4	OŠ Prevalje	450 ± 60
6	635933-5	28.2.2013	7	16.4.2013	9	učilnica 3	OŠ Prevalje	448 ± 60
7	616464-4	25.2.2013	8	15.4.2013	9	kuhinja	OŠ Prevole	1218 ± 150
8	635981-4	25.2.2013	8	15.4.2013	9	1 - igralnica	OŠ Prevole	2040 ± 250
9	614603-9	25.2.2013	8	15.4.2013	9	2 - igralnica	OŠ Prevole	1831 ± 250
10	636119-0	28.2.2013	7	22.4.2013	7	igralnica gumbki	PŠ Buka	748 ± 100
11	614530-4	28.2.2013	7	22.4.2013	7	igralnica ostržki	PŠ Buka	723 ± 90
12	636143-0	26.2.2013	8	17.4.2013	9	učilnica gosp.	OŠ Semčič	1070 ± 130
13	636075-4	26.2.2013	8	17.4.2013	11	telovadnica	PŠ Štrekla	1063 ± 130
14	635979-8	20.2.2013	12	16.4.2013	8	1.igralnica	OŠ Vavta vas	62 ± 8
15	615058-5	20.2.2013	12	16.4.2013	8	2.igralnica	OŠ Vavta vas	339 ± 50
16	577559-8	5.3.2013	8	19.4.2013	10	učilnica 7	OŠ M. Šobar N. Črnomelj	552 ± 70
17	615884-4	4.3.2013	11	16.4.2013	10	učilnica 10	OŠ Vodmat	865 ± 110
18	636163-8	5.3.2013	11	15.4.2013	11	učilnica 27	OŠ Vodmat	656 ± 80
19	614662-5	5.3.2013	7	15.4.2013	14	knjižnica v kleti	OŠ Vodmat	652 ± 80
20	614989-2	5.3.2013	9	15.4.2013	14	mala telovadnica	OŠ Vodmat	207 ± 30
21	615944-6	28.2.2013	9	16.4.2013	13	igralnica pritlije	Mamin vrtec Lj., Dravska 10	77 ± 12
22	636054-9	28.2.2013	9	16.4.2013	13	telovadnica klet	Mamin vrtec Lj., Dravska 10	1461 ± 180
23	614880-3	28.2.2013	11	16.4.2013	14	igralnica Šiška	Mamin vrtec Lj., Kavškova 1	254 ± 40
24	615963-6	22.2.2013	16	16.4.2013	9	jedičnica	PŠ Godovič	180 ± 30
25	635943-4	22.2.2013	16	16.4.2013	9	učilnica 1. nad.	PŠ Godovič	120 ± 20
26	615725-9	22.2.2013	16	17.4.2013	12	učilnica	PŠ Zavratec	518 ± 70
27	615809-1	21.2.2013	11	16.4.2013	11	igralnica	VVO Lokev	322 ± 50
28	614625-2	22.2.2013	10	17.4.2013	13	Igralnica 1, Zajetki	VVO Jasli (Lehte - s. d.)	743 ± 90
29	636104-2	21.2.2013	11	18.4.2013	7	Zvezdice	VVO Divača (nov vrtec)	40 ± 6
30	614714-4	22.2.2013	10	16.4.2013	9	srednjaiigralnica	VVO Komenda	900 ± 110
31	614991-8	22.2.2013	10	16.4.2013	13	igralnica	VVO Tomaj	259 ± 40
32	614557-7	28.2.2013	9	17.4.2013	13	igralnica 4, (Orel)	VVO Nove Jasli (Lehte - n. d.)	224 ± 30
33	636279-2	21.2.2013	11	17.4.2013	11	učilnica 1., 2. razred	PŠ Lokev	1370 ± 170
34	615990-9	5.3.2013	10	16.4.2013	11	rumena učilnica	OŠ Podbrdo	157 ± 30
35	636301-4	5.3.2013	10	16.4.2013	11	balonki	OŠ Podbrdo vrtec	39 ± 6
36	614915-7	5.3.2013	11	16.4.2013	14	2. razred	OŠ Most na Soči	75 ± 10
37	615012-2	5.3.2013	11	15.4.2013	12	igralnica	OŠ Most na Soči - vrtec	157 ± 30
38	616023-8	6.3.2013	14	16.4.2013	11	1. razred	PŠ Dolenja Trebuša	77 ± 12
39	614829-0	6.3.2013	14	16.4.2013	11	igralnica	Vrtec Dolenja Trebuša	47 ± 8
40	615016-3	6.3.2013	14	16.4.2013	10	1. 2. razred	PŠ Šentviška gora	302 ± 40

Tabela 2. Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi (nadaljevanje)*

Zap. št.	Št. detektor	Start	Ura	Stop	Ura	Mesto/naročnik	Lokacija	Bq/m ³
41	616560-9	6.3.2013	14	16.4.2013	12	1. razred	PŠ Podmelec	71 ± 12
42	614848-0	6.3.2013	13	17.4.2013	12	medvedki	vrtec Podmelec	100 ± 20
43	615977-6	5.3.2013	10	16.4.2013	11	2. razred	OŠ Franceta Bevka Tolmin	48 ± 6
44	615983-4	5.3.2013	10	16.4.2013	11	metulj ki	OŠ Tolmin - vrtec na šoli	38 ± 6
45	614504-9	5.3.2013	10	16.4.2013	11	posebni oddelek	PŠ za otroke s posebnimi potrebami	19 ± 4
46	636167-9	5.3.2013	10	16.4.2013	11	1., 3., 4. razred	Podružnična šola Kamno	30 ± 4
47	614670-8	5.3.2013	10	16.4.2013	11	1., 2. razred	PŠ Anton Majnik Vole	25 ± 4
48	614992-6	5.3.2013	10	16.4.2013	11	polžek	Vrtec Tolmin	259 ± 40
49	614687-2	5.3.2013	10	16.4.2013	11	igralnica	Vrtec Volarje	139 ± 20
50	616296-0	5.3.2013	10	16.4.2013	11	igralnica desno	Vrtec Vole	22 ± 4
51	614683-1	5.3.2013	10	18.4.2013	11	1. razred	OŠ S. Gregorija a Kobarid	74 ± 10
52	636204-0	5.3.2013	10	18.4.2013	11	zaj ki	Vrtec Kobarid	94 ± 12
53	615734-1	5.3.2013	10	18.4.2013	11	u ilnica	PŠ Breginj	1067 ± 130
54	615865-3	5.3.2013	10	18.4.2013	11	igralnica	PŠ Breginj - vrtec	221 ± 30
55	636049-9	5.3.2013	10	18.4.2013	11	1., 2. razred	PŠ Drežnica	137 ± 20
56	636056-4	5.3.2013	10	18.4.2013	11	igralnica	PŠ Drežnica - vrtec	104 ± 20
57	614741-7	5.3.2013	10	18.4.2013	11	1. razred	PŠ Mala Smast	173 ± 30
58	614773-0	5.3.2013	10	18.4.2013	11	igralnica	PŠ Mala Smast - vrtec	222 ± 30
59	636384-0	5.3.2013	10	16.4.2013	11	1. razred	OŠ Bovec	59 ± 8
60	614475-2	5.3.2013	10	16.4.2013	11	zaj ki	OŠ Bovec Vrtec Bovec	143 ± 20
61	614676-5	5.3.2013	10	16.4.2013	11	1.- 4. razred	OŠ Bovec PŠ Šoša	71 ± 10
62	614658-3	5.3.2013	10	16.4.2013	11	igralnica	OŠ Bovec PŠ Šoša - vrtec	83 ± 10
63	615996-6	5.3.2013	10	16.4.2013	11	1. razred	OŠ Bovec PŠ Žaga	16 ± 4
64	616006-3	7.3.2013	7	16.4.2013	9	1. razred (Florjan)	OŠ Cerkno	52 ± 10
65	615006-4	7.3.2013	7	16.4.2013	8	igralnica Miške	Enota vrtec Cerkno	75 ± 12
66	615015-5	8.3.2013	8	18.4.2013	11	1. razred	OŠ Cerkno PŠ Novaki	524 ± 70
67	614483-6	8.3.2013	8	18.4.2013	8	1. razred	OŠ Cerkno PŠ Šebrelje	603 ± 80
68	616033-7	6.3.2013	10	16.4.2013	8	1. razred	OŠ Kanal	46 ± 8
69	614722-7	6.3.2013	10	16.4.2013	8	rumeni škrat	OŠ Kanal Vrtec Kanal	106 ± 20
70	935687-4	6.3.2013	10	16.4.2013	11	2., 3. razred	PŠ Kal nad Kanalom	694 ± 90
71	616565-8	6.3.2013	10	16.4.2013	11	igralnica levo	Vrtec Kal nad Kanalom	198 ± 30
72	614493-5	6.3.2013	10	26.4.2013	11	1. razred	OŠ Deskle	118 ± 20
73	614596-5	6.3.2013	10	26.4.2013	11	igralnica 5 (metulj ki)	OŠ Deskle - vrtec	90 ± 12
74	636094-5	6.3.2013	10	22.4.2013	11	1.a razred	OŠ Dobrovo	32 ± 6
75	615067-6	6.3.2013	10	22.4.2013	11	igralnica 1 (traktorji)	Vrtec Dobrovo	33 ± 6
76	615782-0	6.3.2013	10	22.4.2013	11	1.c razred	OŠ Dobrovo PŠ Kojsko	36 ± 6
77	635993-9	6.3.2013	10	22.4.2013	11	jasli	Vrtec Kojsko	30 ± 6
78	635954-1	6.3.2013	10	16.4.2013	11	igralnica 1 (traktorji)	Vrtec Idrija Enota rni vrh	4939 ± 890
79	614731-8	6.3.2013	10	15.4.2013	11	igralnica G1	Vrtec Idrija Enota Godovi	190 ± 30
80	614637-7	6.3.2013	10	15.4.2013	11	SP5 (medvedki)	Vrtec Idrija Enota Sp. Idrija	383 ± 50
81	635947-5	6.3.2013	10	15.4.2013	11	P8	Vrtec Idrija - Prelov eva	1309 ± 160
82	935292-3	11.3.2013	8	16.4.2013	11	u ilnica 1. razred	OŠ Šmihel, PŠ Bir na vas	895 ± 110
83	935437-4	21.5.2013	13	24.9.2013	12	u ilnica 1. razred (U1)	OŠ Šmihel, PŠ Bir na vas	282 ± 40
84	941593-6	11.3.2013	8	16.4.2013	11	igralnica ježi 1. nad.	OŠ Stopice, PŠ Podgrad	242 ± 40
85	938279-7	11.3.2013	8	16.4.2013	11	u ilnica 4. razred (U1)	OŠ Stopice, PŠ Podgrad	530 ± 70

* Vse izmerjene koncentracije radona, ki skupaj z negotovostjo meritve presegajo 400 Bq/m³, so obarvane rdeče

5.1.1. VVO Ivan na Gorica, Vrtec Krka

Vrtec Krka je nov vrtec. Igralnice so v pritli ju in prvem nadstropju. Objekt ni podkleten. V letih 2012 in 2013 smo dolo ali koncentracijo radona z detektorji sledi v igralnici za otroke starosti od enega leta do treh let. Izmerjena koncentracija radona v letu 2012 je bila 580 ± 80 Bq/m³, v letu 2013 pa 518 ± 70 Bq/m³. V igralnici je po tleh položen parket, ob robu so letve. V prostoru ni nobenih sifonov ali odtokov, v tleh ni vidnih razpok, špranje so vidne le za kotnimi letvami ob stiku stena - tla.

V letu 2013 smo iskali vire radona v igralnici. Pod umivalnikom pred vrti v sanitarije smo našli 1 cm debelo špranjo, v katero smo porinili cevko in merili koncentracijo radona (Slika 5). Izmerjena koncentracija radona v špranji je bila 41800 ± 2500 Bq/m³.



Slika 5. Iskanje virov radona v špranji pod umivalnikom

Lokacija: Igralnica

Datum meritev: 18.3.2013 ob 10:00

Merilni instrument: RAD7

Izmerjena koncentracija radona v špranji kaže na to, da so špranje ob stiku stena - tla mo an vir radona. A kljub temu so povpre ne koncentracije radona, izmerjene z detektorji sledi zimskem obdobju v letih 2012 in 2013 nizke. Na podlagi rezultatov meritev predvidevamo, da so glavni razlog za povišano koncentracijo radona v igralnici poslabšanje vremena in obdobja inverzije. Glede na to, da se prostor dnevno ve krat prezra uje (odpirajo okna in vrata), je vasu obratovanja vrtca koncentracija radona nižja od 400 Bq/m³. Smatramo, da je

ob asno odpiranje oken zadostno in ne predlagamo nobenih ukrepov sanacije. Predlagamo, da se meritve z detektorji sledi še enkrat ponovijo v obdobju tri do pet let. Če se bo koncentracija radona povišala, bo to posledica novih razpok, nastalih v temeljni plošči.

5.1.2. VVO Sežana, Vrtec Diva a (nov)

Vrtec Diva a je nov vrtec. Vrtec je podkleten, kletni prostori so visoki 3 m. V vseh igralnicah je po tleh položen linolej, v tleh ni vidnih nobenih špranj, razpok ali odtokov. Odtoki iz umivalnikov, cevi za ogrevanje in električne instalacije so vgrajeni v stene. V vrtcu smo določili koncentracijo radona z detektorji sledi v igralnici Zvezdice. Izmerjena koncentracije radona je bila $40 \pm 6 \text{ Bq/m}^3$ (Tabela 2). Ker v igralnicah ni bilo možno izvajati meritve iskanja virov radona, smo iskali vire radon v kletnih prostorih. Meritve smo izvedli v sifonu v sanitarijah (Slika 6) in v jašku v prostoru hrpalisca (Slika 7). Rezultati meritve so prikazani v tabeli 3.



Slika 6. Koncentracija radona v sifonu



Slika 7. Koncentracija radona v jašku v hrpalisca

Tabela 3. Iskanje virov radona

Lokacija: Vrtec Diva a

Datum meritev: 21.2.2013 ob 10:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m^3)
Sifon v sanitarijah	Alphaguard	5800 ± 400
Jašek v hrpalisca	RAD7	5000 ± 500

Meritve iskanja virov radona so pokazale, da je v kletnih prostorih možno povišanje koncentracije radona, a ker je objekt v celoti podkleten in povezan s pritlijem samo s stopniščem na hodnik, povišana koncentracija radona v kletnih prostorih ne doprinese k povišanju koncentracije radona v igralnicah. Izmerjena koncentracija radona v igralnici je nizka, zato ne predlagamo nobenih ukrepov sanacije.

5.1.3. Vrtec Sežana, Enota Komen

V vrtcu Komen smo določili koncentracijo radona z detektorji sledi v letih 2008, 2010, 2011 in 2013 (Tabela 4). Zaradi povišanih koncentracij radona v igralnici vrtca smo v letu 2012 merili tudi koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti, v letu 2013 pa smo iskali vire radona v srednji igralnici vrtca. Meritve naj bi se izvedle po razširitvi vrtca (izgradnja novih igralnic) v letu 2013, vendar se je gradnja za elaz z zamudo, zato igralnica vrtca še ni bila sanirana.

Tabela 4. Koncentracija radona v vrtcu Komen

Lokacija: srednja igralnica

Leto	Koncentracija radona (Bq/m ³)
2008	316 ± 35
2010	700 ± 90
2011	925 ± 120
2012	850 ± 110
2013	900 ± 110

Po tleh je položen linolej, ni vidnih lukenj ali razpok, ob stikih stene s tlemi je vidna 0.5 cm debela plast stiropora, ki je namenjena dilataciji plavajočega tlaka in stene.

Iskali smo vire radona v vrtcu. Eno meritve smo izvedli v igralnici v kotu v tleh (Slika 8), kjer je bila manjša špranja in smo prišli s cevko okoli 15 cm globoko v razpoko v temeljni plošči, drugo v špranji ob vhodnih vratih v igralnico, tretjo pa v sifonu v sanitarijah (Slika 9). Rezultati meritve iskanja virov radona so prikazani v tabeli 5.



Slika 8. Koncentracija radona v špranji v tleh



Slika 9. Koncentracija radona v sifonu v WC-ju

Tabela 5. Iskanje virov radona

Lokacija: Vrtec Komen, srednja igralnica

Datum meritve: 22.2.2013 ob 9:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Špranja v tleh	Alphaguard	17100 ± 1000
Špranja ob vhodnih vratih	RAD7	10000 ± 500
Sifon v otroškem stranišču (prvi)	RAD7	800 ± 300

Glede na to, da sanacija vrtca še ni bila dokončana, smo priakovali povišane koncentracije radona v igralnici. Predlagamo, da se po izvršeni dograditvi vrtca in sanaciji igralnice izvedejo meritve koncentracije radona z detektorji sledi v sanirani igralnici in v eni od novih igralnic.

5.1.4. OŠ Stopi e, PŠ Podgrad

Podružni na šola Podgrad je star objekt z debelimi kamnitimi stenami (Slika 10). V Podružni ni šoli Podgrad smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi že v letu 2011. Izmerjena koncentracija v u ilnici 5. razred je bila $771 \pm 100 \text{ Bq/m}^3$. Zaradi povišane koncentracije radona smo v letu 2012 ponovili meritve z detektorji sledi v u ilnici 5. razred in v igralnici vrtca in isto asno določili asovni potek koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v u ilnici 5. razred. U ilnica, v kateri smo izvajali meritve, se nahaja v pritliju in ni podkletena, leži na nasutju, kletni prostori s kuhinjo in jedilnico so pod hodnikom pred u ilnico. V u ilnici je po tleh položen parket, letve dobro tesnijo prostor med steno in tlemi, zato ni vidnih špranj (Slika 11).



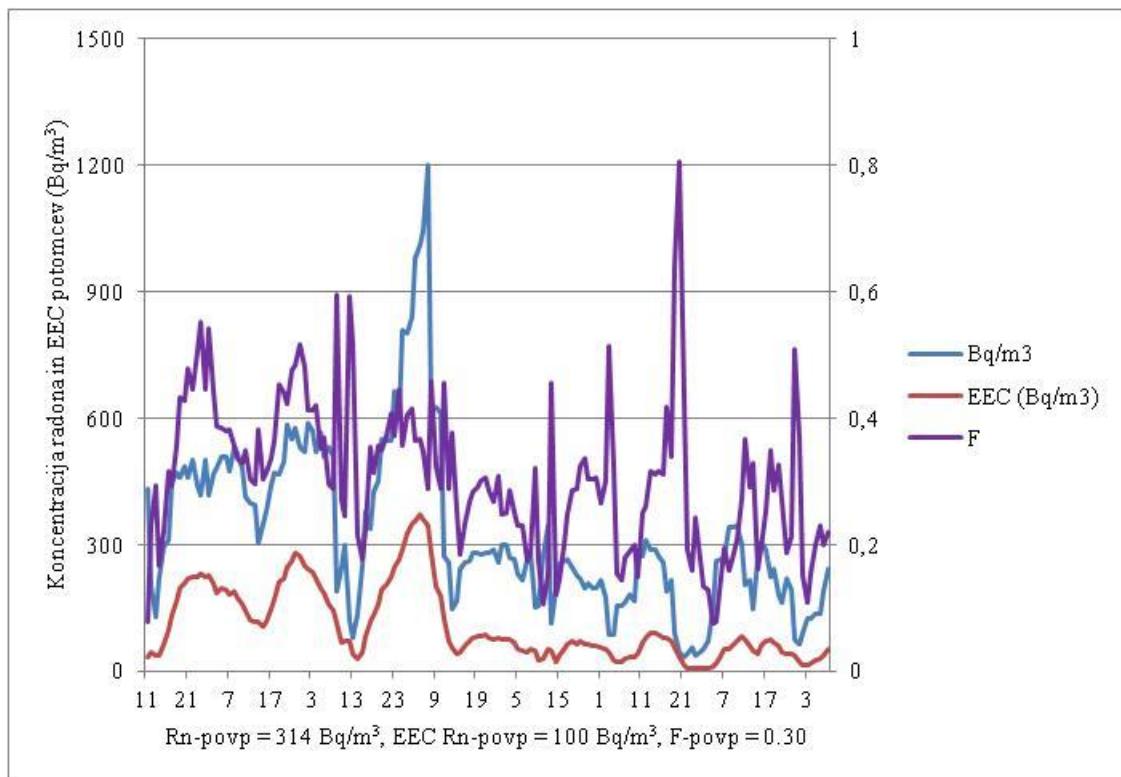
Slika 10. Podružni na šola Podgrad

Koncentracija radona, izmerjena z detektorji sledi v letu 2012, je bila $670 \pm 90 \text{ Bq/m}^3$. V letu 2013 smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v isti u ilnici in v igralnici vrtca v prvem nadstropju. Koncentracija radona v u ilnici je bila $530 \pm 70 \text{ Bq/m}^3$, v igralnici pa $242 \pm 40 \text{ Bq/m}^3$ (Tabela 2).

Določili smo asovni potek koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v u ilnici. Rezultati meritve z merilnimi instrumenti so prikazani na sliki 12 in v tabeli 6. Povprečna koncentracija radona v u ilnici meritve je bila $314 \pm 29 \text{ Bq/m}^3$, povprečna koncentracija radonovih potomcev v u ilnici meritve je bila $100 \pm 14 \text{ Bq/m}^3$, povprečna vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.30 (0.08 – 0.81).



Slika 11. U ilnica 5. razred

Slika 12. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija: PŠ Podgrad, u ilnica 4. razred

Datum meritev: 11.3.2013 ob 11:00 do 18.3.2013 ob 8:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, Doseman Pro 199

Tabela 6. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija: PŠ Podgrad, učilnica 4. razred

Datum meritev: 11.3.2013 ob 11:00 do 18.3.2013 ob 8:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, Doseman Pro 199

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
11	434	34	0,08
12	203	47	0,23
13	128	38	0,29
14	219	36	0,17
15	295	66	0,22
16	310	98	0,32
17	449	132	0,29
18	473	169	0,36
19	458	198	0,43
20	486	207	0,43
21	458	219	0,48
22	501	223	0,45
23	441	223	0,51
24	417	230	0,55
1	501	223	0,45
2	419	227	0,54
3	469	207	0,44
4	484	187	0,39
5	509	196	0,38
6	509	194	0,38
7	475	181	0,38
8	533	190	0,36
9	518	174	0,34
10	482	158	0,33
11	415	145	0,35
12	398	121	0,30
13	394	116	0,30
14	304	116	0,38
15	349	106	0,30
16	379	119	0,31
17	441	148	0,34
18	473	172	0,36
19	467	211	0,45
20	499	220	0,44
21	586	249	0,42
22	552	263	0,48
23	578	279	0,48
24	531	274	0,52
1	520	251	0,48
2	591	244	0,41
3	569	235	0,41
4	522	220	0,42

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
5	565	198	0,35
6	507	187	0,37
7	533	158	0,30
8	507	146	0,29
9	192	114	0,60
10	248	67	0,27
11	302	74	0,25
12	123	73	0,59
13	81	42	0,52
14	137	30	0,22
15	253	44	0,18
16	381	86	0,22
17	338	120	0,35
18	426	133	0,31
19	452	161	0,36
20	552	193	0,35
21	548	204	0,37
22	548	223	0,41
23	663	246	0,37
24	599	267	0,45
1	809	290	0,36
2	800	325	0,41
3	839	348	0,41
4	980	358	0,37
5	1010	371	0,37
6	1044	363	0,35
7	1198	347	0,29
8	616	283	0,46
9	625	202	0,32
10	612	177	0,29
11	273	124	0,46
12	257	74	0,29
13	148	56	0,38
14	166	42	0,25
15	245	46	0,19
16	260	60	0,23
17	262	71	0,27
18	282	80	0,28
19	282	82	0,29
20	276	83	0,30
21	282	87	0,31
22	282	81	0,29

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
23	289	78	0,27
24	259	80	0,31
1	302	75	0,25
2	300	75	0,25
3	271	78	0,29
4	268	67	0,25
5	233	54	0,23
6	218	50	0,23
7	268	47	0,17
8	287	54	0,19
9	153	49	0,32
10	157	27	0,17
11	278	30	0,11
12	345	54	0,16
13	112	51	0,46
14	196	24	0,12
15	255	36	0,14
16	262	52	0,20
17	265	66	0,25
18	247	71	0,29
19	229	66	0,29
20	221	72	0,32
21	197	66	0,34
22	211	64	0,30
23	199	60	0,30
24	198	60	0,31
1	215	57	0,27
2	173	52	0,30
3	87	44	0,51
4	88	29	0,32
5	154	24	0,16
6	157	23	0,14
7	164	30	0,18
8	181	34	0,19
9	166	33	0,20
10	289	43	0,15
11	274	68	0,25
12	310	81	0,26
13	289	91	0,32
14	289	90	0,31
15	274	87	0,32

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
16	260	81	0,31
17	190	80	0,42
18	215	73	0,34
19	91	58	0,64
20	44	35	0,81
21	34	15	0,43
22	42	8	0,19
23	57	9	0,16
24	37	9	0,24
1	45	8	0,18
2	51	7	0,13
3	71	9	0,13
4	148	11	0,08
5	261	21	0,08
6	268	40	0,15
7	269	52	0,20
8	342	55	0,16
9	340	60	0,18
10	345	72	0,21
11	300	82	0,27
12	205	75	0,37
13	215	63	0,29
14	149	49	0,33
15	269	43	0,16
16	308	60	0,20
17	289	73	0,25
18	223	78	0,35
19	243	70	0,29
20	181	59	0,33
21	164	44	0,27
22	220	41	0,19
23	193	41	0,21
24	76	39	0,51
1	65	24	0,37
2	90	14	0,15
3	126	14	0,11
4	126	19	0,15
5	137	27	0,20
6	138	32	0,23
7	188	38	0,20
8	243	54	0,22

Iskali smo tudi vire radona in sicer v učilnici 4. razred v manjši špranji pod tablo in v reži ob vhodnih vratih (Slika 13, Slika 14). Rezultati meritve so prikazani v tabeli 7.



Slika 13. Koncentracija radona v špranji



Slika 14. Koncentracija radona pri vhodnih vratih

Tabela 7. Iskanje virov radona

Lokacija: PŠ Podgrad, učilnica 4. razred

Datum meritve: 11.3.2013 ob 11:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Špranja pod tablo	Alphaguard	2000 ± 250
Reža v tleh pri vhodnih vratih v učilnici	RAD7	13800 ± 450

Predlagamo, da se preverijo tla (odstranijo stranske letve) in zatesnijo vse vidne reže vzdolž stikov tla – stena. V kolikor to ne bo zadovoljivo znižalo koncentracije radona v učilnici, bo potrebno sanirati tla v učilnici.

5.1.5. OŠ Šmihel, PŠ Bir na vas

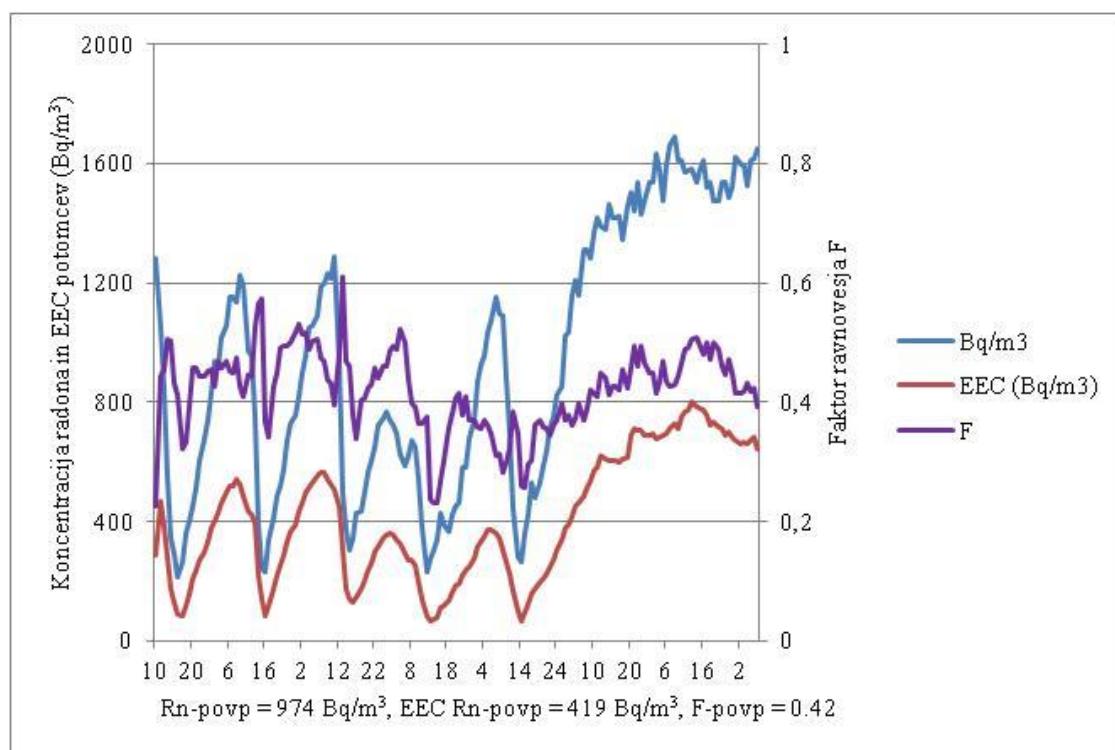
V Podružnični šoli Bir na vas smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v učilnici 1. razred v zimskem obdobju že v letu 2011 in jih ponovili v letih 2012 in 2013 (Tabela 8). V letu 2013 smo izvajali meritve koncentracije radona v učilnici tudi v poletnem obdobju. Izmerjena koncentracija radona je bila 282 ± 40 Bq/m³. Kot je razvidno iz rezultatov meritve, so izmerjene koncentracije radona povisane samo v zimskem obdobju, v nasprotno pa v poletnem obdobju.

Tabela 8. Koncentracija radona v učilnici 1. razred

Leto	Koncentracija radona (Bq/m ³)
2011	1000 ± 130
2012	910 ± 120
2013	895 ± 110

Isto asno dolo ali asovni potek koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v u ilnici 1. razred. U ilnica se nahaja v pritli ju in ni podkletena. Objekt je star, z debelimi stenami. V u ilnici je po tleh linolej (na novo položen), obrobe sicer dobro tesnijo prostor med steno in tlemi, a ponekod so zaradi vlage odlepljene. Za odlepljeno obrobo so vidne razpoke. V tleh ni vidnih špranj ali lukenj. V u ilnici je umivalnik, pod katerim je sifon. Na hodniku pred u ilnico ni vidnih nobenih špranj, ni odtokov ali sifonov.

Rezultati meritev koncentracije radona in radonovih potomcev v u ilnici 1. razred so prikazani na sliki 15 in v tabeli 9. Povpre na koncentracija radona v asu meritve je bila $974 \pm 78 \text{ Bq/m}^3$, povpre na koncentracija radonovih potomcev v asu meritve je bila $419 \pm 46 \text{ Bq/m}^3$, povpre na vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.42 (0.07 – 0.61).



Slika 15. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m^3

Lokacija: PŠ Bir na vas, u ilnica 1. razred

Datum meritev: 11.3.2013 ob 10:00 do 18.3.2013 ob 7:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, Doseman Pro 211

Izmerjene koncentracije radona so bile najnižje v popoldanskem asu, v asu iš enja u ilnic. V asu izvajanja pouka koncentracija radona v u ilnici ni padla pod 400 Bq/m^3 (Slika 15), kar pomeni, da se u ilnica ob asno ni prezra evala (okna niso bila odprta).

Tabela 9. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija: PŠ Bir na vas, u ilnica 1. razred

Datum meritev: 11.3.2013 ob 10:00 do 18.3.2013 ob 7:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, Doseman Pro 211

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
10	1280	287	0,22
11	1048	466	0,44
12	848	385	0,45
13	552	279	0,51
14	346	174	0,50
15	294	127	0,43
16	215	88	0,41
17	264	85	0,32
18	358	120	0,33
19	402	158	0,39
20	452	207	0,46
21	512	234	0,46
22	604	268	0,44
23	676	299	0,44
24	740	334	0,45
1	828	377	0,46
2	936	399	0,43
3	916	430	0,47
4	1016	464	0,46
5	1056	496	0,47
6	1152	520	0,45
7	1152	518	0,45
8	1136	540	0,48
9	1224	523	0,43
10	1192	486	0,41
11	972	432	0,44
12	952	421	0,44
13	752	394	0,52
14	390	220	0,57
15	244	140	0,57
16	233	86	0,37
17	340	116	0,34
18	414	177	0,43
19	486	218	0,45
20	520	256	0,49
21	576	285	0,49
22	672	333	0,49
23	728	365	0,50
24	756	391	0,52
1	816	433	0,53
2	900	464	0,52
3	956	495	0,52

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
4	1048	511	0,49
5	1056	532	0,50
6	1088	550	0,51
7	1184	561	0,47
8	1200	561	0,47
9	1232	540	0,44
10	1216	525	0,43
11	1288	510	0,40
12	932	450	0,48
13	496	302	0,61
14	370	174	0,47
15	306	141	0,46
16	344	130	0,38
17	426	144	0,34
18	434	176	0,40
19	494	201	0,41
20	564	238	0,42
21	604	259	0,43
22	648	296	0,46
23	720	316	0,44
24	744	343	0,46
1	768	354	0,46
2	740	360	0,49
3	724	357	0,49
4	692	337	0,49
5	624	326	0,52
6	588	294	0,50
7	620	271	0,44
8	672	268	0,40
9	648	254	0,39
10	544	199	0,36
11	382	139	0,36
12	228	86	0,38
13	276	66	0,24
14	304	70	0,23
15	336	78	0,23
16	426	114	0,27
17	390	118	0,30
18	368	132	0,36
19	420	161	0,38
20	452	183	0,41
21	462	192	0,42

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
22	580	219	0,38
23	580	238	0,41
24	676	250	0,37
1	740	275	0,37
2	872	313	0,36
3	928	330	0,36
4	952	352	0,37
5	1032	371	0,36
6	1072	373	0,35
7	1152	359	0,31
8	1096	342	0,31
9	1088	307	0,28
10	880	263	0,30
11	700	225	0,32
12	444	171	0,39
13	284	99	0,35
14	264	68	0,26
15	360	92	0,26
16	420	124	0,30
17	528	159	0,30
18	478	173	0,36
19	528	196	0,37
20	584	210	0,36
21	636	227	0,36
22	716	247	0,34
23	748	271	0,36
24	824	304	0,37
1	852	340	0,40
2	1020	377	0,37
3	1032	391	0,38
4	1160	419	0,36
5	1208	448	0,37
6	1160	462	0,40
7	1312	485	0,37
8	1312	512	0,39
9	1280	537	0,42
10	1368	569	0,42
11	1416	579	0,41
12	1392	623	0,45
13	1376	607	0,44
14	1464	605	0,41
15	1416	602	0,43
16	1416	602	0,43
17	1424	600	0,42
18	1344	611	0,45

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
19	1456	618	0,42
20	1504	689	0,46
21	1440	713	0,50
22	1536	708	0,46
23	1432	708	0,49
24	1472	686	0,47
1	1536	691	0,45
2	1536	692	0,45
3	1632	679	0,42
4	1576	683	0,43
5	1472	691	0,47
6	1592	693	0,44
7	1664	710	0,43
8	1688	726	0,43
9	1608	712	0,44
10	1608	750	0,47
11	1568	766	0,49
12	1576	772	0,49
13	1584	802	0,51
14	1536	783	0,51
15	1584	781	0,49
16	1608	771	0,48
17	1520	758	0,50
18	1536	724	0,47
19	1472	735	0,50
20	1472	719	0,49
21	1536	709	0,46
22	1536	686	0,45
23	1488	700	0,47
24	1520	684	0,45
1	1624	674	0,41
2	1600	662	0,41
3	1592	667	0,42
4	1528	658	0,43
5	1608	671	0,42
6	1616	684	0,42
7	1648	645	0,39

Iskali smo tudi vire radona in sicer v učilnici 1. razred v manjši špranji pod oknom, v špranji pod tablo in v špranji v kleti. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 10.

Tabela 10. Iskanje virov radona

Lokacija: PŠ Bir na vas, učilnica 1. razred

Datum meritev: 18.3.2013 ob 10:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Špranja ob steni pod oknom	RAD 7	5500 ± 400
Špranja pod tablo	Alphaguard	2500 ± 300
Špranja v kleti	RAD 7	15000 ± 1000

Z merilnim instrumentom RAD7 smo določili koncentracijo radona v zemlji v globini 80 cm na travniku za šolo (Slika 16, Tabela 11).

Tabela 11. Koncentracija radona v zemljji

Lokacija: travnik ob PŠ Bir na vas

Datum meritev: 11.3.2013 ob 11:00

Zemljepisne koordinate: N45° 45' 38.3''; E15° 09' 5.4''	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Zemlja – globina 80 cm	RAD 7	59400 ± 3000



Slika 16. Koncentracija radona v zemljji

Rezultati meritev koncentracije radona v zemlji kažejo na to, da je zemlja močan vir radona, a ker v učilnici nismo našli močne vire, smatramo, da so večje špranje ob stenah zakrite z linolejem ali pa so tla pod linolejem razpokana. Predlagamo, da se preverijo tla (odstranijo stranske letve) in zatesnijo vse vidne reže vzdolž stikov tla – stena. V kolikor to ne bo zadovoljivo znižalo koncentracije radona v učilnici, bo najbrž potrebno sanirati tla.

5.1.6. OŠ Sežana, PŠ Lokev

Podružni na šola Lokev je obnovljena. Po tleh je položen parket, ob robovih so kotne letve, za katerimi so vidne reže. Po hodniku, straniš ih in kuhinji so položene ploš ice. Objekt ni podkleten. Pod temeljno ploš o so položene cevi, povezane s cevjo, ki poteka ob dimniku do vrha objekta. Na podstrešju je v cev priklju en ventilator, ki rpa zrak izpod temeljne ploš e na prosto. Ob ventilatorju je ura s asovno nastavivijo delovanja ventilatorja.

Meritve koncentracije radona z detektorji sledi smo izvajali že v letu 2012 v u ilnici 1. razreda v pritli ju. Izmerjena koncentracija radona je bila $1820 \pm 310 \text{ Bq/m}^3$, v letu 2013 pa $1370 \pm 170 \text{ Bq/m}^3$ (Tabela 2). V asu izvajanja meritev so ponastavili as delovanja ventilatorja in sicer od 6. do 14. ure med delavniki, med vikendom ventilacija ni delovala.

Dne 21.2.2013 smo iskali vire radona v šoli in sicer v u ilnici 1. razred (Slika 17), telovadnica (Slika 18), sanitarije de ki (Slika 19) in sanitarije zaposleni (Slika 20) v pritli ju Rezultati meritev so prikazani v tabeli 12.

Tabela 12. Iskanje virov radona

Lokacija: PŠ Lokev, u ilnica 1. razred

Datum meritev: 21.2.2013 ob 11:00

Lokacija meritev	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Špranja v u ilnici	Alphaguard	15000 ± 1000
Telovadnica – špranja ob steni	RAD 7	2000 ± 600
Sanitarije de ki - sifon	Alphaguard	1400 ± 300
Sanitarije zaposleni - sifon	RAD 7	1000 ± 200



Slika 17. Radon v špranji - u ilnica



Slika 18. Radon v špranji - telovadnica



Slika 19. Radon v sifonu – WC de ki



Slika 20. Radon v sifonu – WC odrasli

Glede na rezultate meritve koncentracije radona z detektorji sledi in koncentracije radona v špranji v u ilnici 1. razred ugotavljamo, da je prisilno prezra evanje delovalo kot je bilo predlagano (da deluje v zimskem obdobju od novembra do aprila vesas obratovanja šole), a zaradi kraškega terena (prevelikih razpok) ali drugih zapor pod temeljno ploščo ventilator ni dovolj močan, da bi odvajal ustrezni volumen zraka.

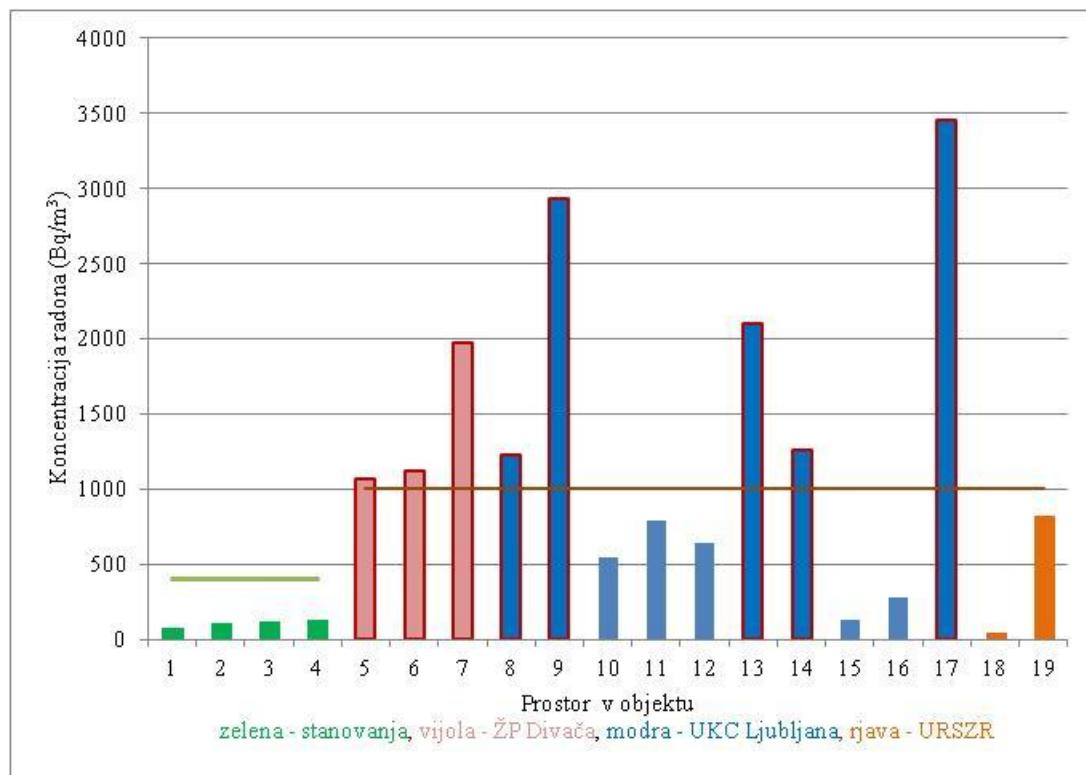
Meritve asovnega poteka koncentracije radona in potomcev z merilnimi instrumenti v oktobru v letu 2012 so sicer pokazale nizke vrednosti med poukom (Poročilo LMSAR-20120006-A-PJ, str. 58, slika 32).

Predlagamo, da se ponovijo meritve koncentracije radona z detektorji sledi v u ilnici v pritliju, v telovadnicu in v u ilnici v prvem nadstropju v zimskem in poletnem obdobju in izvedejo meritve asovnega poteka koncentracije radona z merilnimi instrumenti pri vklopljenem in izklopljenem prisilnem prezrajanju, da ugotovimo dejanski uinek prisilnega prezrajanja.

5.2. Ostali objekti

Koncentracijo radona z detektorji sledi smo določili v treh ustanovah, MORS, URSZR, Ljubljana, MORS, URSZR Ig, UKC Ljubljana, Slovenske železnice ŽP Diva a, Slovenske železnice SZ VIT d. o. o., Diva a ter štirih stanovanjih v Idriji, zgrajenih na žgalniških ostankih. Skupaj smo opravili devetnajst meritve koncentracije radona z detektorji sledi, dve meritvi asovnega poteka koncentracije radona in radonovih potomcev, tri meritve iskanja virov radona v objektih in eno meritve okoljskega doznega ekvivalenta sevanja gama H*(10) v stanovanju. Izmerjena koncentracija radona v nobenem stanovanju ni presegala 400 Bq/m³ (Tabela 13). Okoljski dozni ekvivalent H*(10) v izbranem stanovanju je bil 0.122 mSv/mesec.

Rezultati meritve koncentracije radona z detektorji sledi so prikazani v tabeli 13. Izmerjene koncentracije radona v izbranih prostorih, ki skupaj z negotovostjo meritve presegajo 1000 Bq/m³, oziroma 400 Bq/m³ za bivalno okolje, so obrobljene redne (Slika 21).



Slika 21. Koncentracija radona v prostorih URSZR, UKC, SŽ in stanovanjih (Bq/m³)

Tabela 13. Koncentracija radona v prostorih URSZR, UKC, SŽ in stanovanjih (Bq/m³)

Zap.št.	Detektor	Ura	Start	Stop	Ura	Lokacija	Objekt	Bq/m³
1	614524-7	11	21.2.2013	16.4.2013	13	pritli je	Tratnik, Lapajnetova 13, Idrija	77 ± 10
2	614542-9	11	21.2.2013	16.4.2013	13	pritli je	Paurevi, Kosovelova 21, Idrija	107 ± 20
3	636106-7	13	21.2.2013	16.4.2013	12	pritli je + TLD	Logar, Vodnikova 14, Idrija	116 ± 20
4	614618-7	13	21.2.2013	16.4.2013	13	pritli je	Pavši, Arkova 6, Idrija,	133 ± 20
5	614519-7	11	21.2.2013	15.4.2013	11	prom pisarna	ŽP Divača	1070 ± 130
6	614655-9	11	21.2.2013	15.4.2013	11	US - klet	SŽ VIT d. o. o.	1118 ± 140
7	614467-9	11	21.2.2013	15.4.2013	11	pisarna obrat.	SŽ VIT d. o. o.	1969 ± 300
8	615928-9	8	25.2.2013	17.4.2013	8	soba 40 b (2)	UKC, Ljubljana, Bohoričeva	1230 ± 150
9	614884-5	8	25.2.2013	17.4.2013	8	soba 17 (1)	UKC, Ljubljana, Bohoričeva	2930 ± 530
10	614950-4	8	25.2.2013	17.4.2013	8	soba 52 (3)	UKC, Ljubljana, Bohoričeva	546 ± 70
11	615831-5	8	25.2.2013	17.4.2013	8	soba 41 (2)	UKC, Ljubljana, Bohoričeva	789 ± 100
12	614719-3	8	25.2.2013	17.4.2013	8	soba 21 (2)	UKC, Ljubljana, Bohoričeva	643 ± 80
13	614628-6	8	25.2.2013	17.4.2013	8	soba 18 (1)	UKC, Ljubljana, Bohoričeva	2100 ± 320
14	636290-9	8	25.2.2013	17.4.2013	8	soba 19 (1)	UKC, Ljubljana, Bohoričeva	1263 ± 160
15	636179-4	8	25.2.2013	17.4.2013	8	soba 57 (3)	UKC, Ljubljana, Bohoričeva	128 ± 30
16	636375-8	8	25.2.2013	17.4.2013	8	soba 58 (3)	UKC, Ljubljana, Bohoričeva	282 ± 40
17	615762-2	8	25.2.2013	17.4.2013	8	soba 20 (1)	UKC, Ljubljana, Bohoričeva	3450 ± 620
18	930900-6	13	11.3.2013	22.4.2013	10	soba K07	MORS, URSZR Ljubljana	45 ± 8
19	932588-7	9	14.3.2013	16.4.2013	8	u ilnica 87NUS	MORS, URSZR IG	821 ± 110

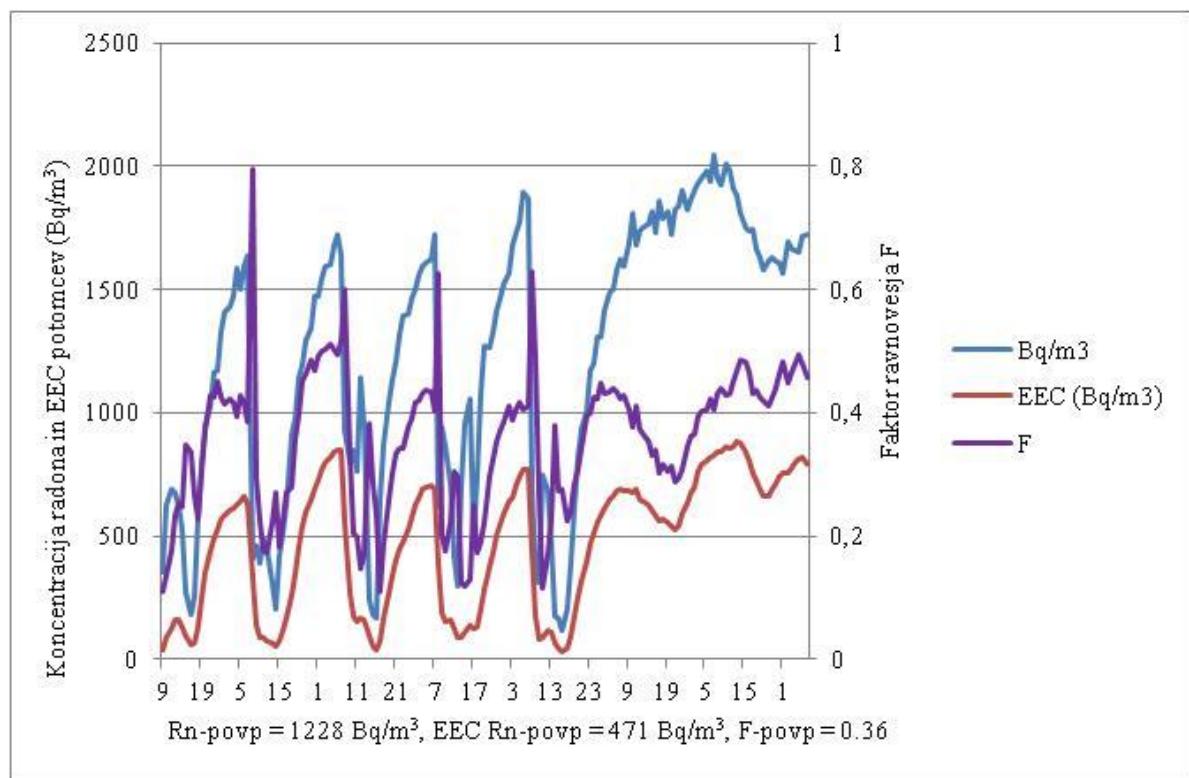
* Vse izmerjene koncentracije radona, ki skupaj z negotovostjo meritve presegajo 1000 Bq/m³, so obarvane rdeče

5.2.1. UKC Ljubljana, Bohoričeva ulica

Objekt UKC na Bohoričevi ulici je star in delno podkleten. Tudi v kletnih prostorih so delovna mesta zaposlenih. V delovnih prostorih je po tleh položen parket, ob stikih s stenami so kotne letve, ki delno zakrivajo špranje med steno in tlemi. V objektu smo določili koncentracijo radona in radonovih potomcev z detektorji sledi v desetih prostorih. V petih prostorih je izmerjena koncentracija radona presegala 1000 Bq/m^3 in kar v osmih prostorih je presegala 400 Bq/m^3 (Tabela 2). Meritve smo izvajali v dveh prostorih, v sobi 19 b in sobi 51. Meritve smo izvajali v asu od 25.2.2013 do 4.3.2013.

5.2.1.1. Koncentracija radona in radonovih potomcev, UKC, soba 19 b

Rezultati meritve koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v sobi 19 b so prikazani na sliki 22 in v tabeli 14. Povprečna koncentracija radona v asu meritve je bila $1228 \pm 101 \text{ Bq/m}^3$, povprečna koncentracija radonovih potomcev v asu meritve je bila $471 \pm 54 \text{ Bq/m}^3$, povprečna vrednost faktorja ravnoteže F je bila 0.36 (0.11 – 0.79).



Slika 22. Koncentracija radona in ravnotešna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m^3

Lokacija merjenja: soba 19 b

Datum meritve: 25.2.2013 ob 9:00 do 4.3.2013 ob 7:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, Doseman Pro 211

Tabela 14. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija merjenja: soba 19 b

Datum meritve: 25.2.2013 ob 9:00 do 4.3.2013 ob 7:00

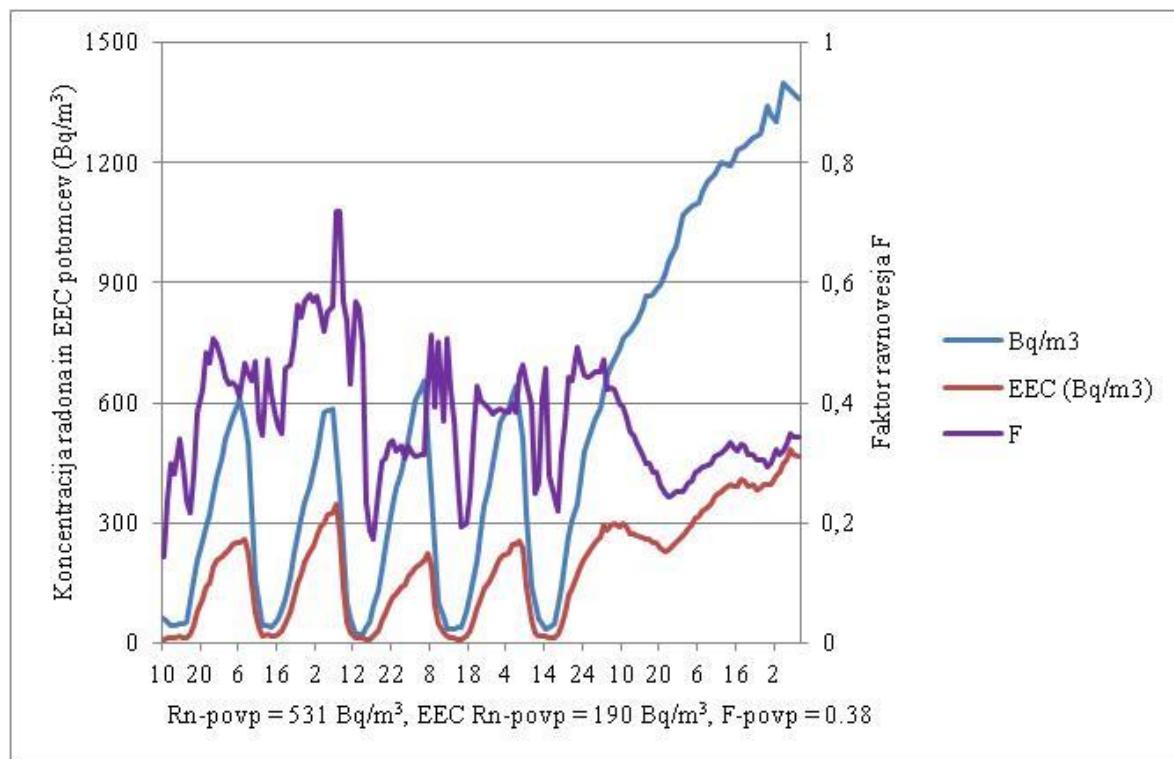
Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, Doseman Pro 211

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
9	352	39	0,11	4	1600	820	0,51
10	624	85	0,14	5	1680	843	0,50
11	688	121	0,18	6	1720	849	0,49
12	676	158	0,23	7	1640	848	0,52
13	628	160	0,25	8	928	558	0,60
14	528	131	0,25	9	796	264	0,33
15	276	96	0,35	10	848	174	0,21
16	181	61	0,34	11	760	150	0,20
17	251	67	0,26	12	1144	169	0,15
18	576	130	0,23	13	944	160	0,17
19	792	242	0,31	14	241	92	0,38
20	948	352	0,37	15	184	52	0,28
21	1024	438	0,43	16	168	39	0,23
22	1160	493	0,43	17	644	70	0,11
23	1168	527	0,45	18	872	163	0,19
24	1328	565	0,43	19	1040	270	0,26
1	1408	584	0,41	20	1136	342	0,30
2	1432	603	0,42	21	1208	403	0,33
3	1472	614	0,42	22	1312	448	0,34
4	1584	624	0,39	23	1392	477	0,34
5	1504	643	0,43	24	1400	527	0,38
6	1592	662	0,42	1	1464	573	0,39
7	1640	634	0,39	2	1504	628	0,42
8	408	324	0,79	3	1560	656	0,42
9	462	135	0,29	4	1592	687	0,43
10	392	88	0,23	5	1608	700	0,44
11	486	86	0,18	6	1624	706	0,43
12	448	77	0,17	7	1720	693	0,40
13	308	68	0,22	8	620	388	0,63
14	201	54	0,27	9	944	189	0,20
15	420	76	0,18	10	864	152	0,18
16	512	115	0,22	11	708	160	0,23
17	628	169	0,27	12	410	124	0,30
18	916	257	0,28	13	298	88	0,30
19	976	348	0,36	14	704	88	0,13
20	1144	453	0,40	15	956	113	0,12
21	1192	539	0,45	16	1056	138	0,13
22	1296	599	0,46	17	484	121	0,25
23	1344	651	0,48	18	748	128	0,17
24	1472	690	0,47	19	1072	202	0,19
1	1472	725	0,49	20	1272	282	0,22
2	1544	770	0,50	21	1264	373	0,30
3	1592	798	0,50	22	1328	433	0,33

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
23	1416	501	0,35	23	1904	587	0,31
24	1464	544	0,37	24	1824	631	0,35
1	1520	587	0,39	1	1864	675	0,36
2	1568	643	0,41	2	1904	696	0,37
3	1680	653	0,39	3	1928	760	0,39
4	1728	701	0,41	4	1952	788	0,40
5	1776	741	0,42	5	1984	805	0,41
6	1896	769	0,41	6	1936	818	0,42
7	1864	769	0,41	7	2048	829	0,40
8	704	443	0,63	8	1952	840	0,43
9	350	171	0,49	9	1920	844	0,44
10	312	84	0,27	10	2008	860	0,43
11	748	87	0,12	11	1984	857	0,43
12	680	116	0,17	12	1912	863	0,45
13	470	107	0,23	13	1880	881	0,47
14	175	67	0,38	14	1808	876	0,48
15	164	45	0,27	15	1752	844	0,48
16	114	31	0,28	16	1736	806	0,46
17	203	46	0,22	17	1744	753	0,43
18	386	93	0,24	18	1664	725	0,44
19	608	173	0,28	19	1632	694	0,42
20	820	253	0,31	20	1576	661	0,42
21	932	318	0,34	21	1616	665	0,41
22	1004	394	0,39	22	1632	693	0,42
23	1168	467	0,40	23	1616	709	0,44
24	1200	510	0,43	24	1608	743	0,46
1	1304	551	0,42	1	1568	757	0,48
2	1304	583	0,45	2	1696	758	0,45
3	1416	610	0,43	3	1664	774	0,47
4	1488	644	0,43	4	1656	796	0,48
5	1504	662	0,44	5	1648	815	0,49
6	1576	686	0,44	6	1712	819	0,48
7	1624	688	0,42	7	1720	788	0,46
8	1592	682	0,43				
9	1688	684	0,41				
10	1808	678	0,38				
11	1680	693	0,41				
12	1736	648	0,37				
13	1752	637	0,36				
14	1768	625	0,35				
15	1816	602	0,33				
16	1728	584	0,34				
17	1856	562	0,30				
18	1784	565	0,32				
19	1816	556	0,31				
20	1720	539	0,31				
21	1824	523	0,29				
22	1840	540	0,29				

5.2.1.2. Koncentracija radona in radonovih potomcev, UKC, soba 51

Rezultati meritev koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v sobi 51 so prikazani na sliki 23 in v tabeli 15. Povprečna koncentracija radona v sobi meritve je bila $531 \pm 39 \text{ Bq/m}^3$, povprečna koncentracija radonovih potomcev v sobi meritve je bila $190 \pm 23 \text{ Bq/m}^3$, povprečna vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.38 (0.14 – 0.72).



Slika 23. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija merjenja: soba 51

Datum meritve: 25.2.2013 ob 10:00 do 4.3.2013 ob 7:00

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 199

Tabela 15. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija merjenja: soba 51

Datum meritve: 25.2.2013 ob 10:00 do 4.3.2013 ob 7:00

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 199

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
10	63	9	0,17	5		319	
11		13		6	583	326	0,58
12	42	13	0,30	7		347	
13		13		8	381	274	0,54
14	47	16	0,33	9		137	
15		15		10	100	54	0,40
16	53	13	0,33	11		26	
17		23		12	22	13	0,57
18	158	44	0,39	13		13	
19		80		14	23	11	0,45
20	257	108	0,48	15		9	
21		140		16	55	10	0,24
22	322	150	0,52	17		16	
23		187		18	130	33	0,34
24	414	206	0,51	19		56	
1		217		20	241	74	0,35
2	511	226	0,45	21		97	
3		231		22	345	116	0,35
4	565	245	0,44	23		123	
5		252		24	426	140	0,33
6	609	250	0,42	1		145	
7		258		2	511	168	0,34
8	498	223	0,37	3		177	
9		144		4	605	188	0,32
10	158	74	0,35	5		197	
11		38		6	657	206	0,33
12	46	16	0,40	7		223	
13		21		8	376	193	0,38
14	41	17	0,44	9		93	
15		19		10	100	50	0,38
16	60	22	0,43	11		25	
17		30		12	36	18	0,46
18	110	50	0,58	13		15	
19		78		14	34	13	0,34
20	225	113	0,59	15		10	
21		152		16	41	8	0,29
22	314	170	0,59	17		16	
23		201		18	120	30	0,36
24	391	227	0,60	19		57	
1		244		20	208	89	0,48
2	469	270	0,60	21		112	
3		288		22	345	138	0,42
4	578	300	0,54	23		155	

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
24	449	171	0,40	24	991	250	0,26
1		193		1		259	
2	548	213	0,39	2	1070	270	0,26
3		219		3		287	
4	585	225	0,40	4	1090	295	0,28
5		245		5		312	
6	642	246	0,39	6	1100	316	0,29
7		257		7		331	
8	511	237	0,37	8	1150	340	0,30
9		141		9		348	
10	141	56	0,29	10	1170	364	0,31
11		25		11		372	
12	60	16	0,29	12	1200	378	0,32
13		19		13		386	
14	35	16	0,39	14	1190	397	0,33
15		11		15		392	
16	47	11	0,34	16	1230	392	0,33
17		21		17		409	
18	140	44	0,43	18	1240	406	0,32
19		75		19		393	
20	270	120	0,47	20	1260	394	0,31
21		135		21		384	
22	348	171	0,52	22	1270	388	0,31
23		193		23		397	
24	478	213	0,46	24	1340	394	0,29
1		223		1		396	
2	531	237	0,46	2	1300	420	0,32
3		252		3		425	
4	585	263	0,48	4	1400	447	0,32
5		295		5		459	
6	669	283	0,43	6	1380	482	0,34
7		293		7		469	
8	708	300	0,42	8	1360	465	0,17
9		292					
10	761	300	0,39				
11		290					
12	778	274	0,35				
13		275					
14	806	268	0,33				
15		263					
16	866	260	0,30				
17		260					
18	870	249	0,29				
19		250					
20	894	236	0,26				
21		229					
22	955	233	0,25				
23		241					

Iskali smo tudi vire radona in sicer v šestih prostorih (Slika 24, Slika 25). Rezultati meritve so prikazani v tabeli 16.



Slika 24. Radon v špranji (soba 19b)



Slika 25. Radon v špranji (soba 51)

Tabela 16. Iskanje virov radona

Lokacija: UKC, Bohoričeva ulica, Ljubljana

Datum meritev: 4.3.2013 ob 8:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m^3)
Soba 19 b - špranja ob steni	Alphaguard	4000 ± 300
Soba 19 b - špranja med vrti	Alphaguard	4500 ± 300
Soba 20 – špranja ob centralni napeljavi	RAD 7	1000 ± 150
Soba 30 – špranja pod hladilnikom	RAD 7	2100 ± 200
Soba 41 – špranja za vrti	RAD 7	4500 ± 300
Soba 41 b - špranja v tleh	Alphaguard	4200 ± 350
Soba 51 - špranja med vrti	Alphaguard	3900 ± 350

Povprečna koncentracija radona, izmerjena z merilnimi instrumenti med delovnim asom, je bila v sobi 19 b $635 \pm 61 \text{ Bq}/\text{m}^3$, v sobi 51 pa $144 \pm 15 \text{ Bq}/\text{m}^3$.

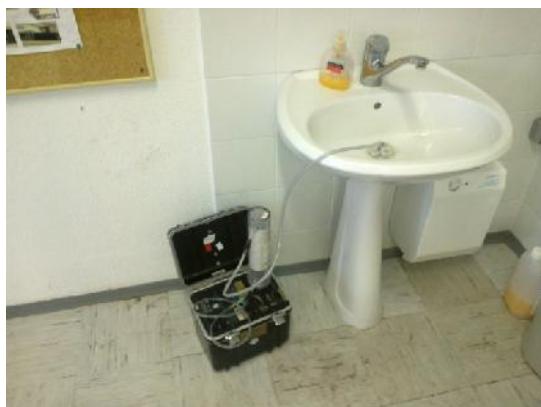
Meritve iskanja virov radona v špranjah v izbranih prostorih niso pokazale visokih koncentracij radona, kar lahko pomeni dvoje, da nismo našli ustreznih špranj ali pa da so tla po vsej površini razpokana.

Glede na visoke koncentracije radona, izmerjene z detektorji sledi v zimskem obdobju, predlagamo ponovne meritve še v poletnem obdobju. Tako bomo dobili celoletno povprečno koncentracijo radona, iz katere bomo laže ocenili letno prejeto efektivno dozo za zaposlene. Predlagamo ponovne meritve asovnega poteka koncentracije radona v sobi 20 (ali 18), v kolikor bo v tem prostoru delovno mesto.

5.2.2. MORS, URSZR, IC Ig

V izobraževalnem centru URSZR na Igu smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v u ilnici 87NUS. Izmerjena koncentracija radona je bila $821 \pm 110 \text{ Bq/m}^3$ (Tabela 2).

Iskali smo tudi vire radona in sicer v u ilnici 87NUS, v kabinetu 1 in na hodniku (Slika 26, Slika 27, Slika 28, Slika 29). V prostorih je po tleh položen linolej, med steno in tlemi so vidne razpoke. Prostori niso podkleteni. Rezultati meritve so prikazani v tabeli 17.



Slika 26. Radon v odtoku (soba 87NUS)



Slika 27. Radon v špranji (soba 87NUS)



Slika 28. Radon v špranji (hodnik)



Slika 29. Radon v špranji (kabinet 1)

Tabela 17. Iskanje virov radona

Lokacija: MORS, URSZR Ig

Datum meritve: 14.3.2013 ob 8:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m^3)
87NUS – odtok iz pipe	RAD 7	500 ± 200
87NUS špranja v tleh	RAD 7	8800 ± 950
Hodnik – kanal za el. napeljavvo	RAD 7	11000 ± 1200
Kabinet 1 – špranja v tleh	RAD 7	8000 ± 1000

Meritve koncentracije radona v špranjah so pokazale, da so tla močan vir radona, od koder

prihaja v objekt v neugodnih vremenskih razmerah veliko radona. Glede na to, da učilnica ni stalno zasedena, predlagamo, da se ponovijo meritve koncentracije radona z detektorji sledi in iskanje virov radona še v poletnem obdobju. Tako bomo dobili celoletno povprečno koncentracijo radona, kar bo boljša osnova za oceno efektivne doze za zaposlene.

6. Ocena prejetih 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 Bq/m^3 za vrtce in šole ter 1000 Bq/m^3 za druga delovna mesta. Upoštevali smo metodologijo iz Uredbe UV2 [8]. Pri oceni smo privzeli, da so izmerjene koncentracije radona enake povprečnim letnim koncentracijam radona v objektu (eprav so trajale samo en mesec in ne celo leto). V primeru več jega števila meritev v istem objektu 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 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 prostor zadrževanja v učilnicah kot za zaposlene.

Kljud temu, da smo v nekaterih ustanovah 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 [8].

Ocenjene efektivne doze za zaposlene in otroke v vrtcih in šolah so prikazane v tabeli 18 in na sliki 30. Ocenjene efektivne doze za zaposlene v ostalih ustanovah so prikazane v tabeli 19. Z rdečo barvo so označene efektivne doze, višje od 2 mSv na leto. Po ICRP 65 [20] prispevajo povprečne letne koncentracije radona med $200 - 600 \text{ Bq/m}^3$ v bivalnem okolju (400 Bq/m^3 smo privzeli za vrtce in šole) in med $500 - 1500 \text{ Bq/m}^3$ v delovnem okolju (1000 Bq/m^3 smo privzeli za delovno okolje) efektivno dozo med $2 - 6 \text{ mSv/leto}$. Po Uredbi UV2 [8] povprečna celoletna koncentracija radona 400 Bq/m^3 ob ravnovesnem faktorju 0.4 doprinese k letni efektivni dozi 6 mSv . To je mejna vrednost doze, pri kateri razvrščamo zaposlene, ki delajo z viri sevanj (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 največje do 2 mSv/leto , saj prejmejo delež efektivne doze zaradi naravnih sevanj tudi v bivalnem okolju.

Tabela 18. Ocjenjene letne efektivne doze za odrasle in otroke v vrtcih in šolah

Zap. št.	Lokacija	Objekt	ure odrasli	efektivna doza odrasli (mSv)	ure otroci	efektivna doza otroci (mSv)
1	igralnica 1-3. leta	VVO Krka	1584	2,61 ± 0,35	1584	2,61 ± 0,35
2	UTHV	OŠ Poljane	1320	0,10 ± 0,03	1320	0,10 ± 0,03
3	1.b razred	OŠ Poljane	1320	0,05 ± 0,02	1320	0,05 ± 0,02
4	u ilnica 5 (pri knjižnici)	OŠ Prevalje	1320	1,95 ± 0,25	1320	1,95 ± 0,25
5	u ilnica 4	OŠ Prevalje	1320	1,89 ± 0,25	1320	1,89 ± 0,25
6	u ilnica 3	OŠ Prevalje	1320	1,88 ± 0,25	1320	1,88 ± 0,25
7	kuhinja	OŠ Prevole	1320	5,11 ± 0,63	1320	5,11 ± 0,63
8	1 - igralnica	OŠ Prevole	1320	8,56 ± 1,05	1320	8,56 ± 1,05
9	2 - igralnica	OŠ Prevole	1320	7,68 ± 1,05	1320	7,68 ± 1,05
10	igralnica gumbki	PŠ Bučka	1584	3,77 ± 0,50	1584	3,77 ± 0,50
11	igralnica ostržki	PŠ Bučka	1584	3,64 ± 0,45	1584	3,64 ± 0,45
12	odinjstvo	OŠ Šemši	1320	4,49 ± 0,55	1320	4,49 ± 0,55
13	telovadnica	PŠ Štrekljivec	1320	4,46 ± 0,55	1320	4,46 ± 0,55
14	1. igralnica	OŠ Vavta vas	1584	0,31 ± 0,04	1584	0,31 ± 0,04
15	2. igralnica	OŠ Vavta vas	1584	1,71 ± 0,25	1584	1,71 ± 0,25
16	u ilnica 7	OŠ M. Šobar N. momelj	1320	2,32 ± 0,29	1320	2,32 ± 0,29
17	u ilnica 10	OŠ Vodmat	1320	3,63 ± 0,46	1320	3,63 ± 0,46
18	u ilnica 27	OŠ Vodmat	1320	2,75 ± 0,34	1320	2,75 ± 0,34
19	knjižnica v kleti	OŠ Vodmat	1320	2,74 ± 0,34	1320	2,74 ± 0,34
20	mala telovadnica	OŠ Vodmat	1320	0,87 ± 0,13	1320	0,87 ± 0,13
21	igralnica pritlije	Mamin vrtec Lj., Dravska 10	1584	0,39 ± 0,06	1584	0,39 ± 0,06
22	telovadnica klet	Mamin vrtec Lj., Dravska 10	1584	7,36 ± 0,91	1584	7,36 ± 0,91
23	igralnica Šiška	Mamin vrtec Lj., Kavškova 1	1584	1,28 ± 0,20	1584	1,28 ± 0,20
24	jedilnica	PŠ Godovi	1320	0,76 ± 0,13	1320	0,76 ± 0,13
25	u ilnica 1. nadstropje	PŠ Godovi	1320	0,50 ± 0,08	1320	0,50 ± 0,08
26	u ilnica	PŠ Zavratec	1320	2,17 ± 0,29	1320	2,17 ± 0,29
27	igralnica	VVO Lokev	1320	1,35 ± 0,21	1320	1,35 ± 0,21
28	Igralnica 1, Zajek	VVO Jasli (Lehte - s. d.)	1584	3,74 ± 0,45	1584	3,74 ± 0,45
29	Zvezdice	VVO Divača (nov vrtec)	1584	0,20 ± 0,03	1584	0,20 ± 0,03
30	srednja igralnica	VVO Komen	1584	4,53 ± 0,55	1584	4,53 ± 0,55
31	igralnica	VVO Tomaj	1584	1,30 ± 0,20	1584	1,30 ± 0,20
32	igralnica 4, Jelka Orel	VVO Nove Jasli (Lehte - n. d.)	1584	1,13 ± 0,15	1584	1,13 ± 0,15
33	u ilnica 1., 2. razred	PŠ Lokev	1320	5,75 ± 0,71	1320	5,75 ± 0,71
34	rumena u ilnica	OŠ Podbrdo	1320	0,66 ± 0,13	1320	0,66 ± 0,13
35	balonki	OŠ Podbrdo vrtec	1584	0,20 ± 0,03	1584	0,20 ± 0,03
36	2. razred	OŠ Most na Soči	1320	0,31 ± 0,04	1320	0,31 ± 0,04
37	igralnica	OŠ Most na Soči - vrtec	1584	0,79 ± 0,15	1584	0,79 ± 0,15
38	1. razred	PŠ Dolenja Trebuša	1320	0,32 ± 0,05	1320	0,32 ± 0,05
39	igralnica	Vrtec Dolenja Trebuša	1584	0,24 ± 0,04	1584	0,24 ± 0,04
40	1. 2. razred	PŠ Šentviška gora	1320	1,27 ± 0,17	1320	1,27 ± 0,17
41	1. razred	PŠ Podmelec	1320	0,30 ± 0,05	1320	0,30 ± 0,05
42	medvedki	vrtec Podmelec	1584	0,50 ± 0,10	1584	0,50 ± 0,10
43	2. razred	OŠ Franceta Bevka Tolmin	1320	0,20 ± 0,03	1320	0,20 ± 0,03

Zelena – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto

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

Rdeča - efektivna doza veja od 6 mSv/leto

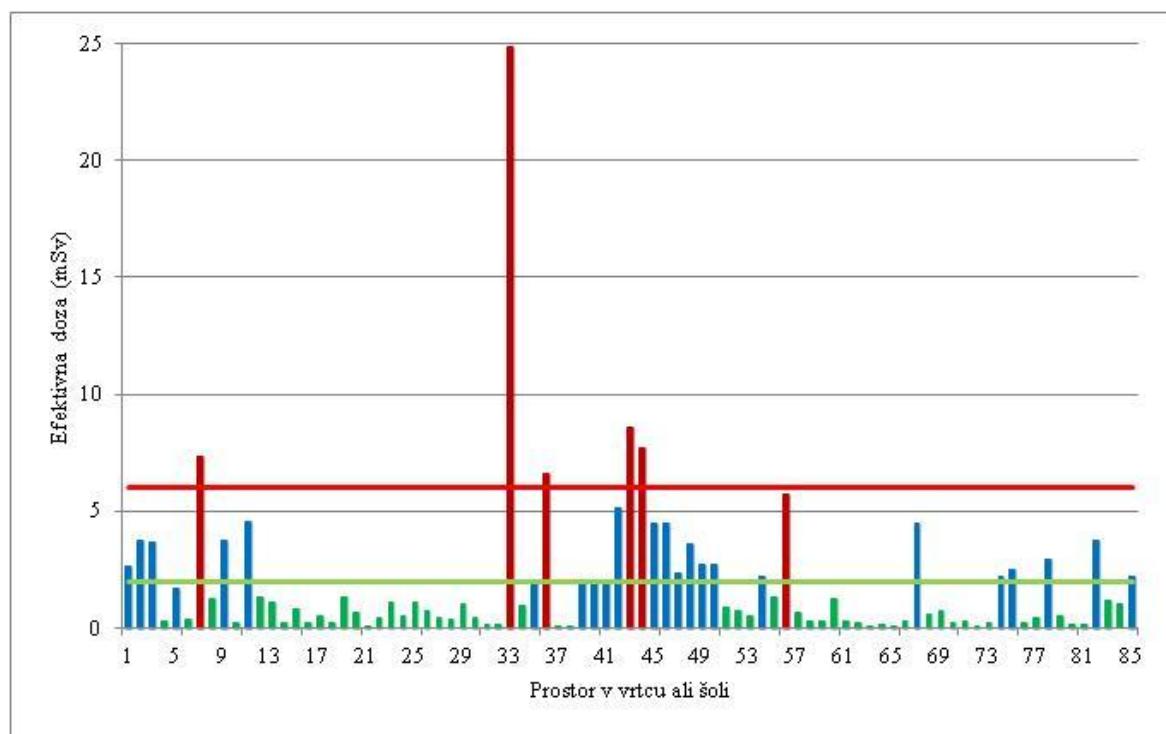
Tabela 18 (nadaljevanje). Ocenjene letne efektivne doze za odrasle in otroke v vrtcih in šolah

Zap. št.	Lokacija	Objekt	ure odrasli	efektivna doza odrasli (mSv)	ure otroci	efektivna doza otroci (mSv)
44	metuljki	OŠ Tolmin - vrtec na šoli	1584	0,19 ± 0,03	1584	0,19 ± 0,03
45	posebni oddelek	PŠ za otroke s pos. potrebami	1320	0,08 ± 0,02	1320	0,08 ± 0,02
46	1., 3., 4. razred	Podružnična šola Kamno	1320	0,13 ± 0,02	1320	0,13 ± 0,02
47	1., 2. razred	PŠ Anton Majnik Velenje	1320	0,10 ± 0,02	1320	0,10 ± 0,02
48	polžek	Vrtec Tolmin	1584	1,30 ± 0,20	1584	1,30 ± 0,20
49	igralnica	Vrtec Volarje	1584	0,70 ± 0,10	1584	0,70 ± 0,10
50	igralnica desno	Vrtec Velenje	1584	0,11 ± 0,02	1584	0,11 ± 0,02
51	1. razred	OŠ S. Gregorijevka Kobarid	1320	0,31 ± 0,04	1320	0,31 ± 0,04
52	zajki	Vrtec Kobarid	1584	0,47 ± 0,06	1584	0,47 ± 0,06
53	učilnica	PŠ Breginj	1320	4,48 ± 0,55	1320	4,48 ± 0,55
54	igralnica	PŠ Breginj - vrtec	1584	1,11 ± 0,15	1584	1,11 ± 0,15
55	1., 2. razred	PŠ Drežnica	1320	0,58 ± 0,08	1320	0,58 ± 0,08
56	igralnica	PŠ Drežnica - vrtec	1584	0,52 ± 0,10	1584	0,52 ± 0,10
57	1. razred	PŠ Mala Smast	1320	0,73 ± 0,13	1320	0,73 ± 0,13
58	igralnica	PŠ Mala Smast - vrtec	1584	1,12 ± 0,15	1584	1,12 ± 0,15
59	1. razred	OŠ Bovec	1320	0,25 ± 0,03	1320	0,25 ± 0,03
60	zajki	OŠ Bovec Vrtec Bovec	1584	0,72 ± 0,10	1584	0,72 ± 0,10
61	1.- 4. razred	OŠ Bovec PŠ Šola	1320	0,30 ± 0,04	1320	0,30 ± 0,04
62	igralnica	OŠ Bovec PŠ Šola - vrtec	1584	0,42 ± 0,05	1584	0,42 ± 0,05
63	1. razred	OŠ Bovec PŠ Žaga	1320	0,07 ± 0,02	1320	0,07 ± 0,02
64	1. razred (Florjanice)	OŠ Cerkno	1320	0,22 ± 0,04	1320	0,22 ± 0,04
65	igralnica Miške	Enota vrtec Cerkno	1584	0,38 ± 0,06	1584	0,38 ± 0,06
66	1. razred	OŠ Cerkno PŠ Novaki	1320	2,20 ± 0,29	1320	2,20 ± 0,29
67	1. razred	OŠ Cerkno PŠ Šebrelje	1320	2,53 ± 0,34	1320	2,53 ± 0,34
68	1. razred	OŠ Kanal	1320	0,19 ± 0,03	1320	0,19 ± 0,03
69	rumeni škrat	OŠ Kanal Vrtec Kanal	1320	0,44 ± 0,08	1320	0,44 ± 0,08
70	2., 3. razred	PŠ Kal nad Kanalom	1320	2,91 ± 0,38	1320	2,91 ± 0,38
71	igralnica levo	Vrtec Kal nad Kanalom	1584	1,00 ± 0,15	1584	1,00 ± 0,15
72	1. razred	OŠ Deskle	1320	0,50 ± 0,08	1320	0,50 ± 0,08
73	igralnica 5 (metuljki)	OŠ Deskle - vrtec	1584	0,45 ± 0,06	1584	0,45 ± 0,06
74	1.a razred	OŠ Dobrovo	1320	0,13 ± 0,03	1320	0,13 ± 0,03
75	igralnica 1 (traktorji)	Vrtec Dobrovo	1584	0,17 ± 0,03	1584	0,17 ± 0,03
76	1.c razred	OŠ Dobrovo PŠ Kojsko	1320	0,15 ± 0,03	1320	0,15 ± 0,03
77	jasli	Vrtec Kojsko	1584	0,15 ± 0,03	1584	0,15 ± 0,03
78	igralnica 1 (traktorji)	Vrtec Idrija Enota Črnivec vrh	1584	24,88 ± 4,48	1584	24,88 ± 4,48
79	igralnica G1	Vrtec Idrija Enota Godovič	1584	0,96 ± 0,15	1584	0,96 ± 0,15
80	SP5 (medvedki)	Vrtec Idrija Enota Sp. Idrija	1584	1,93 ± 0,25	1584	1,93 ± 0,25
81	P8	Vrtec Idrija - Prelovecava	1584	6,59 ± 0,81	1584	6,59 ± 0,81
82	učilnica 4. razred	OŠ Šmihel, PŠ Birnavas	1320	3,76 ± 0,46	1320	3,76 ± 0,46
83	učilnica 4. razred (U1)	OŠ Šmihel, PŠ Birnavas	1320	1,18 ± 0,17	1320	1,18 ± 0,17
84	igralnica ježi - 1. nad.	OŠ Stopice, PŠ Podgrad	1320	1,02 ± 0,17	1320	1,02 ± 0,17
85	učilnica 4. razred (U1)	OŠ Stopice, PŠ Podgrad	1320	2,22 ± 0,29	1320	2,22 ± 0,29

Zelena – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto

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

Rdeča - efektivna doza veja ja od 6 mSv/leto



Zelena – 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

Številke ustanov ustrezajo zaporednim številkom iz tabele 28

Slika 30. Histogram efektivnih doz za zaposlene in otroke v vrtcih in šolah (mSv/leto)

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

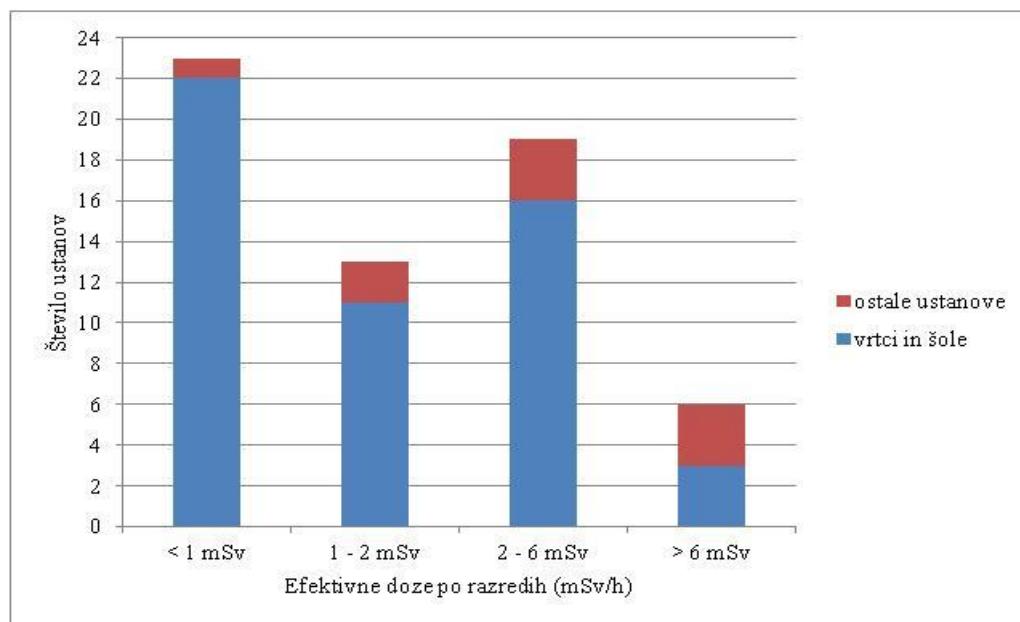
Zap. št.	Lokacija	Objekt	ure	ef. doza (mSv)
1	pritli je	Tratnik, Lapajnetova 13, Idrija	5840	1,43 ± 0,19
2	pritli je	Paturevi , Kosovelova 21, Idrija	5840	1,99 ± 0,37
3	pritli je + TLD	Logar, Vodnikova 14, Idrija	5840	2,15 ± 0,37
4	pritli je	Pavši , Arkova 6, Idrija,	5840	2,47 ± 0,37
5	prom. pisarna	ŽP Diva a	2000	6,80 ± 0,83
6	US - klet	SŽ VIT d. o. o.	2000	7,11 ± 0,89
7	pisarna obratovodje	SŽ VIT d. o. o.	2000	12,52 ± 1,91
8	soba 40 b (2)	UKC, Ljubljana, Bohori eva	2000	7,82 ± 0,95
9	soba 17 (1)	UKC, Ljubljana, Bohori eva	2000	18,63 ± 3,37
10	soba 52 (3)	UKC, Ljubljana, Bohori eva	2000	3,47 ± 0,45
11	soba 41 (2)	UKC, Ljubljana, Bohori eva	2000	5,02 ± 0,64
12	soba 21 (2)	UKC, Ljubljana, Bohori eva	2000	4,09 ± 0,51
13	soba 18 (1)	UKC, Ljubljana, Bohori eva	2000	13,35 ± 2,03
14	soba 19 (1)	UKC, Ljubljana, Bohori eva	2000	8,03 ± 1,02
15	soba 57 (3)	UKC, Ljubljana, Bohori eva	2000	0,81 ± 0,19
16	soba 58 (3)	UKC, Ljubljana, Bohori eva	2000	1,79 ± 0,25
17	soba 20 (1)	UKC, Ljubljana, Bohori eva	2000	21,94 ± 3,94
18	soba K07	MORS, URSZR Ljubljana	2000	0,29 ± 0,05
19	u ilnica 87NUS	MORS, URSZR IG	2000	5,22 ± 0,70

Zelena – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto

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

Rdeča - efektivna doza veja od 6 mSv/leto

Na sliki 31 so prikazane doze za zaposlene in otroke v vseh enainšestdesetih (61) objektih (vrtcih, šolah in ostalih ustanovah), v katerih smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi, razporejene po razredih. V triindvajsetih primerih so efektivne doze nižje od 1 mSv/leto, v trinajstih primerih so efektivne doze med 1 – 2 mSv/leto, v devetnajstih primerih so efektivne doze med 2 - 6 mSv/leto, v šestih primerih so efektivne doze za višje od 6 mSv/leto.



Slika 31. Efektivne doze po razredih

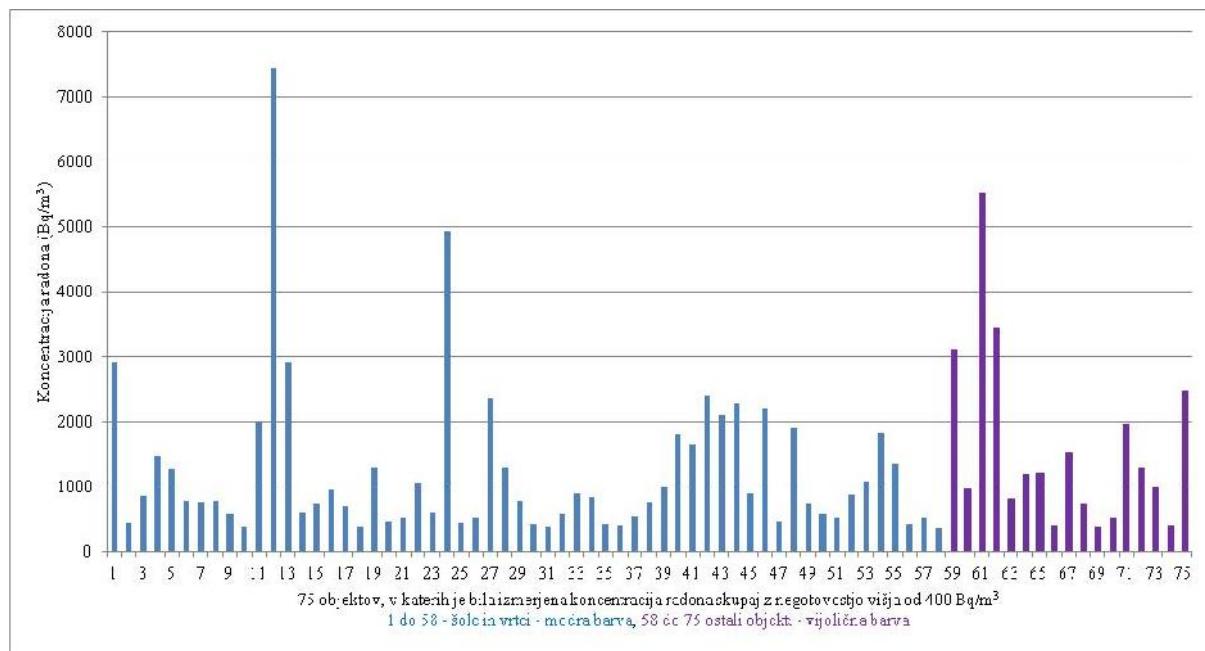
7. Zaključki

V obdobju od 2006 do 2013 smo opravili 609 meritev koncentracije radona z detektorji sledi v 283 objektih, od tega 470 meritev v 208 šolah in vrtcih, 125 meritev v 31 javnih ustanovah in 14 meritev v 6 stanovanjih. Izmerjene koncentracije radona so bile v 58 šolah in vrtcih in dveh stanovanjih višje od 400 Bq/m^3 . Izmerjene koncentracije radona so bile v 17 drugih ustanovah višje od 1000 Bq/m^3 .

V poročilu [13] smo podrobnejše opisali kako geološka struktura tal [21 - 25] 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. Zato smatramo, da bi bilo smotrno 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 efektivnimi dozami preko 6 mSv na leto.

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. Smotrno bi bilo, da bi se s pristojnimi v ustanovah, v katerih so bile izmerjene visoke koncentracije radona in posledi no ocenjene visoke efektivne doze za zaposlene, našli ustrezno rešitev s sanacijo objekta ali z manjšo zasedenoščjo prostorov vsaj v obdobju od treh do pet let, saj samo s ponavljanjem meritev ne bomo znižali prejetih efektivnih doz.

Na sliki 32 je prikazanih 75 lokacij meritev koncentracije radona z detektorji sledi v vrtcih in osnovnih šolah, v katerih so izmerjene koncentracije radona presegale 400 Bq/m^3 in ostalih objektih, v katerih so izmerjene koncentracije radona presegale 1000 Bq/m^3 . Modri pravokotniki predstavljajo meritve v šolah in vrtcih, vijolični pa v ostalih objektih.

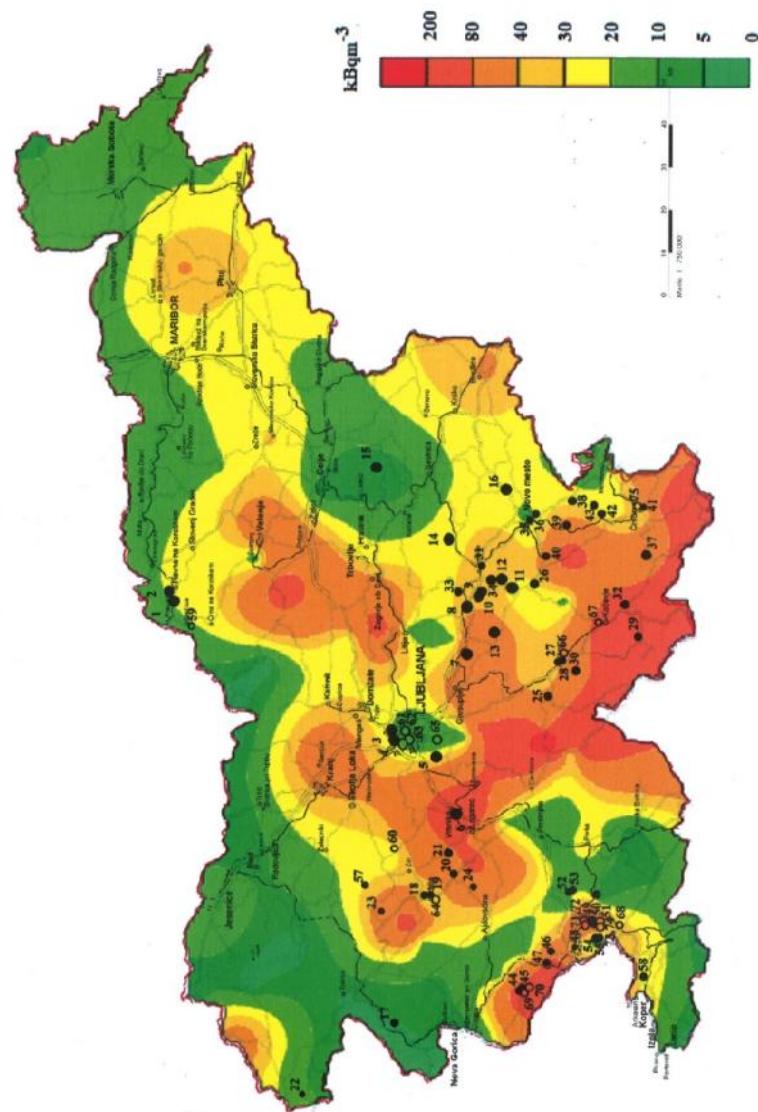


Legenda:

- 1 OŠ Prevalje
- 2 Vrtec Polje 4
- 3 OŠ Vodmat
- 4 Mamin vrtec Ljubljana
- 5 Vrtec Iga vas
- 6 Vrtec Vrhnika - Kaplanija
- 7 Vrtec Višnja gora Polžek
- 8 Vrtec Ivan na gorica ebelica
- 9 VVO Krka
- 10 OŠ Sti na, Podružnica Krka
- 11 OŠ Velike Lašče
- 12 OŠ Muljava
- 13 OŠ Prevole
- 14 OŠ Mokronog
- 15 OŠ Šentrupert
- 16 OŠ Bučka
- 17 PŠ Kal nad Kanalom
- 18 Vrtec Spodnja Idrija
- 19 Vrtec Idrija - Prelovava
- 20 PŠ Godovi
- 21 PŠ Zavratec
- 22 PŠ Breginj
- 23 PŠ Šebrelje
- 24 Vrtec rni vrh
- 25 OŠ Sodražica
- 26 PŠ Dvor
- 27 GŠ Ribnica
- 28 OŠ Ribnica - stavba B
- 29 PŠ Kočevska Reka
- 30 GŠ Ribnica - Loški ipotok
- 31 VVO Dolenja Nemška vas
- 32 OŠ Livold
- 33 OŠ Šentlovrenc
- 34 OŠ Dobrni
- 35 VVO Ciciban Novo mesto
- 36 Vrtec Brezje Pirkpolonica
- 37 OŠ Stari trg ob Kolpi
- 38 PŠ Podgrad
- 39 PŠ Bir na vas
- 40 VVO Vavta vas
- 41 OŠ M. Šobar rnomelj
- 42 OŠ Semi
- 43 PŠ Štreklenjevec
- 44 OŠ Komen
- 45 VVO Komen
- 46 PŠ Tomaj
- 47 Vrtec Dutovlje
- 48 Vrtec Sežana, Jasli
- 49 Vrtec Divača
- 50 Vrtec Divača (nov)
- 51 OŠ dr. B. Magajna Divača
- 52 Vrtec Senožeče
- 53 OŠ Senožeče
- 54 PŠ Lokev
- 55 Vrtec Lokev
- 56 PŠ Vremski Britof
- 57 PŠ Novaki
- 58 OŠ Bertoki (P. P. Vergerio)
- 59 Rudnik Mežica
- 60 MORS – Todraž
- 61 Psihiatri na klinika Ljubljana
- 62 UKC
- 63 URSZR IG Ljubljana
- 64 Psihiatri na bolnica Idrija
- 65 RIC Ig
- 66 Občina Ribnica-Partizan
- 67 ŽP Koper
- 68 Policija Kozine
- 69 Občina Komen
- 70 Zobna ambulanta Komen
- 71 SŽ VIT d.o.o.
- 72 ŽP Divača
- 73 ZD Divača
- 74 Lekarna Divača
- 75 ŽP momelj

Slika 32. Šole, vrtci in ostali objekti, kjer so se izvajale meritve koncentracije radona v letih 2006 - 2013

Slika 33 prikazuje lokacije meritev koncentracije radona iz slike 32, nanešene na karto meritev koncentracij radona v zemlji v Sloveniji, izdelano na podlagi raziskovalne naloge [23]. Številke na karti ustrezajo številкам iz legende pod sliko 32.



Slika 33. Lokacije meritev koncentracije radona v objektih, ki presegajo $400 \text{ Bq}/\text{m}^3$ v vrtilih in osnovnih šolah (rne to ke) oziroma $1000 \text{ Bq}/\text{m}^3$ v ostalih objektih (krogi)

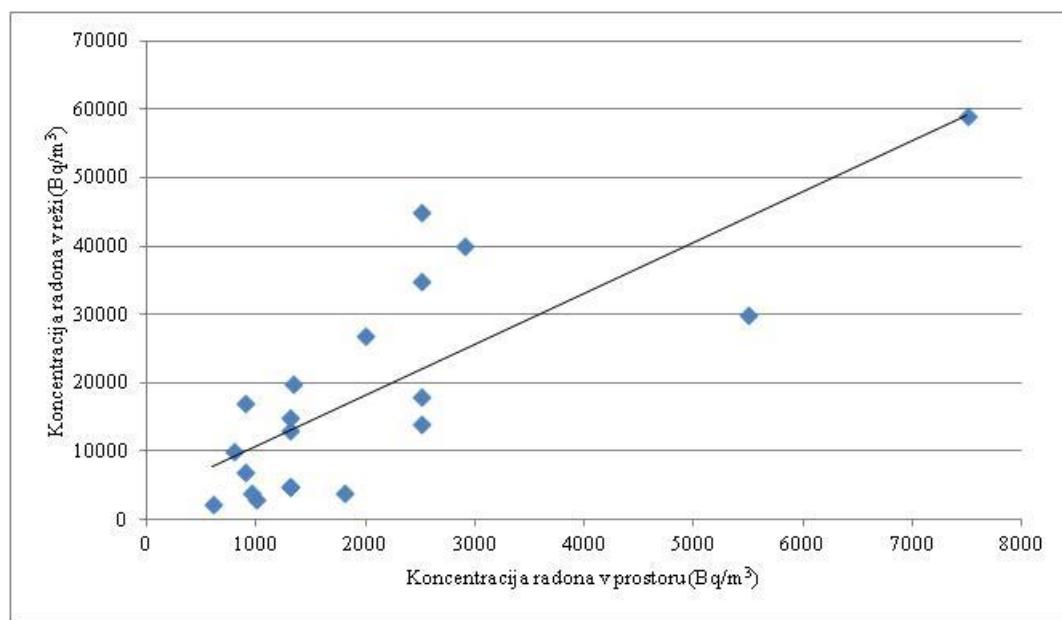
Iz slike 33 je razvidno, da obstaja korelacija med koncentracijo radona v tleh [23] in koncentracijo radona v merjenih objektih. Predlagamo, da se v bodo e izvede ve meritev koncentracije radona in potomcev v posameznem objektu, v razpokah in v tleh v razli nih letnih obdobjih in se tako laže predлага ustreerne ukrepe sanacije.

V tabeli 20 so prikazani izbrani objekti, v katerih smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi, koncentracijo radona v režah in koncentracijo radona v zemlji ob objektu. Številke objektov so iste kot na sliki 32.

Tabela 20. Koncentracija radona v izbranih objektih, režah in zemlji

Št.	Objekt	Rn v prostoru	Rn v reži	Rn v zemlji	Rn v reži
1	OŠ Prevalje	2900	40000	75000	37100
12	OŠ Muljava	7500	59000	127000	51500
16	OŠ Bu ka	950	4000	108000	3050
13	OŠ Prevole	2500	14000	82000	11500
26	PŠ Dvor	1000	3000		2000
29	PŠ Ko evska reka	800	10000	380000	9200
40	VVO Vavta vas	1800	4000	105000	2200
39	OŠ Bir na vas	900	7000	88000	6100
44	OŠ Komen	2000	27000	226000	25000
45	VVO Komen	900	17000	160000	16100
46	VVO Tomaj	2500	45000		42500
48	Vrtec Sežana, Jasli	1300	13000	150000	11700
54	PŠ Lokev	1300	15000		13700
43	PŠ Štrekljevec	2500	35000		32500
42	OŠ Semi	1330	20000		18670
27	GŠ Ribnica	600	2400		1800
62	UKC Ljubljana	1300	5000		3700
61	PK Ljubljana	5500	30000		24500
73	ŽP Diva a	1300	5000		3700
75	ŽP rnomelj	2500	18000		15500

Slika 34 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/m³, niso sorazmerne s koncentracijo radona v prostoru. Razlog za to je neustrezno izbrana reža (npr. VVO Vavta vas – št. 40 v tabeli 19) ali pa je v tleh veliko manjših rež, katerih posamezni doprinos k koncentraciji radona v prostoru ne moremo izmeriti (npr. GŠ Ribnica, PŠ Dvor, OŠ Bu ka). V takih primerih, kot so zadnji trije, je mogoče smiselno izvesti ponovne meritve z detektorji sledi v daljšem asovnem obdobju, npr. od februarja do konca junija, ko se zaključi šolsko leto.



Slika 34. Koncentracija radona v izbranih objektih in radon v režah

8. Reference

1. W. W. Nazaroff, A. V. Nero: Radon and its decay products in indoor air, John Wiley & Sons, 1988
2. An overview of radon surveys in Europe, Luxembourg, EC
3. UNSCEAR 93, UN, New York, 1993
4. M. Humar in ostali: Koncentracija radona v bivalnem okolju Slovenije, IJS-DP-7164, IJS, 1995
5. ZVISJ-UPB2), Ur.list RS št. 102, 2004
6. Program sistematicno pregledovanja delovnega in bivalnega okolja, Ur.list RS št. 17, 2006
7. Pravilnik o pogojih in metodologiji ocenjevanja doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajo imi sevanji, Ur.list RS št. 115, 2003
8. Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih, Ur.list RS št. 49, 2004
9. P. Jovanović : Sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20060047-PJ, ZVD, 2006
10. J. Vavpotič : IJS-DP-9648, IJS, 2007
11. P. Jovanović : Sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20080030-PJ, ZVD, 2008
12. P. Jovanović : Sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20090042-PJ, ZVD, 2009
13. P. Jovanović : Sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20100017-PJ, ZVD, 2010

14. P. Jovanovi : Sistematici no pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20100017-PJ, ZVD, 2011
15. P. Jovanovi : Sistematici no pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20100017-PJ, ZVD, 2012
16. DP-LMSAR-3.03-Dolo evanje koncentracije radona z detektorji sledi-rev 5
17. DP-LMSAR-3.02-Merjenje koncentracije radona in radonovih potomcev-rev5
18. ND-LMSAR-3.02-Navodilo za merjenje koncentracije radona z detektorji sledi-rev1
19. OB-LMSAR-3.03-Obrazec za vodenje evidence o detektorjih sledi-rev2
20. ICRP 65: Protection Against Radon-222 at Home and at Work, Pergamon, 1994
21. Joachim Kemski, Ralf Klingel: Das geogene Radon-Potential, v knjigi: Siehl. A.: Umweltradioaktivität, Ernst & Sohn, Bonn, 1996
22. K. A.Landman: Diffusion of radon through cracks in a concrete slab, Health Physics, Vol. 43, No. 1, 1982
23. IJS-DP-9694-1: J. Vavpoti , Radonski potencial v tleh na obmo jih s povišanimi koncentracijami radona v zaprtih prostorih, IJS, 2007
24. M. Andjelov: Rezultati radiometri nih in geokemi nih meritev za karto naravne radioaktivnosti Slovenije, Geologija, 36, 1993
25. 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.