

Center za fizikalne meritve

Št. poročila: LMSAR-20120006-A-PJ

Laboratorij za merjenje specifičnih aktivnosti radionuklidov

Datum: 24.10.2012

Sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja 2012

Naročnik / uporabnik (koda):

Ministrstvo za zdravjeUprava RS za varstvo pred sevanjiAjdovščina 41000 Ljubljana

Številka in datum pogodbe:

C2717-12-232004, 23.1.2012

Datum meritev:

februar – november 2012

Poslano:

3 x naročnik1 x arhiv ZVD

Meritve opravil:

Peter Jovanovič, inž. fiz.

Poročilo odobril:

Dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.

Poročilo pregledal:

Dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.*Poročilo vsebuje 69 strani in prilogo Poročilo o meritvah LMSAR-20120006-B in ga je dovoljeno reproducirati samo v celoti*

Povzetek

V sedemdesetih različnih objektih je bilo opravljenih devetinosemdeset (89) meritve koncentracije radona z detektorji sledi. Izmerjene koncentracije radona so v devetinštiridesetih (od trinosemdesetih) izbranih prostorih šol in vrtcev nižje od 400 Bq/m^3 , v štiriintridesetih pa višje od 400 Bq/m^3 . Izmerjene koncentracije radona v drugih ustanovah so v enem od izbranih prostorov (od šestih) višje od 1000 Bq/m^3 , v petih prostorih pa nižje od 1000 Bq/m^3 .

V osemnštiridesetih vrtcih, šolah in ostalih ustanovah od skupaj sedemdesetih so ocenjene efektivne doze za zaposlene in otroke nižje od 2 mSv/leto , v sedemnajstih med $2 - 6 \text{ mSv/leto}$, v petih pa višje od 6 mSv/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

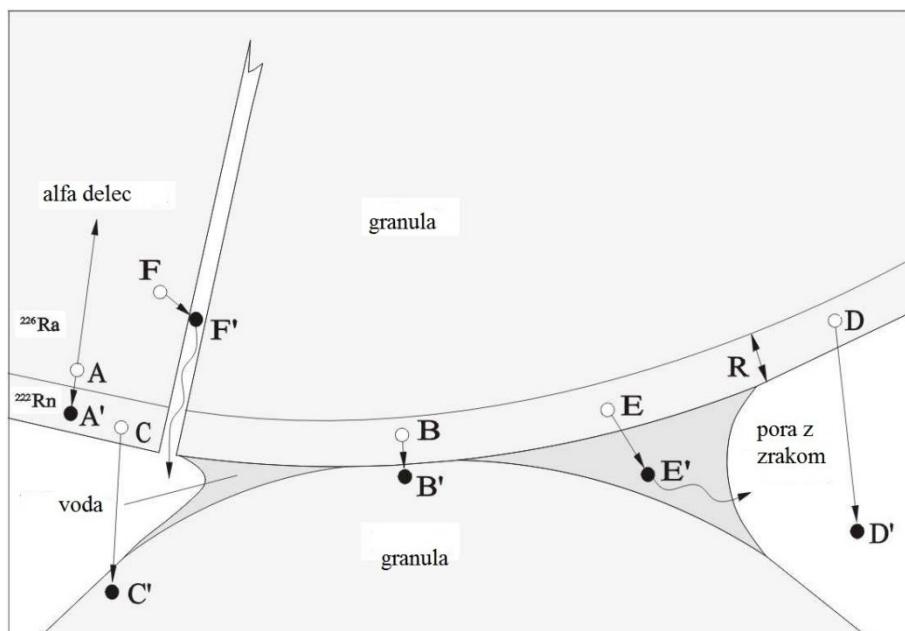
1.	Uvod	7
1.1.	Nastajanje radona v zemeljskih tleh	7
1.2.	Transport radona v tleh	7
1.2.	Radon v zgradbah	8
2.	Namen in cilji naloge	8
3.	Program meritve	9
4.	Metode merjenja	11
4.1.	Meritve koncentracije radona	11
4.1.1.	Pasivna metoda – detektorji sledi	11
4.1.2.	Aktivna metoda	11
4.1.3.	Radon v zemlji	12
4.2.	Meritve koncentracije vezanih radonovih potomcev	12
5.	Rezultati meritve	13
5.1.	Vrtci in osnovne šole	13
5.1.1.	OŠ Primoža Trubarja Laško, PŠ Šentrupert	16
5.1.2.	OŠ Antona Šibelja – Stjenka Komen	21
5.1.3.	Vrtec Sežana, Enota Komen	24
5.1.4.	OŠ Stopiče, PŠ Podgrad	30
5.1.5.	OŠ Šmihel, PŠ Birčna vas	36
5.1.6.	OŠ ob Rinži Kočevje, PŠ Kočevska Reka	41
5.1.7.	OŠ Belokranjskega odreda Semič, PŠ Štrekanjevec	45
5.1.8.	VVO Sežana, Enota Jasli	52
5.1.9.	VVO Sežana, Enota Tomaj	55
5.1.10.	OŠ Sežana, PŠ Lokev	58
5.2.	Ostali objekti	61
6.	Ocena prejetih efektivnih doz	62
7.	Zaključki	67
8.	Reference	69

1. Uvod

Izpostavljenost radonu je posledica vsebnosti naravnih radionuklidov v zemeljski skorji. Dolgoživi radionuklidi ^{238}U , ^{232}Th in ^{235}U so začetniki 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 vdihovanja skoraj 90%, ^{220}Rn (toron) okoli 10%, ^{219}Rn (aktinon) pa manj kot 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 čemer dobi kinetično energijo 86 keV. 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 , črni 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 in količine vode med granulami [19].



Slika 1. Shematski prikaz izhajanja radona iz granul mineralov (povzeto po [19])

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, vлага med granulami, poroznost, permeabilnost (prepustnost) in difuzivnost. Granule imajo velikosti od nekaj mikronov (fina glina) do več milimetrov (pesek). Prostor med granulami ni vedno zapoljen z vodo, običajne vrednosti se gibajo med 15 % za pesek in 70 % za glino. Permeabilnost (prepustnost) tal se giba med 10^{-7} m^2 za pesek in 10^{-16} m^2 za glino [20].

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

$$= - \frac{dC}{dx},$$

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, $L = \sqrt{(D_e/\lambda)}$, kjer je λ razpadna konstanta za radon. Difuzijska dolžina za radon je 1 m [10].

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

$$= - \frac{dC}{dx},$$

kjer je v hitrost zraka, k permeabilnost tal, μ viskoznost zraka in p zračni tlak.

Geološka zgradba tal v Sloveniji je tako, da v južnih predelih prevladuje kraški svet, ki je bolj razpokan, radon prihaja na površje z zrakom iz večjih globin zaradi tlačnih razlik.

1.2. Radon v zgradbah

Radon je inertni plin, kemijsko neaktivен, 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 tlačna razlika med zračnim tlakom pod temeljno ploščo in zračnim tlakom v zgradbi. Zaradi ogrevanja prostorov pride do razlike v temperaturi pod temeljno ploščo in prostorom nad njo. Zaradi negativnega temperaturnega gradiента zrak izpod temeljne plošče hitreje vdira v objekt.

Hitrost vstopanja radona v objekte zaradi difuzije je 10 do 37 Bq/m³/h. V primeru konvekcije je hitrost vstopanja radona v objekt tudi za dva velikostna razreda višja [21].

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/m³ je bila aproksimativno določena srednja letna vrednost, ki znaša 54 Bq/m³ [1,2].

Na podlagi 45. in 46. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti

[3] je potrebno sistematicno pregledovanje delovnega in bivalnega okolja zaradi naravnih virov sevanja [4]. Na delovnih mestih s povečano izpostavljenostjo zaposlenih je na podlagi Pravilnika SV5 [5] in Uredbe UV2 [6] potrebno izvajanje ukrepov za zmanjšanje izpostavljenosti naravnim virom.

V letih 2006 – 2012 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 enem stanovanjskem objektu ([7], [8], [15], [16], 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, občinske 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 časovnega 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.

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 2012. Meritev koncentracije radona z detektorji sledi na ŽP Kočevje ni bilo mogoče izvesti, ker postaja ne obratuje. Manjkajoče meritve koncentracije radona z detektorji sledi smo izvedli v osnovnih šolah v obalno-kraški regiji. Meritve koncentracije radona in radonovih potomcev v OŠ Prevole nismo izvedli, ker sanacija objekta še ni zaključena. Namesto te meritve smo opravili meritve koncentracije radona in radonovih potomcev v Podružnični šoli Lokev. Meritev koncentracije radona z detektorji na OŠ Milke Šobar Nataše nismo izvedli, ker sanacija objekta še ni zaključena. Namesto te meritve smo opravili dodatno meritev koncentracije radona z detektorji sledi v vrtcu Sežana, enota Jasli.

Opravili smo 89 meritov koncentracij radona z detektorji sledi v 70 objektih. Opravili smo osem meritov koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti z namenom določanja časovnega poteka koncentracije radona in potomcev. Meritve smo opravili v PŠ Kočevska Reka, OŠ Komen, v OŠ Šentrupert, v PŠ Podgrad, v PŠ Birčna vas, PŠ Lokev, v vrtcu Tomaj in v vrtcu Jasli (Sežana). Opravili smo šest meritov koncentracije radona z merilnimi instrumenti z namenom določitve virov izhajanja radona v prostore zgradb (radon v zemljii, špranje, razpoke, kanalizacijski in drugi jaški...). To so vrtec Komen, PŠ Šentrupert, PŠ Kočevska Reka, PŠ Birčna vas, PŠ Štreklašvec in PŠ Podgrad.

Tabela 1. Program meritov 2012

Objekt	Predvidene meritve			Opravljene meritve		
	a	b	c	a	b	c
OŠ Ob Rinži Kočevje, PŠ Kočevska reka	1	1	1	1	1	1
OŠ Stična, PŠ Muljava, PŠ Krka	2 + 1			2 + 1		
Vrtec Ivančna Gorica, VVO Muljava, VVO Krka	1 + 1			1 + 1		
OŠ Franja Goloba Prevalje	3			3		
VVO Zgornji kraj, VVO Polje, VVO Leše, VVO Pod Gonjami	4			1		
OŠ Primoža Trubaja Laško, PŠ Šentrupert	2	1	1	2	1	1
Vrtec Sežana, VVO Jasli	1 + 1 ^e	1		2	1	
Vrtec Sežana, v OŠ Senožeče	1			1		
Vrtec Sežana, VVO Lokev	1			1		
Vrtec Sežana, VVO Divača (nov vrtec)	1			1		
Vrtec Sežana, VVO Tomaj	1	1		1	1	
Vrtec Sežana, VVO Senožeče	1			1		
Vrtec Sežana, VVO Komen	1		1	1		1
Vrtec Sežana, na OŠ Komen	1			1		
Vrtec Sežana, VVO Dutovlje	1			1		
OŠ Antona Šibelja - Stjenka Komen	4	1		4	1	
OŠ Šmihel, PŠ Birčna vas	2	1	1	2	1	1
OŠ Stopiče, PŠ Podgrad	2	1	1	2	1	1
OŠ Semič	1			1		
OŠ Semič, PŠ Štrekla jevec	1		1	1		1
OŠ Milke Šobar Nataše, Črnomelj	1 ^d					
Vrtec v OŠ Vavta vas	2			2		
OŠ Prevole	4	1 ^d		4		
OŠ Sežana, PŠ Lokev		1 ^f			1	
OŠ v Obalno-kraški regiji	40 + 2 ^g			40 + 2		
Min. za obrambo, Todraž	3			3		
Min. za obrambo, IC na Igu	3			3		
SŽ – Infrastruktura d. o. o.	2					
Skupaj:	89	8	6	89	8	6

Legenda:

- a - osnovne meritve z detektorji sledi
- b - kontinuirne meritve koncentracije radona in potomcev
- c - iskanje virov radona z merilnimi instrumenti
- d - odpadlo, ker postaja ne obratuje oziroma sanacija še ni zaključena**
- e - namesto OŠ M. Š Nataše Črnomelj**
- f - namesto OŠ Prevole**
- g - namesto SŽ Infrastruktura d. o. o.**

4. Metode merjenja

Koncentracijo radona v prostorih objektov izbranih ustanov smo določali 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. Trenutno koncentracijo radona v zemlji, jaških, razpokah in špranjah smo določali 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 določali 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 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, ND-LMSAR-3.02 in OB-LMSAR-3.03.



Slika 1. Detektor sledi

4.1.2. Aktivna metoda

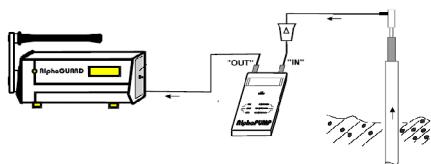
Časovni potek koncentracije radona za obdobje nekaj dni smo določali z merilnimi instrumenti Alphaguard (Genitron, Nemčija) in RAD 7 (Durridge, ZDA). Detektor sevanja alfa v instrumentu Alphaguard je cilindrična ionizacijska celica z volumnom 0.5 litra, merilni instrumenti System 30 in RAD 7 pa uporabljata 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.

Meritve koncentracije radona v zraku smo izvedli skladno s postopkom DP-LMSAR-3.02. 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 RAD 7 znaša 8 %.

4.1.3. Radon v zemlji

Koncentracijo radona v zemlji smo merili z merilnim instrumentom instrumenti Alphaguard (Genitron, Nemčija). V zemljo smo zabilo cev (notranji premer 1 cm) v globino 80 - 100 cm. Izvod cevi smo povezali s plastično cevko preko črpalke do merilnega instrumenta (Slika 3).



Slika 2. Merjenje koncentracije radona v zemlji

4.2. Meritve koncentracije vezanih radonovih potomcev

Časovni potek koncentracije vezanih radonovih potomcev za obdobje nekaj dni smo določali z merilnim instrumentom WLM-30 (Working Level Monitor), System 30, firme Scintrex iz Kanade in Doseman Pro, Sarad, Nemčija. Črpalka s pretokom 1liter/minuto črpa 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 .

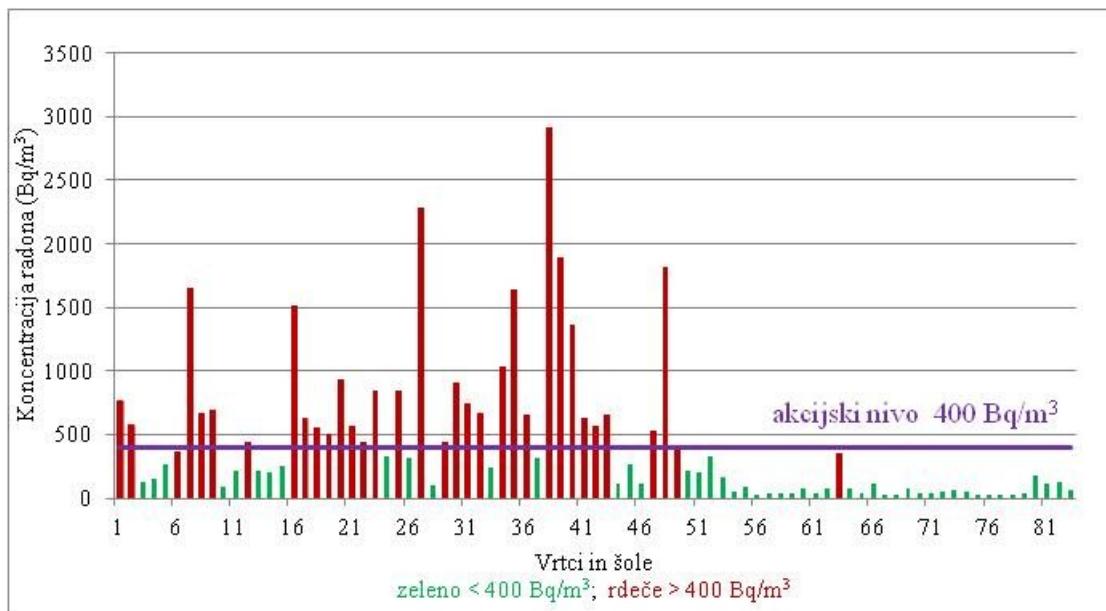
Interval vzorčenja za merjenje koncentracije radonovih potomcev v zraku je običajno 30 minut, lahko tudi manj ali največ ena ura. Razmerje med koncentracijo radonovih potomcev in koncentracijo radona je faktor ravnovesja F , ki ga podajamo v procentih. Meritve koncentracije radonovih potomcev v zraku smo izvedli skladno s postopkom DP-LMSAR-3.02. 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 %.

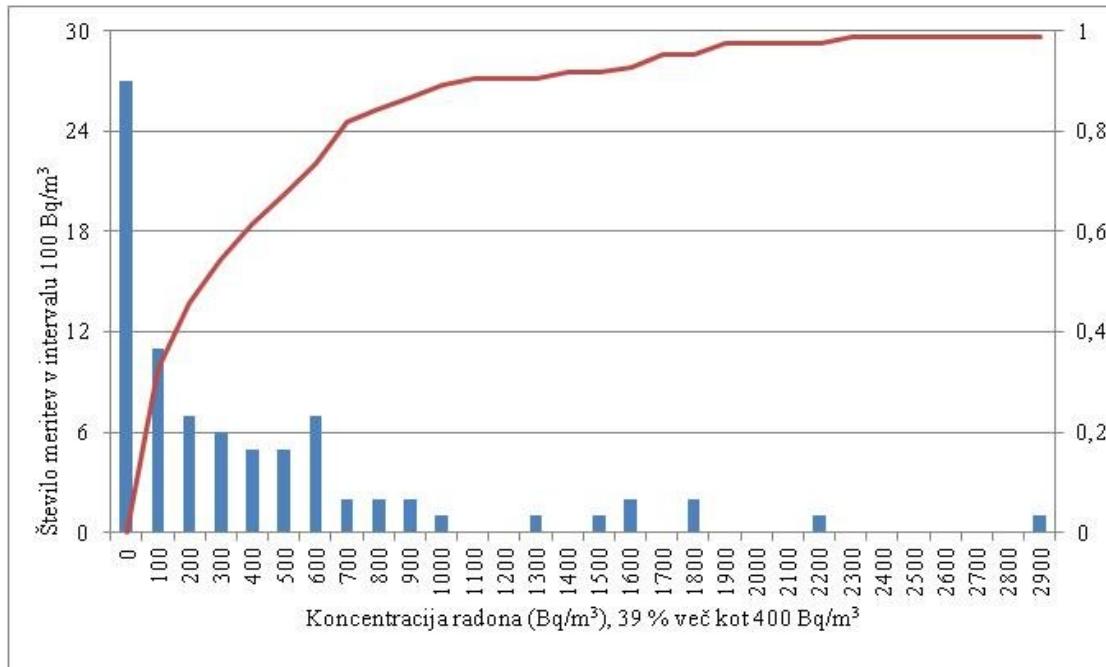
5. Rezultati meritev

5.1. Vrteci in osnovne šole

Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi so prikazani v tabeli 2 in sliki 3. V osemnajstdesetih (68) objektih smo postavili šestdeset (83) detektorjev. V štiriintridesetih prostorih vrtcev in šol so bile izmerjene koncentracije radona, višje od 400 Bq/m^3 (slika 3).



Slika 3. Histogram koncentracij radona v osnovnih šolah in vrtcih v letu 2011



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/m^3 , so

obarvane rdeče. V devetinštiridesetih 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 32 prostorih (39 %) je bila koncentracija radona višja od 400 Bq/m³.

Tabela 2. Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi

Zašt.	št. detektor	Start	Stop	Mesto/naročnik	Lokacija	Bq/m ³
1	565595-6	1.2.2012	6.4.2012	jedilnica	PŠ Kočevska Reka	760 ± 100
2	480500-8	14.2.2012	6.4.2012	igralnica	VVO Muljava - vrtec Krka	580 ± 80
3	241331-8	14.2.2012	6.4.2012	igralnica	VVO Muljava	130 ± 20
4	363540-6	15.2.2012	6.4.2012	učilnica spodaj	OŠ Stična, PŠ Muljava	150 ± 20
5	476193-8	15.2.2012	6.4.2012	učilnica nad vrtcem	OŠ Stična, PŠ Muljava	260 ± 40
6	286264-7	14.2.2012	6.4.2012	uč. manjša 1. nad.	OŠ Stična, PŠca Krka	370 ± 50
7	338547-3	14.2.2012	12.4.2012	učilnica 5, 2.b	OŠ Prevalje	1650 ± 230
8	439705-5	14.2.2012	12.4.2012	učilnica 3, 1.b	OŠ Prevalje	670 ± 90
9	267198-0	14.2.2012	14.4.2012	učilnica 4, Hlupoč	OŠ Prevalje	700 ± 90
10	127800-1	10.2.2012	11.4.2012	vrtec Leše, Pupavac	vrtec Leše 30	90 ± 20
11	402952-6	10.2.2012	11.4.2012	Podgonje, Može	vrtec Pod Gonjami 5a	220 ± 30
12	506618-8	14.2.2012	12.4.2012	učilnica 1, Miševski	vrtec Polje 4	440 ± 60
13	508921-4	13.2.2012	12.4.2012	igralnica, Leskovec	vrtec Zgornji kraj 12	220 ± 30
14	564920-7	1.2.2012	5.4.2012	uč. 4., 5. r. št. 7	PŠ Šentrupert	200 ± 30
15	601222-3	1.2.2012	5.4.2012	učilnica klet, št. 21	PŠ Šentrupert	250 ± 40
16	358729-2	23.2.2012	10.4.2012	jasli miške	VVO Jasli Sežana	1520 ± 190
17	166381-4	13.9.2012	15.10.2012	igralnica Zajčki	VVO Jasli Sežana	619 ± 80
18	565085-8	1.2.2012	10.4.2012	medvedki	VVO Senožeče	560 ± 70
19	565460-3	1.2.2012	10.4.2012	delfini	OŠ Senožeče - vrtec	500 ± 70
20	551539-0	1.2.2012	6.4.2012	igralnica spodaj	VVO Lokev	930 ± 120
21	601088-8	1.2.2012	12.4.2012	igralnica	VVO Divača (nov vrtec)	570 ± 70
22	380807-8	28.2.2012	10.4.2012	igralnica	VVO Tomaj	440 ± 60
23	564718-5	1.2.2012	10.4.2012	srednja igralnica	VVO Komen	850 ± 110
24	551459-1	1.2.2012	10.4.2012	igralnica	VVO Dutovlje	330 ± 40
25	601100-1	1.2.2012	10.4.2012	igralnica	OŠ Komen - vrtec	840 ± 110
26	135165-9	2.2.2012	12.4.2012	učilnica 3 . razred	OŠ Komen	310 ± 40
27	485802-3	2.2.2012	12.4.2012	telovadnica	OŠ Komen	2290 ± 420
28	354329-5	2.2.2012	12.4.2012	mat. 1. nadstropje	OŠ Komen	100 ± 20
29	360776-5	2.2.2012	12.4.2012	uč. z instrumenti	OŠ Komen	440 ± 60
30	564152-7	31.1.2012	11.4.2012	2. razred	PŠ Birčna vas	910 ± 120
31	105153-1	31.1.2012	11.4.2012	3. razred	PŠ Birčna vas	750 ± 90
32	601141-5	1.2.2012	6.4.2012	5. razred	PŠ Podgrad	670 ± 90
33	551214-0	1.2.2012	6.4.2012	vrtec	PŠ Podgrad	240 ± 30
34	474377-9	1.2.2012	11.4.2012	gospodinjstvo	OŠ Semič	1030 ± 130
35	441638-4	2.2.2012	11.4.2012	telovadnica	PŠ Štrekljivec	1640 ± 250
36	287800-7	26.4.2012	31.5.2012	igralnica Bibe	VVO Vavta vas	660 ± 90
37	550751-2	26.4.2012	31.5.2012	igral. Pičapolonice	VVO Vavta vas	313 ± 50
38	437231-4	1.2.2012	10.4.2012	Vrtec račke	OŠ Prevole	2920 ± 530
39	551075-5	1.2.2012	10.4.2012	Vrtec Ježki	OŠ Prevole	1900 ± 290
40	378981-5	1.2.2012	10.4.2012	kuhinja	OŠ Prevole	1360 ± 190
41	551093-8	1.2.2012	10.4.2012	jedilnica	OŠ Prevole	630 ± 80

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

Zašt.	št. detektor	Start	Stop	Mesto/naročnik	Lokacija	Bq/m ³
42	601203-3	2.2.2012	10.4.2012	učilnica 1. nad.	PŠ Tomaj	570 ± 70
43	565835-6	2.2.2012	10.4.2012	1. razred	PŠ Tomaj	660 ± 80
44	550962-5	2.2.2012	4.4.2012	1. razred	OŠ S. Kosovel Sežana	110 ± 20
45	472816-8	2.2.2012	10.4.2012	5. razred	OŠ Dutovlje	260 ± 40
46	551019-3	2.2.2012	6.4.2012	2. razred	PŠ Štanjel	120 ± 20
47	329036-8	2.2.2012	6.4.2012	1. razred	OŠ dr. B. Magajna Divača	530 ± 70
48	525531-0	2.2.2012	10.4.2012	1. razred	PŠ Lokev	1820 ± 310
49	162071-5	2.2.2012	6.4.2012	1. razred	OŠ Divača, PŠ Vremski Br.	420 ± 60
50	479730-4	2.2.2012	10.4.2012	1. razred	OŠ D. B. Brkina Hrpelje	220 ± 30
51	565331-6	2.2.2012	10.4.2012	1/2. razred	PŠ Obrov	200 ± 30
52	187346-2	2.2.2012	6.4.2012	1. razred	OŠ Divača, PŠ Senožeče	330 ± 50
53	228754-8	6.2.2012	6.4.2012	1. razred	OŠ Sečovlje (PŠ Sv. Peter)	160 ± 30
54	400275-4	6.2.2012	10.4.2012	1. b razred	OŠ Koper (P. P. Vergerio)	50 ± 10
55	418301-8	6.2.2012	6.4.2012	1. razred	OŠ Sečovlje - Centrala	90 ± 20
56	464742-6	6.2.2012	6.4.2012	2.b razred	OŠ Koper (C. Z. Perello)	20 ± 10
57	503858-3	6.2.2012	10.4.2012	1. razred	OŠ Lucija (PŠ Strunjan)	40 ± 10
58	325890-2	9.2.2012	10.4.2012	igral. Pikapolonice	OŠ Gračišče - vrtec	40 ± 10
59	180043-2	9.2.2012	24.4.2012	1. razred	OŠ Marezige	36 ± 10
60	440368-9	6.2.2012	6.4.2012	1. razred	OŠ Piran (PŠ Lucija)	70 ± 10
61	503071-3	6.2.2012	13.4.2012	1. razred	OŠ Hrvatini (P. P. Vergerio)	40 ± 10
62	144615-2	6.2.2012	13.4.2012	1. razred	OŠ Semedela (P. P. Vergerio)	70 ± 10
63	199862-4	6.2.2012	13.4.2012	1. razred	OŠ Bertoki (P. P. Vergerio)	360 ± 50
64	415098-3	6.2.2012	6.4.2012	2. razred	OŠ Piran (PŠ Portorož)	80 ± 20
65	162918-7	6.2.2012	10.4.2012	razred A-4	OŠ D. Bordona Semedela	40 ± 10
66	100794-7	6.2.2012	10.4.2012	1. razred	OŠ Lucija (Fazan 1)	110 ± 20
67	401556-6	6.2.2012	6.4.2012	glasba 1. nad.	OŠ V. e Diego Piran	30 ± 10
68	163473-2	9.2.2012	12.4.2012	1.b razred	PŠ Sv. Anton	20 ± 10
69	166350-9	9.2.2012	3.4.2012	1. a razred	OŠ E. V. Prade Koper	70 ± 10
70	131617-3	6.2.2012	6.4.2012	3.b razred	OŠ C. Kosmač Piran	40 ± 10
71	368907-2	9.2.2012	6.4.2012	1. razred	OŠ Šmarje	40 ± 10
72	431426-6	9.2.2012	10.4.2012	1. razred	OŠ Škofije	50 ± 10
73	412452-5	9.2.2012	10.4.2012	1. razred	OŠ Gračišče	60 ± 10
74	344569-9	6.2.2012	13.4.2012	igral. L. Aaquilone	OŠ D. Alighieri zola (vrtec)	50 ± 10
75	250819-0	9.2.2012	11.4.2012	1. a razred	OŠ Hrvatini (PŠ Ankaran)	30 ± 10
76	291284-8	9.2.2012	13.4.2012	1. razred	OŠ V. Šmuc (PŠ Korte)	30 ± 10
77	113277-8	9.2.2012	11.4.2012	1. razred	OŠ Hrvatini	30 ± 10
78	507074-3	6.2.2012	6.4.2012	3. b razred	OŠ A. Ukmarpa Koper	20 ± 10
79	437254-6	9.2.2012	6.4.2012	2. razred	OŠ Dekani	40 ± 10
80	421906-9	6.2.2012	6.4.2012	1. razred, uč. 2	OŠ V. Šmuc (PŠ Korte)	180 ± 30
81	108211-4	6.2.2012	24.4.2012	1.b razred	OŠ Livade Izola (Livade 7)	115 ± 20
82	362793-2	6.2.2012	6.4.2012	1. razred	OŠ Sečovlje - vrtec	130 ± 20
83	282286-4	4.9.2012	15.10.2012	igralnica št. 8	VVO Semedela, Rozmanova	63 ± 10

5.1.1. OŠ Primoža Trubarja Laško, PŠ Šentrupert

Podružnična šola Šentrupert leži na bregu, tako da je spodnji del objekta v zemlji (Slika 5, Slika 6). V Podružnični šoli Šentrupert smo določali koncentracijo radona z detektorji sledi v letih 2006 in 2009. Nato so šolo obnovili in v letu 2011 smo ponovno merili koncentracijo radona (Tabela 3). Zaradi previsokih koncentracij radona, izmerjenih v letu 2011, smo v letu 2012 ponovili meritve z detektorji sledi (Tabela 2). Istočasno smo določali tudi koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v učilnici 21K v kleti. V učilnici je umivalnik, a je odtok napeljan direktno v steno. Po tleh je linolej. Ni vidnih nobenih špranj, rez ali lukanj.

Tabela 3. Koncentracija radona v PŠ Šentrupert

Lokacija: učilnica 1. Razred oz. igralnica vrtca (isti prostor)

Leto	Koncentracija radona (Bq/m ³)
2006	430 ± 29
2009	100 ± 20
2011	732 ± 100
2012	250 ± 40

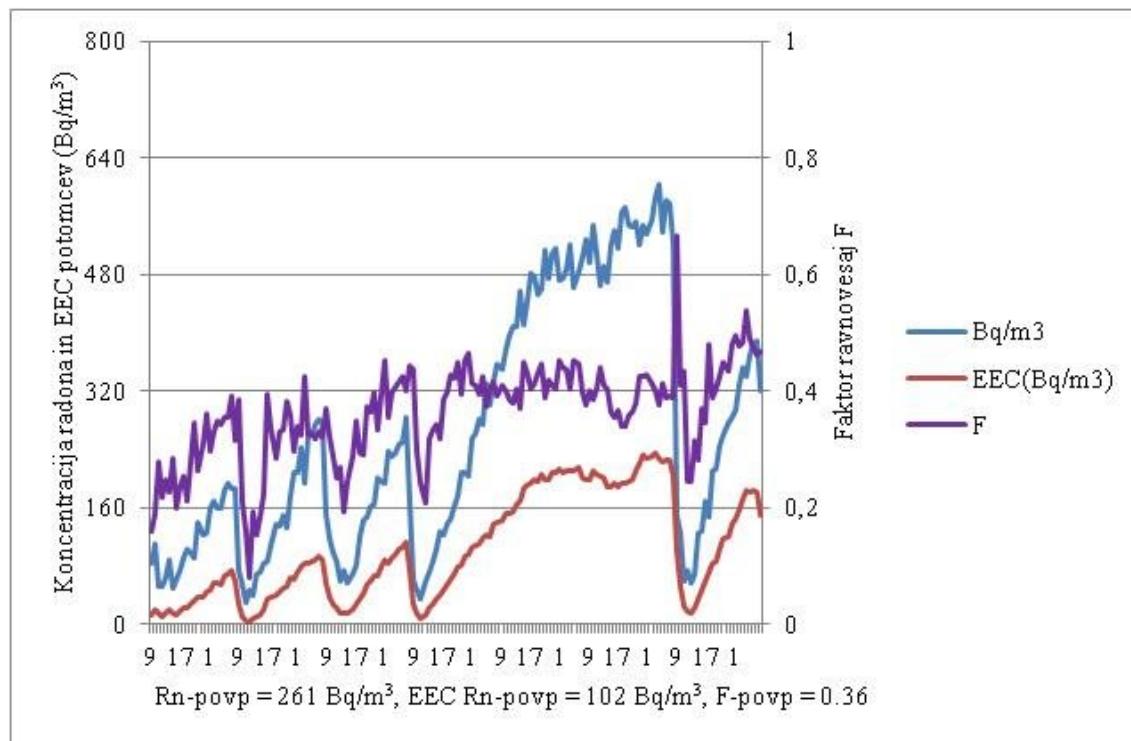


Slika 5. Podružnična šola Šentrupert (zgoraj)



Slika 6. Podružnična šola Šentrupert (spodaj)

Pred učilnico je dvorišče, kjer se nahaja glavni odvodni jašek za monitorno vodo. Ta je napeljan v glavno kanalizacijo na cesti. Edino v straniščih so sifoni, povsod drugod je linolej. Rezultati meritev koncentracije radona in radonovih potomcev so prikazani na sliki 7 in v tabeli 4. Povprečna koncentracija radona v času meritve je bila 261 ± 172 Bq/m³, povprečna koncentracija radonovih potomcev v času meritve je bila 102 ± 74 Bq/m³, povprečna vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.36 (0.08 – 0.67).

**Slika 7. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³**

Lokacija merjenja: učilnica 21K

Datum meritve: 28.2.2012 ob 9:00 do 6.3.2012 ob 8:00

Merilni instrumenti: Alphaguard, Doseman Pro 211

Tabela 4. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija merjenja: učilnica 21K

Datum meritve: 28.2.2012 ob 9:00 do 6.3.2012 ob 8:00

Merilni instrumenti: Alphaguard, Doseman Pro 211

Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F
9	83	13	0,16	21	91	31	0,34
10	110	21	0,19	22	140	37	0,26
11	51	14	0,28	23	123	38	0,31
12	52	11	0,22	24	126	46	0,36
13	65	16	0,25	1	161	48	0,30
14	88	20	0,23	2	170	56	0,33
15	50	14	0,28	3	161	56	0,35
16	62	12	0,20	4	161	55	0,34
17	73	17	0,24	5	184	66	0,36
18	90	23	0,25	6	193	68	0,36
19	104	22	0,21	7	187	73	0,39
20	98	28	0,28	8	187	59	0,31

Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F
9	74	29	0,39	11	35	9	0,24
10	54	11	0,21	12	59	12	0,21
11	30	5	0,16	13	72	23	0,32
12	48	4	0,08	14	86	29	0,33
13	40	8	0,19	15	103	35	0,34
14	68	10	0,15	16	128	41	0,32
15	72	13	0,19	17	123	48	0,39
16	85	19	0,22	18	138	55	0,40
17	87	34	0,39	19	144	62	0,43
18	107	36	0,34	20	162	68	0,42
19	137	39	0,28	21	175	79	0,45
20	135	45	0,33	22	208	82	0,39
21	151	50	0,33	23	208	94	0,45
22	134	51	0,38	24	204	95	0,46
23	178	64	0,36	1	256	105	0,41
24	208	62	0,30	2	261	107	0,41
1	208	70	0,34	3	282	111	0,39
2	242	79	0,33	4	274	117	0,43
3	195	83	0,42	5	332	124	0,37
4	260	85	0,33	6	302	122	0,40
5	260	86	0,33	7	334	139	0,42
6	274	87	0,32	8	357	140	0,39
7	282	93	0,33	9	351	143	0,41
8	276	88	0,32	10	377	151	0,40
9	152	56	0,37	11	396	153	0,39
10	118	38	0,32	12	409	155	0,38
11	100	29	0,29	13	409	165	0,40
12	87	22	0,25	14	458	170	0,37
13	60	16	0,27	15	411	185	0,45
14	74	14	0,19	16	443	191	0,43
15	58	14	0,25	17	482	195	0,40
16	70	20	0,29	18	477	198	0,41
17	81	29	0,35	19	454	196	0,43
18	120	35	0,29	20	460	206	0,45
19	143	42	0,29	21	514	200	0,39
20	148	55	0,37	22	475	199	0,42
21	162	59	0,36	23	509	209	0,41
22	165	66	0,40	24	516	208	0,40
23	200	67	0,33	1	473	214	0,45
24	197	78	0,40	2	475	209	0,44
1	193	87	0,45	3	486	212	0,44
2	238	85	0,36	4	520	210	0,40
3	231	92	0,40	5	462	210	0,45
4	235	96	0,41	6	484	216	0,45
5	248	104	0,42	7	505	201	0,40
6	250	106	0,42	8	529	199	0,38
7	285	114	0,40	9	496	199	0,40
8	169	75	0,44	10	548	211	0,38
9	61	27	0,44	11	509	206	0,40
10	48	14	0,30	12	464	204	0,44

Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F
13	492	201	0,41	2	327	157	0,48
14	469	190	0,41	3	353	171	0,48
15	520	190	0,37	4	340	183	0,54
16	541	193	0,36	5	370	181	0,49
17	516	189	0,37	6	387	183	0,47
18	565	193	0,34	7	389	181	0,46
19	574	195	0,34	8	321	150	0,47
20	548	196	0,36				
21	546	200	0,37				
22	552	210	0,38				
23	520	220	0,42				
24	548	233	0,42				
1	535	229	0,43				
2	556	230	0,41				
3	586	235	0,40				
4	603	227	0,38				
5	537	222	0,41				
6	582	226	0,39				
7	578	226	0,39				
8	522	202	0,39				
9	151	101	0,67				
10	125	51	0,41				
11	59	26	0,44				
12	74	18	0,24				
13	58	14	0,25				
14	70	22	0,31				
15	124	35	0,28				
16	128	48	0,37				
17	170	59	0,35				
18	147	70	0,48				
19	212	83	0,39				
20	214	86	0,40				
21	245	105	0,43				
22	259	117	0,45				
23	276	120	0,43				
24	285	137	0,48				
1	293	145	0,50				

Iskali smo tudi vire radona in sicer v učilnici 21K v kotu v tleh, kjer je bila manjša reža, v sifonu v WC-ju, v garderobi pred telovadnico, kjer je v steni dovodna cev za vodo, v jašku monitorne vode pred šolo in v zemlji na travniku pred šolo (Slika 8, Slika 9, Slika 10, Slika 11). Rezultati meritev so prikazani v tabeli 5 za iskanje virov radona v objektu in v tabeli 6 za meritve koncentracije radona v zemlji.



Slika 8. Koncentracija radona v špranji



Slika 9. Koncentracija radona v sifonu v WC-ju



Slika 10. Koncentracija radona v garderobi



Slika 11. Koncentracija radona v zemlji

Tabela 5. Iskanje virov radona

Lokacija: PŠ Šentrupert

Datum meritev: 28.2.2012 ob 11:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Špranja v učilnici 21K	Alphaguard	2000 ± 350
Sifon v stranišču	RAD 7	400 ± 100
Dovod vode v garderobi	RAD 7	800 ± 100
Jašek monitorne vode	RAD 7	300 ± 100

Tabela 6. Koncentracija radona v zemlji

Lokacija: travnik ob PŠ Šentrupert

Datum meritev: 28.2.2012 ob 12:00

Zemljepisne koordinate: N46° 9' 59.9''; E15° 21' 0.8''	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Zemlja – globina 80 cm	Alphaguard	95400 ± 4000

Rezultati meritve koncentracije radona v zemlji kažejo na to, da je zemlja močan vir radona, ki lahko prodre v prostore šole, če se v tleh pojavi razpoke. To dokazujejo tudi meritve koncentracije radona v špranji v učilnici 21K v kleti. V ostalih odprtinah (sifoni, jaški...), kjer smo določali koncentracijo radona, nismo izmerili visokih vrednosti. Tudi povprečna koncentracija radona v učilnici 21K, izmerjena z detektorji sledi in merilnimi instrumenti, ni visoka, ne presega 260 Bq/m^3 . Meritve so pokazale, da so vse odprtine v tleh ali stenah v objektu dobro zatesnjene in ne pričakujemo povišanih koncentracij radona.

5.1.2. OŠ Antonia Šibelja – Stjenka Komen

V OŠ Komen smo določali koncentracijo radona z detektorji sledi v letih 2006, 2008, 2009, 2010 in 2011. Meritve smo izvajali v učilnicah in telovadnici v šoli, a eno od učilnic so kasneje začeli uporabljati kot igralnico vrtca (Tabela 7). Najvišje koncentracije radona so bile izmerjene v telovadnici in v učilnici 4. razred devetletke in tehnični pouk, ki ju sedaj uporabljam kot podaljšano bivanje oziroma kot prostor za instrumente.

Tabela 7. Koncentracija radona v OŠ Komen

Lokacija: učilnica 1. Razred oz. igralnica vrtca (isti prostor)

Leto	Lokacija	Koncentracija radona (Bq/m^3)
2006	4. razred devetletke	737 ± 40
2006	tehnični pouk	652 ± 36
2008	4. razred devetletke	795 ± 83
2008	tehnični pouk	513 ± 56
2008	telovadnica	2033 ± 248
2009	4. razred devetletke	480 ± 60
2009	igralnica vrtca (prej tehnični pouk)	230 ± 30
2009	telovadnica	1390 ± 170
2010	igralnica vrtca (prej tehnični pouk)	559 ± 68
2011	igralnica vrtca (prej tehnični pouk)	1009 ± 130
2012	podaljšano bivanje (prej 4.razred)	310 ± 40
2012	učilnica z instrumenti (prej tehnični pouk)	440 ± 60
2012	telovadnica	2290 ± 420

V letu 2012 smo določali koncentracijo radona z detektorji sledi v štirih učilnicah osnovne šole (Tabela 2), v učilnici podaljšano bivanje pa smo merili tudi koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti. Rezultati meritve so prikazani na sliki 12 in v tabeli 8. Povprečna koncentracija radona v času meritve je bila $354 \pm 95 \text{ Bq/m}^3$, povprečna koncentracija radonovih potomcev v času meritve je bila $187 \pm 72 \text{ Bq/m}^3$, povprečna vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.51 (0.15 – 0.72).

Tabela 8. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

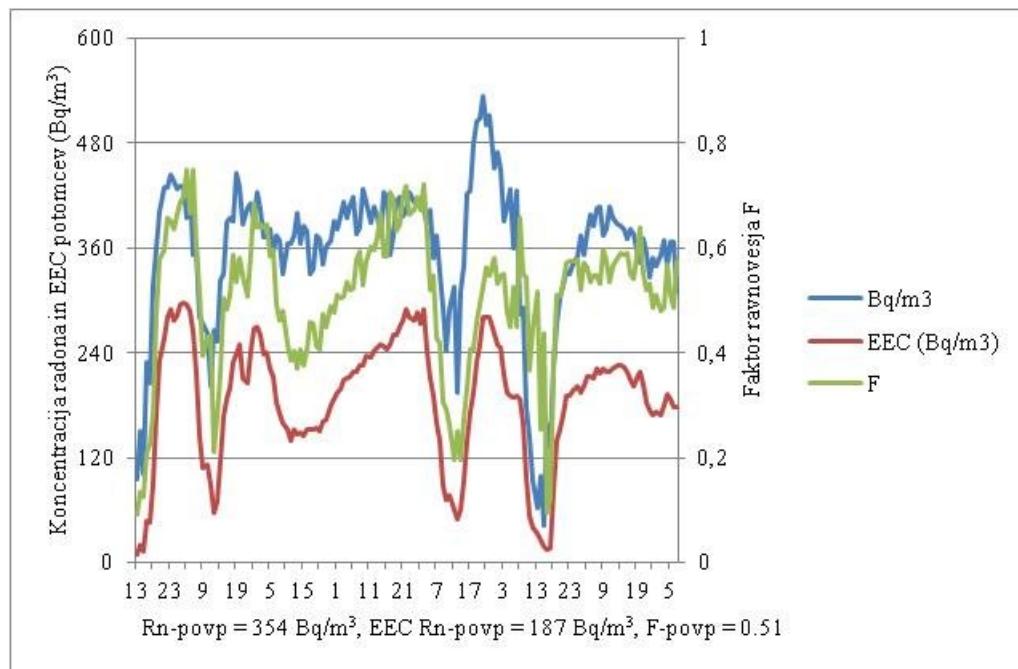
Lokacija merjenja: OŠ Komen, učilnica podaljšano bivanje

Datum meritve: 2.2.2012 ob 13:00 do 9.2.2012 ob 7:00

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 153

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
13	95	9	0,15	10		151	
14		20		11	364	140	0,40
15	101	13	0,30	12		151	
16		48		13	400	148	0,37
17	205	46	0,33	14		149	
18		90		15	385	145	0,39
19	358	169	0,56	16		153	
20		231		17	331	151	0,46
21	429	256	0,63	18		153	
22		281		19	374	154	0,41
23	444	289	0,64	20		150	
24		278		21	341	161	0,47
1	427	283	0,68	22		163	
2		295		23	368	180	0,50
3	428	298	0,69	24		186	
4		295		1	382	195	0,52
5	433	288	0,64	2		199	
6		264		3	412	209	0,51
7	360	216	0,50	4		210	
8		145		5	408	213	0,53
9	273	108	0,40	6		219	
10		113		7	376	218	0,59
11	202	88	0,36	8		226	
12		56		9	427	225	0,54
13	253	70	0,37	10		236	
14		116		11	389	234	0,61
15	331	166	0,54	12		241	
16		188		13	397	246	0,63
17	393	200	0,55	14		250	
18		229		15	423	248	0,58
19	445	239	0,55	16		244	
20		249		17	353	249	0,72
21	386	211	0,54	18		260	
22		205		19	412	260	0,64
23	411	243	0,62	20		269	
24		268		21	397	276	0,71
1	423	270	0,63	22		289	
2		260		23	423	280	0,66
3	371	238	0,64	24		278	
4		240		1	409	285	0,68
5	382	223	0,57	2		274	
6		213		3	403	290	0,66
7	374	184	0,47	4		243	
8		170		5	404	210	0,50
9	331	159	0,47	6		190	

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
7	374	160	0,40	6		211	
8		139		7	405	221	0,54
9	291	89	0,27	8		216	
10		71		9	374	223	0,59
11	289	76	0,24	10		219	
12		61		11	407	218	0,54
13	194	49	0,28	12		223	
14		60		13	387	225	0,58
15	340	94	0,34	14		226	
16		140		15	382	224	0,58
17	425	173	0,43	16		218	
18		195		17	380	209	0,54
19	503	230	0,48	18		203	
20		250		19	357	210	0,60
21	532	280	0,53	20		219	
22		281		21	370	204	0,52
23	512	280	0,53	22		184	
24		263		23	327	174	0,52
1	470	250	0,53	24		169	
2		245		1	339	173	0,50
3	391	215	0,52	2		169	
4		194		3	368	179	0,50
5	427	191	0,45	4		193	
6		189		5	367	188	0,50
7	425	191	0,44	6		178	
8		186		7	310	178	0,29
9	291	160	0,44				
10		96					
11	143	53	0,33				
12		41					
13	63	33	0,46				
14		25					
15	43	19	0,39				
16		15					
17	133	16	0,37				
18		83					
19	273	139	0,53				
20		153					
21	318	169	0,57				
22		191					
23	331	190	0,58				
24		196					
1	350	203	0,57				
2		194					
3	351	201	0,59				
4		213					
5	398	213	0,53				



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

Lokacija merjenja: OŠ Komen, učilnica podaljšano bivanje

Datum meritve: 2.2.2012 ob 13:00 do 9.2.2012 ob 7:00

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 153

Povprečne koncentracije radona in radonovih potomcev, merjene z merilnimi instrumenti in detektorji sledi v letu 2012 v učilnici podaljšano bivanje ne presegajo 400 Bq/m³. V učilnici z instrumenti je bila izmerjena koncentracija radona 440 ± 60 Bq/m³, a oba prostora sta sedaj manj časa zasedena, zato so tudi prejete efektivne doze za zaposlene in otroke ustrezno nižje.

5.1.3. Vrtec Sežana, Enota Komen

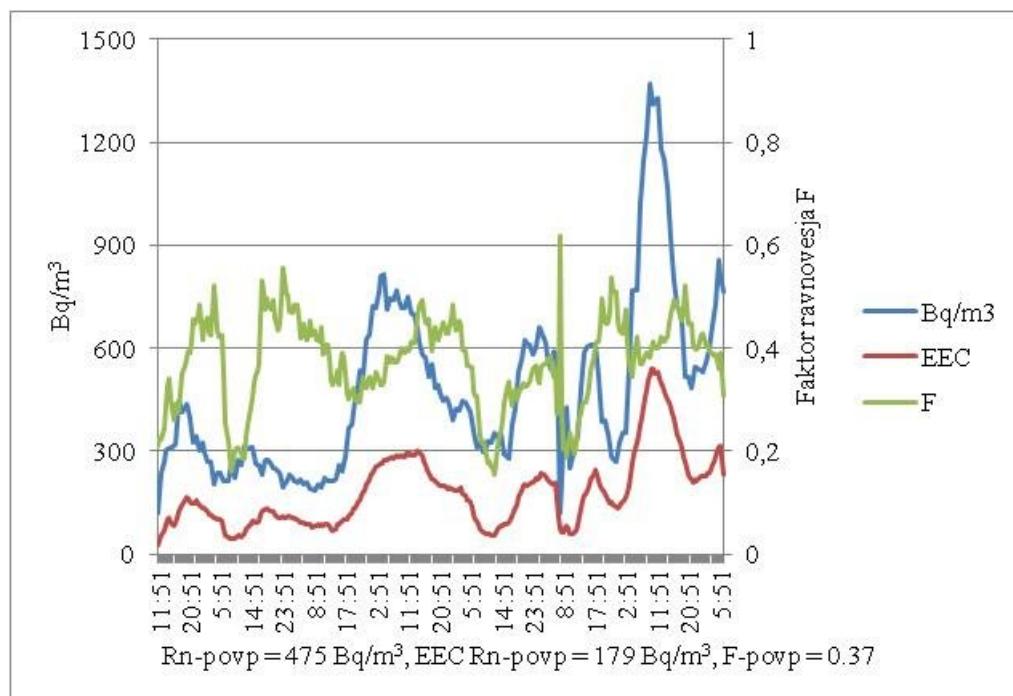
V vrtcu Komen smo določali koncentracijo radona z detektorji sledi v letih 2008, 2010 in 2011 (Tabela 9). Zaradi povišanih koncentracij radona v igralnici vrtca smo v letu 2012 merili tudi koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti (Slika 13, Tabela 10).

Tabela 9. Koncentracija radona v vrtecu Komen

Lokacija: srednja igralnica

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

Povprečna koncentracija radona v času meritve je bila $475 \pm 252 \text{ Bq/m}^3$, povprečna koncentracija radonovih potomcev v času meritve je bila $179 \pm 107 \text{ Bq/m}^3$, povprečna vrednost faktorja ravnnovesja F je bila 0.37 (0.16 – 0.62).



Slika 13. Koncentracija radona in ravnnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija merjenja: Vrtec Komen, srednja igralnica

Datum meritve: 2.2.2012 ob 11:51 do 9.2.2012 ob 6:51

Merilni instrumenti: Alphaguard, WLM 30

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.

Tabela 10. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija merjenja: Vrtec Komen, srednja igralnica

Datum meritve: 2.2.2012 ob 11:51 do 9.2.2012 ob 6:51

Merilni instrumenti: Alphaguard, WLM 30

Ura	Bq/m ³	EEC	F	Ura	Bq/m ³	EEC	F
11:51	120,91	25	0,27	10:21		51	
12:21		40		10:51	271,78	56	0,20
12:51	238,61	53	0,25	11:21		54	
13:21		66		11:51	257,87	51	0,20
13:51	303,88	87	0,31	12:21		53	
14:21		101		12:51	314,58	58	0,21
14:51	308,16	105	0,32	13:21		71	
15:21		94		13:51	306,02	77	0,27
15:51	312,44	87	0,27	14:21		88	
16:21		82		14:51	312,44	95	0,31
16:51	321	94	0,31	15:21		96	
17:21		104		15:51	262,15	91	0,35
17:51	445,12	124	0,29	16:21		93	
18:21		135		16:51	261,08	97	0,40
18:51	415,16	145	0,36	17:21		113	
19:21		156		17:51	233,26	124	0,54
19:51	438,7	167	0,38	18:21		129	
20:21		164		18:51	273,92	131	0,49
20:51	393,76	154	0,38	19:21		135	
21:21		148		19:51	271,78	131	0,47
21:51	325,28	149	0,46	20:21		124	
22:21		149		20:51	250,38	124	0,47
22:51	344,54	156	0,44	21:21		113	
23:21		149		21:51	247,17	111	0,44
23:51	299,6	145	0,48	22:21		105	
0:21		140		22:51	237,54	106	0,45
0:51	323,14	134	0,41	23:21		107	
1:21		133		23:51	195,81	109	0,55
1:51	270,71	124	0,44	0:21		108	
2:21		116		0:51	207,58	105	0,52
2:51	269,64	114	0,42	1:21		110	
3:21		111		1:51	230,05	109	0,46
3:51	203,3	106	0,52	2:21		104	
4:21		106		2:51	214	103	0,48
4:51	237,54	103	0,43	3:21		100	
5:21		100		3:51	207,58	101	0,48
5:51	237,54	101	0,41	4:21		97	
6:21		96		4:51	217,21	91	0,43
6:51	211,86	75	0,30	5:21		94	
7:21		54		5:51	203,3	91	0,44
7:51	215,07	47	0,21	6:21		87	

Ura	Bq/m ³	EEC	F	Ura	Bq/m ³	EEC	F
8:21		45		6:51	209,72	87	0,41
8:51	270,71	44	0,16	7:21		85	
9:21		45		7:51	188,32	85	0,44
9:51	222,56	45	0,21	8:21		80	
8:51	187,25	81	0,44	9:51	719,04	288	0,40
9:21		82		10:21		283	
9:51	205,44	87	0,41	10:51	719,04	282	0,40
10:21		83		11:21		295	
10:51	195,81	86	0,43	11:51	749	296	0,39
11:21		81		12:21		287	
11:51	220,42	86	0,39	12:51	701,92	290	0,41
12:21		88		13:21		287	
12:51	212,93	86	0,39	13:51	697,64	286	0,41
13:21		82		14:21		292	
13:51	214	72	0,33	14:51	654,84	302	0,46
14:21		71		15:21		298	
14:51	216,14	74	0,37	15:51	582,08	288	0,48
15:21		85		16:21		269	
15:51	261,08	86	0,34	16:51	573,52	258	0,44
16:21		93		17:21		244	
16:51	241,82	95	0,40	17:51	515,74	236	0,45
17:21		100		18:21		227	
17:51	284,62	100	0,35	18:51	552,12	217	0,39
18:21		102		19:21		219	
18:51	365,94	110	0,31	19:51	485,78	214	0,43
19:21		116		20:21		208	
19:51	376,64	119	0,34	20:51	494,34	206	0,41
20:21		133		21:21		201	
20:51	451,54	134	0,32	21:51	445,12	200	0,45
21:21		152		22:21		198	
21:51	537,14	157	0,31	22:51	457,96	196	0,42
22:21		171		23:21		192	
22:51	520,02	179	0,35	23:51	434,42	193	0,44
23:21		186		0:21		188	
23:51	624,88	202	0,33	0:51	389,48	189	0,48
0:21		209		1:21		183	
0:51	637,72	219	0,35	1:51	423,72	185	0,44
1:21		230		2:21		185	
1:51	723,32	234	0,33	2:51	419,44	189	0,44
2:21		244		3:21		193	
2:51	719,04	255	0,36	3:51	447,26	178	0,39
3:21		258		4:21		173	
3:51	808,92	265	0,33	4:51	432,28	158	0,36
4:21		266		5:21		156	
4:51	813,2	272	0,34	5:51	415,16	150	0,35
5:21		274		6:21		140	
5:51	714,76	275	0,39	6:51	357,38	113	0,30

Ura	Bq/m ³	EEC	F	Ura	Bq/m ³	EEC	F
6:21		278		7:21		103	
6:51	744,72	278	0,38	7:51	312,44	96	0,29
7:21		284		8:21		86	
7:51	740,44	281	0,38	8:51	323,14	74	0,22
8:21		282		9:21		67	
8:51	770,4	287	0,37	9:51	295,32	65	0,21
9:21		281		10:21		60	
10:51	329,56	58	0,18	11:51	321	63	0,21
11:21		59		12:21		70	
11:51	323,14	55	0,17	12:51	342,4	86	0,29
12:21		56		13:21		109	
12:51	355,24	55	0,17	13:51	485,78	134	0,30
13:21		62		14:21		157	
13:51	338,12	71	0,22	14:51	586,36	173	0,30
14:21		79		15:21		175	
14:51	350,96	83	0,24	15:51	603,48	184	0,32
15:21		83		16:21		197	
15:51	293,18	85	0,30	16:51	607,76	216	0,37
16:21		88		17:21		232	
16:51	278,2	93	0,35	17:51	607,76	247	0,40
17:21		100		18:21		233	
17:51	374,5	108	0,31	18:51	517,88	213	0,40
18:21		123		19:21		199	
18:51	425,86	135	0,33	19:51	385,2	191	0,49
19:21		143		20:21		184	
19:51	528,58	164	0,32	20:51	389,48	175	0,44
20:21		177		21:21		165	
20:51	569,24	183	0,33	21:51	348,82	158	0,44
21:21		197		22:21		149	
21:51	624,88	204	0,32	22:51	284,62	153	0,51
22:21		201		23:21		141	
22:51	607,76	203	0,34	23:51	270,71	138	0,50
23:21		206		0:21		134	
23:51	582,08	210	0,37	0:51	323,14	140	0,44
0:21		215		1:21		146	
0:51	603,48	220	0,37	1:51	353,1	151	0,44
1:21		217		2:21		158	
1:51	663,4	221	0,34	2:51	350,96	166	0,50
2:21		236		3:21		182	
2:51	637,72	234	0,37	3:51	539,28	200	0,40
3:21		232		4:21		233	
3:51	616,32	227	0,36	4:51	770,4	266	0,36
4:21		218		5:21		293	
4:51	541,42	208	0,38	5:51	770,4	324	0,44
5:21		201		6:21		349	
5:51	590,64	204	0,35	6:51	1018,64	376	0,38
6:21		208		7:21		399	
6:51	577,8	158	0,23	7:51	1147,04	429	0,39

Ura	Bq/m ³	EEC	F	Ura	Bq/m ³	EEC	F
7:21		106		8:21		458	
7:51	120,91	75	0,57	8:51	1224,08	480	0,40
8:21		63		9:21		507	
8:51	314,58	64	0,23	9:51	1369,6	522	0,39
9:21		80		10:21		538	
9:51	428	81	0,18	10:51	1309,68	542	0,41
10:21		72		11:21		527	
10:51	251,45	59	0,24	11:51	1326,8	530	0,39
11:21		59		12:21		514	
12:51	1181,28	499	0,42	22:21		209	
13:21		489		22:51	543,56	217	0,40
13:51	1147,04	475	0,41	23:21		215	
14:21		462		23:51	541,42	217	0,41
14:51	1065,72	450	0,42	0:21		228	
15:21		443		0:51	530,72	227	0,43
15:51	920,2	429	0,46	1:21		229	
16:21		411		1:51	560,68	226	0,41
16:51	796,08	393	0,48	2:21		237	
17:21		372		2:51	594,92	235	0,40
17:51	723,32	349	0,47	3:21		246	
18:21		324		3:51	667,68	261	0,40
18:51	671,96	305	0,44	4:21		269	
19:21		285		4:51	727,6	282	0,40
19:51	515,74	269	0,50	5:21		300	
20:21		248		5:51	856	309	0,32
20:51	515,74	231	0,43	6:21		316	
21:21		224		6:51	766,12	234	0,15
21:51	481,5	215	0,44				

Iskali smo tudi vire radona v vrtnu v igralnici v kotu v tleh, kjer je bila manjša špranja in smo prišli s cevko okoli 15 cm globoko v razpoko v temeljni plošči in v špranji ob vhodnih vratih. Merili smo tudi koncentracijo radona v dveh sifonih v WC-ju (Slika 14, Slika 15).



Slika 14. Koncentracija radona v špranji v tleh



Slika 15. Koncentracija radona v sifonu v WC-ju

Rezultati meritev iskanja virov radona so prikazani v tabeli 11.

Tabela 11. Iskanje virov radona

Lokacija: Vrtec Komen, srednja igralnica

Datum meritev: 9.2.2012 ob 8:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Špranja v tleh	Alphaguard	12000 ± 850
Špranja ob vhodnih vratih	Alphaguard	7000 ± 450
Sifon v otroškem stranišču (prvi)	Alphaguard	900 ± 300
Sifon v otroškem stranišču (drugi)	Alphaguard	700 ± 200

Meritve koncentracije radona z detektorji sledi v letih od 2010 do 2012 so pokazale povišane vrednosti v igralnici vrtca, povprečno 825 Bq/m³. Z merilnimi instrumenti smo izmerili povprečno vrednost koncentracije radona 475 Bq/m³. Koncentraciji radona in radonovih potomcev si sledita, kar pomeni, da v prostor vdira staran radon. Koncentracija radona v sredo preko dneva močno naraste, kar je posledica spremembe vremena.

Glede na visoke vrednosti koncentracije radona, izmerjene v špranjih v tleh, predlagamo, da se preverijo kontakti med tlemi in stenami v igralnici in se jih po potrebi zatesni. Na ta način bo zmanjšana možnost vdora radona izpod temeljne plošče v prostor.

Ne predlagamo nobenih ukrepov sanacije.

5.1.4. OŠ Stopiče, PŠ Podgrad

Podružnična šola Podgrad je star objekt z debelimi kamnitimi stenami (Slika 16). V Podružnični šoli Podgrad smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi že v letu 2011. Izmerjena koncentracija v učilnici 5. razred je bila 771 ± 100 Bq/m³. Zaradi povišane koncentracije radona smo v letu 2012 ponovili meritve z detektorji sledi v učilnici 5. razred in v igralnici vrtca in istočasno določali časovni potek koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v učilnici 5. razred. Učilnica, v kateri smo izvajali meritve, se nahaja v pritličju in ni podkletena, leži na nasutju, kletni prostori s kuhinjo in jedilnico so pod hodnikom pred učilnico. V učilnici je po tleh položen parket, letve dobro tesnijo prostor med steno in tlemi, zato ni vidnih špranj (Slika 17).



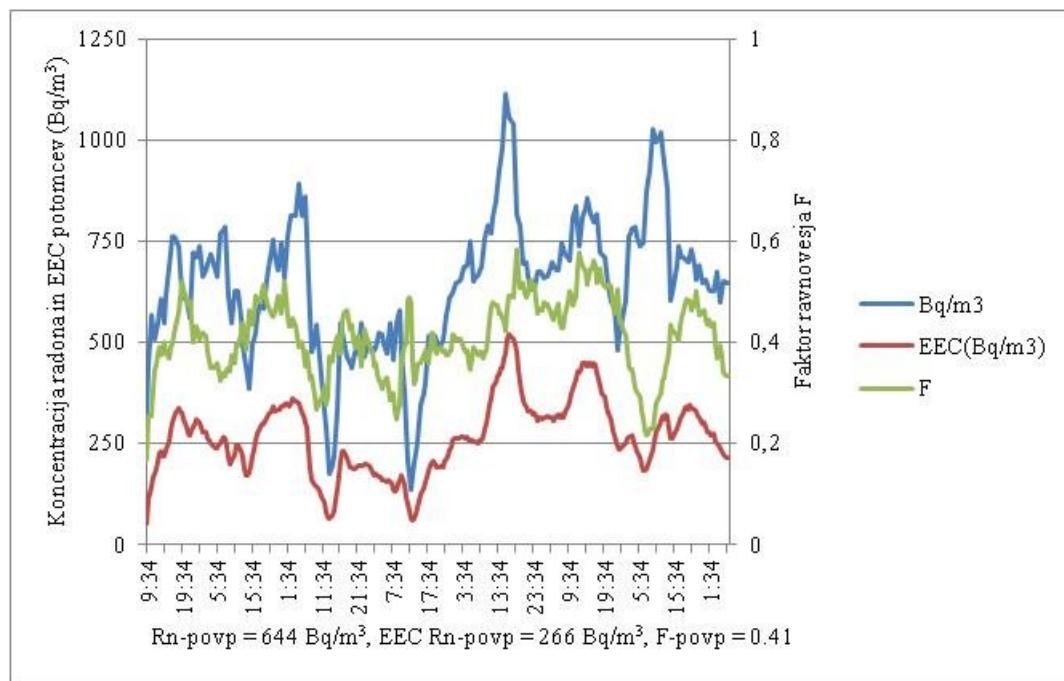
Slika 16. Podružnična šola Podgrad



Slika 17. Učilnica 5. razred

Koncentracija radona, izmerjena z detektorji sledi, je bila 670 ± 90 Bq/m³ (Tabela 2).

Rezultati meritev z merilnimi instrumenti so prikazani na sliki 18 in v tabeli 12. Povprečna koncentracija radona v času meritve je bila $644 \pm 171 \text{ Bq/m}^3$, povprečna koncentracija radonovih potomcev v času meritve je bila $266 \pm 92 \text{ Bq/m}^3$, povprečna vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.41 (0.17 – 0.58).



Slika 18. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m^3

Lokacija: PŠ Podgrad, učilnica 5. razred

Datum meritev: 14.2.2012 ob 9:34 do 21.2.2012 ob 10:04

Merilni instrumenti: Alphaguard, WLM 30

Tabela 12. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m^3

Lokacija: PŠ Podgrad, učilnica 5. razred

Datum meritev: 14.2.2012 ob 9:34 do 21.2.2012 ob 10:04

Merilni instrumenti: Alphaguard, WLM 30

Ura	Bq/m^3	EEC(Bq/m^3)	F	Ura	Bq/m^3	EEC(Bq/m^3)	F
9:34	319	53	0,17	8:04	700	241	0,34
10:04	442	112	0,25	8:34	616	216	0,35
10:34	565	144	0,26	9:04	582	199	0,34
11:04	536	165	0,31	9:34	548	205	0,37
11:34	507	175	0,35	10:04	586	216	0,37
12:04	528	187	0,35	10:34	625	224	0,36
12:34	548	207	0,38	11:04	625	247	0,40
13:04	578	226	0,39	11:34	625	245	0,39
13:34	608	228	0,38	12:04	557	232	0,42
14:04	578	219	0,38	12:34	490	215	0,44
14:34	548	220	0,40	13:04	465	187	0,40
15:04	616	234	0,38	13:34	441	169	0,38
15:34	685	252	0,37	14:04	412	169	0,41

Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F
16:04	723	282	0,39	14:34	383	177	0,46
16:34	762	301	0,39	15:04	440	194	0,44
17:04	760	315	0,41	15:34	496	217	0,44
17:34	758	326	0,43	16:04	509	233	0,46
18:04	747	331	0,44	16:34	522	256	0,49
18:34	736	338	0,46	17:04	563	272	0,48
19:04	678	330	0,49	17:34	603	289	0,48
19:34	621	323	0,52	18:04	593	296	0,50
20:04	612	309	0,50	18:34	582	299	0,51
20:34	603	290	0,48	19:04	618	306	0,50
21:04	582	274	0,47	19:34	655	314	0,48
21:34	561	270	0,48	20:04	681	320	0,47
22:04	642	282	0,44	20:34	706	326	0,46
22:34	723	290	0,40	21:04	730	330	0,45
23:04	717	299	0,42	21:34	753	339	0,45
23:34	710	308	0,43	22:04	715	330	0,46
0:04	723	305	0,42	22:34	676	332	0,49
0:34	736	300	0,41	23:04	710	334	0,47
1:04	700	288	0,41	23:34	745	339	0,46
1:34	663	278	0,42	0:04	702	341	0,49
2:04	678	279	0,41	0:34	659	344	0,52
2:34	693	263	0,38	1:04	710	348	0,49
3:04	706	259	0,37	1:34	762	344	0,45
3:34	719	250	0,35	2:04	788	340	0,43
4:04	704	247	0,35	2:34	813	350	0,43
4:34	689	241	0,35	3:04	813	363	0,45
5:04	676	239	0,35	3:34	813	352	0,43
5:34	663	237	0,36	4:04	852	352	0,41
6:04	717	246	0,34	4:34	890	348	0,39
6:34	770	248	0,32	5:04	852	337	0,40
7:04	777	264	0,34	5:34	813	325	0,40
7:34	783	262	0,33	6:04	837	318	0,38
6:34	860	303	0,35	8:04	503	133	0,26
7:04	760	289	0,38	8:34	548	135	0,25
7:34	659	234	0,35	9:04	563	150	0,27
8:04	568	186	0,33	9:34	578	160	0,28
8:34	477	159	0,33	10:04	477	172	0,36
9:04	509	149	0,29	10:34	377	148	0,39
9:34	541	143	0,27	11:04	291	116	0,40
10:04	501	139	0,28	11:34	205	99	0,48
10:34	460	131	0,28	12:04	171	84	0,49
11:04	415	119	0,29	12:34	137	65	0,48
11:34	370	111	0,30	13:04	169	61	0,36
12:04	331	103	0,31	13:34	201	64	0,32
12:34	291	80	0,28	14:04	228	75	0,33
13:04	232	68	0,29	14:34	255	90	0,36

Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F
13:34	173	64	0,37	15:04	301	107	0,36
14:04	196	71	0,36	15:34	347	124	0,36
14:34	218	84	0,39	16:04	373	139	0,37
15:04	275	109	0,40	16:34	400	154	0,38
15:34	332	137	0,41	17:04	458	167	0,37
16:04	440	169	0,38	17:34	516	184	0,36
16:34	548	207	0,38	18:04	502	195	0,39
17:04	526	231	0,44	18:34	488	204	0,42
17:34	505	231	0,46	19:04	502	208	0,41
18:04	485	223	0,46	19:34	516	198	0,38
18:34	464	214	0,46	20:04	503	189	0,38
19:04	449	191	0,43	20:34	490	190	0,39
19:34	434	189	0,44	21:04	498	193	0,39
20:04	456	185	0,41	21:34	505	192	0,38
20:34	477	187	0,39	22:04	535	206	0,38
21:04	475	192	0,40	22:34	565	211	0,37
21:34	473	194	0,41	23:04	589	219	0,37
22:04	510	195	0,38	23:34	612	234	0,38
22:34	548	193	0,35	0:04	616	237	0,38
23:04	506	195	0,39	0:34	621	258	0,42
23:34	464	197	0,42	1:04	633	260	0,41
0:04	479	198	0,41	1:34	646	262	0,40
0:34	494	195	0,40	2:04	651	263	0,40
1:04	485	185	0,38	2:34	655	267	0,41
1:34	475	180	0,38	3:04	670	266	0,40
2:04	480	169	0,35	3:34	685	265	0,39
2:34	486	175	0,36	4:04	687	261	0,38
3:04	504	169	0,34	4:34	689	265	0,38
3:34	522	169	0,32	5:04	719	258	0,36
4:04	521	168	0,32	5:34	749	258	0,34
4:34	520	160	0,31	6:04	700	257	0,37
5:04	496	160	0,32	6:34	651	254	0,39
5:34	473	156	0,33	7:04	659	254	0,39
6:04	510	157	0,31	7:34	668	250	0,37
6:34	548	156	0,28	8:04	676	257	0,38
7:04	503	150	0,30	8:34	685	260	0,38
7:34	458	137	0,30	9:04	721	265	0,37
9:34	758	285	0,38	11:04	822	396	0,48
10:04	773	296	0,38	11:34	835	410	0,49
10:34	788	323	0,41	12:04	785	428	0,54
11:04	779	347	0,44	12:34	736	425	0,58
11:34	770	362	0,47	13:04	773	433	0,56
12:04	809	388	0,48	13:34	809	447	0,55
12:34	847	402	0,47	14:04	832	448	0,54
13:04	886	418	0,47	14:34	856	440	0,51
13:34	924	421	0,46	15:04	837	447	0,53

Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F
14:04	952	435	0,46	15:34	817	447	0,55
14:34	980	437	0,45	16:04	807	440	0,54
15:04	1046	460	0,44	16:34	796	447	0,56
15:34	1113	470	0,42	17:04	807	444	0,55
16:04	1085	506	0,47	17:34	817	424	0,52
16:34	1057	518	0,49	18:04	770	410	0,53
17:04	1049	514	0,49	18:34	723	394	0,54
17:34	1040	509	0,49	19:04	717	372	0,52
18:04	929	497	0,53	19:34	710	364	0,51
18:34	817	476	0,58	20:04	674	343	0,51
19:04	803	434	0,54	20:34	638	327	0,51
19:34	788	400	0,51	21:04	618	318	0,51
20:04	740	376	0,51	21:34	599	305	0,51
20:34	693	358	0,52	22:04	595	281	0,47
21:04	696	346	0,50	22:34	591	270	0,46
21:34	698	340	0,49	23:04	536	253	0,47
22:04	663	331	0,50	23:34	482	242	0,50
22:34	629	329	0,52	0:04	521	235	0,45
23:04	631	321	0,51	0:34	561	241	0,43
23:34	633	325	0,51	1:04	582	244	0,42
0:04	653	315	0,48	1:34	603	251	0,42
0:34	672	306	0,46	2:04	683	263	0,38
1:04	672	312	0,46	2:34	762	267	0,35
1:34	672	312	0,46	3:04	770	268	0,35
2:04	666	309	0,46	3:34	779	268	0,34
2:34	659	315	0,48	4:04	781	256	0,33
3:04	661	313	0,47	4:34	783	241	0,31
3:34	663	316	0,48	5:04	760	228	0,30
4:04	681	314	0,46	5:34	736	214	0,29
4:34	698	314	0,45	6:04	740	195	0,26
5:04	689	307	0,44	6:34	745	184	0,25
5:34	681	313	0,46	7:04	809	181	0,22
6:04	678	316	0,47	7:34	873	187	0,21
6:34	676	322	0,48	8:04	899	197	0,22
7:04	710	312	0,44	8:34	924	211	0,23
7:34	745	320	0,43	9:04	976	224	0,23
8:04	732	314	0,43	9:34	1027	235	0,23
8:34	719	325	0,45	10:04	1010	257	0,25
9:04	710	341	0,48	10:34	993	277	0,28
9:34	702	352	0,50	11:04	1006	292	0,29
10:04	755	374	0,49	11:34	1019	305	0,30
10:34	809	383	0,47	12:04	980	316	0,32

Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F
12:34	942	310	0,33	22:04	672	317	0,47
13:04	912	322	0,35	22:34	689	312	0,45
13:34	882	319	0,36	23:04	668	305	0,46
14:04	743	285	0,38	23:34	646	298	0,46
14:34	603	263	0,44	0:04	651	300	0,46
15:04	623	263	0,42	0:34	655	290	0,44
15:34	642	270	0,42	1:04	642	279	0,43
16:04	689	285	0,41	1:34	629	279	0,44
16:34	736	296	0,40	2:04	627	270	0,43
17:04	723	311	0,43	2:34	625	273	0,44
17:34	710	319	0,45	3:04	648	255	0,39
18:04	708	326	0,46	3:34	672	248	0,37
18:34	706	336	0,48	4:04	636	245	0,39
19:04	702	340	0,48	4:34	599	236	0,39
19:34	698	334	0,48	5:04	625	231	0,37
20:04	713	344	0,48	5:34	651	221	0,34
20:34	728	337	0,46	6:04	648	218	0,34
21:04	691	332	0,48	6:34	646	215	0,33
21:34	655	328	0,50	7:04	646	216	0,33

Iskali smo tudi vire radona in sicer v učilnici 5. razred v manjši špranji pod tablo in v reži ob vhodnih vratih (Slika 19, Slika 20). Merili smo tudi koncentracijo radona v sosednji učilnici v špranji ob steni in v špranji ob cevi radiatorja. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 13.



Slika 19. Koncentracija radona v špranji



Slika 20. Koncentracija radona pri vhodnih vratih

Tabela 13. Iskanje virov radona

Lokacija: PŠ Podgrad, učilnica 5. Razred in sosednja učilnica

Datum meritev: 21.2.2012 ob 11:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Špranja pod tablo	Alphaguard	5500 ± 500
Reža v tleh pri vhodnih vratih v učilnico	Alphaguard	15700 ± 700
Špranja v tleh, sosednja učilnica	Alphaguard	1700 ± 300
Špranja ob cevi radiatorja, sosednja učilnica	Alphaguard	1000 ± 200

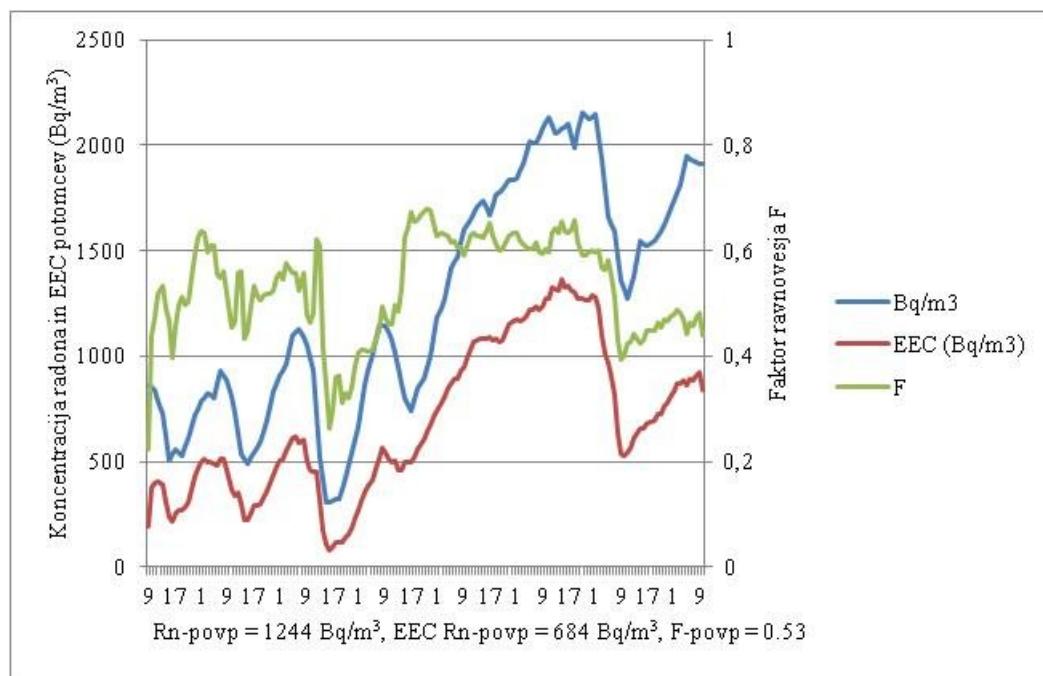
Povprečna koncentracija radona, izmerjena z merilnimi instrumenti, je bila v dnevnem času med obratovanjem šole 727 Bq/m³, v nočnem času pa 647 Bq/m³. Razlog za to je v tem, da so med obratovanjem šole prostore bolj ogrevali kot ponoči in preko vikenda. Zaradi višje temperature je zrak uhajal iz prostora skozi okna in vrata in ustvarjal podtlak, ki je omogočal vdor zraka skozi špranje v tleh v prostor.

Glede na to, da so koncentracije radona v kurilni sezoni povisane v dopoldanskem času, torej med obratovanjem šole, predlagamo meritve koncentracije radona z detektorji sledi še v poletnem obdobju, maja in junija. Predlagamo tudi, 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.

5.1.5. OŠ Šmihel, PŠ Birčna vas

V Podružnični šoli Birčna vas smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi že v letu 2011. Izmerjena koncentracija v učilnici 1. razred je bila 1000 ± 130 Bq/m³. Zaradi povisane koncentracije radona smo v letu 2012 ponovili meritve z detektorji sledi v učilnicah 1. razred in 3. razred. Istočasno določali časovni potek koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v učilnici 1. razred. Učilnica se nahaja v pritličju in ni podkletena. Objekt je star, z debelimi stenami. V učilnici 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 učilnici je umivalnik, pod katerim je sifon. Na hodniku pred učilnico ni vidnih nobenih špranj, ni odtokov ali sifonov.

Koncentracija radona, izmerjena z detektorji sledi, je bila 910 ± 120 Bq/m³ v učilnici 1. razred in 750 ± 90 Bq/m³ v učilnici 3. razred (Tabela 2). Rezultati meritev koncentracije radona in radonovih potomcev v učilnici 1. razred so prikazani na sliki 21 in v tabeli 14. Povprečna koncentracija radona v času meritve je bila 1244 ± 559 Bq/m³, povprečna koncentracija radonovih potomcev v času meritve je bila 684 ± 358 Bq/m³, povprečna vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.53 (0.09 – 0.70).



Slika 21. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija: PŠ Birčna vas, učilnica 1. razred

Datum meritev: 14.2.2012 ob 9:00 do 21.2.2012 ob 10:00

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 236

Povprečna koncentracija radona, izmerjena z merilnimi instrumenti, je bila v dnevnem času med obratovanjem šole 1342 Bq/m³, v nočnem času pa 1267 Bq/m³. Razlog za to je v tem, da so med obratovanjem šole prostore bolj ogrevali kot ponoči in preko vikenda. Zaradi višje temperature je zrak uhajal iz prostora skozi okna in vrata in ustvarjal podtlak, ki je omogočal vdor zraka skozi špranje v tleh v prostor.

Glede na to, da so koncentracije radona v kurilni sezoni povisane v dopoldanskem času, torej med obratovanjem šole, predlagamo meritve koncentracije radona z detektorji sledi še v poletnem obdobju, maja in junija.

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

Lokacija: PŠ Birčna vas, učilnica 1. razred

Datum meritev: 14.2.2012 ob 9:00 do 21.2.2012 ob 10:00

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 236

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
9	860	190	0,22	23	829	435	0,53
10	850	373	0,44	24	868	475	0,55
11	841	398	0,47	1	906	505	0,56
12	783	406	0,52	2	931	509	0,55
13	725	387	0,53	3	957	552	0,58
14	615	303	0,49	4	1028	583	0,57
15	506	236	0,47	5	1100	614	0,56
16	533	212	0,40	6	1112	621	0,56
17	560	256	0,46	7	1124	587	0,52
18	545	271	0,50	8	1087	607	0,56
19	530	271	0,51	9	1050	503	0,48
20	572	284	0,50	10	992	459	0,46
21	614	308	0,50	11	934	449	0,48
22	665	365	0,55	12	726	450	0,62
23	717	425	0,59	13	517	315	0,61
24	751	469	0,62	14	411	171	0,42
1	784	499	0,64	15	304	105	0,35
2	804	509	0,63	16	310	81	0,26
3	825	493	0,60	17	316	93	0,30
4	814	495	0,61	18	318	114	0,36
5	803	488	0,61	19	321	117	0,36
6	868	480	0,55	20	370	116	0,31
7	933	510	0,55	21	419	138	0,33
8	907	509	0,56	22	480	154	0,32
9	882	457	0,52	23	542	185	0,34
10	807	367	0,45	24	601	229	0,38
11	732	338	0,46	1	660	268	0,41
12	633	353	0,56	2	759	312	0,41
13	534	300	0,56	3	858	352	0,41
14	513	221	0,43	4	934	382	0,41
15	492	220	0,45	5	1009	416	0,41
16	517	255	0,49	6	1075	464	0,43
17	542	289	0,53	7	1140	513	0,45
18	568	293	0,52	8	1143	563	0,49
19	595	302	0,51	9	1145	542	0,47
20	644	332	0,52	10	1111	513	0,46
21	693	358	0,52	11	1078	498	0,46
22	761	395	0,52	12	1013	504	0,50

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
13	949	460	0,48	6	2013	1216	0,60
14	873	459	0,53	7	2007	1233	0,61
15	797	498	0,62	8	2042	1219	0,60
16	767	494	0,64	9	2076	1235	0,59
17	738	498	0,67	10	2105	1271	0,60
18	793	519	0,65	11	2134	1273	0,60
19	849	557	0,66	12	2094	1325	0,63
20	870	581	0,67	13	2053	1321	0,64
21	891	600	0,67	14	2065	1311	0,63
22	945	642	0,68	15	2076	1361	0,66
23	999	675	0,68	16	2088	1328	0,64
24	1091	713	0,65	17	2100	1333	0,63
1	1183	742	0,63	18	2042	1309	0,64
2	1230	780	0,63	19	1984	1303	0,66
3	1276	806	0,63	20	2071	1275	0,62
4	1346	845	0,63	21	2158	1273	0,59
5	1415	871	0,62	22	2140	1264	0,59
6	1444	892	0,62	23	2123	1268	0,60
7	1473	893	0,61	24	2134	1284	0,60
8	1537	931	0,61	1	2146	1281	0,60
9	1601	945	0,59	2	2042	1227	0,60
10	1624	988	0,61	3	1937	1096	0,57
11	1647	1033	0,63	4	1798	1014	0,56
12	1676	1064	0,63	5	1659	966	0,58
13	1705	1071	0,63	6	1624	898	0,55
14	1723	1079	0,63	7	1589	812	0,51
15	1740	1085	0,62	8	1473	631	0,43
16	1705	1084	0,64	9	1357	533	0,39
17	1670	1089	0,65	10	1317	530	0,40
18	1717	1075	0,63	11	1276	540	0,42
19	1763	1082	0,61	12	1328	568	0,43
20	1775	1066	0,60	13	1380	610	0,44
21	1786	1075	0,60	14	1462	635	0,43
22	1810	1116	0,62	15	1543	655	0,42
23	1833	1149	0,63	16	1531	656	0,43
24	1839	1167	0,63	17	1520	682	0,45
1	1844	1171	0,63	18	1531	687	0,45
2	1879	1162	0,62	19	1543	693	0,45
3	1914	1172	0,61	20	1566	728	0,46
4	1966	1190	0,61	21	1589	721	0,45
5	2018	1217	0,60	22	1624	764	0,47

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
23	1659	776	0,47	5	1949	861	0,44
24	1699	807	0,47	6	1937	896	0,46
1	1740	834	0,48	7	1926	883	0,46
2	1775	867	0,49	8	1920	910	0,47
3	1810	872	0,48	9	1914	922	0,48
4	1879	881	0,47	10	1914	840	0,44

Iskali smo tudi vire radona in sicer v učilnici 1. razred v manjši špranji pod oknom in v sifonu pod umivalnikom. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 15.

Tabela 15. Iskanje virov radona

Lokacija: PŠ Birčna vas, učilnica 1. razred

Datum meritev: 21.2.2012 ob 11:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Špranja ob steni pod oknom	RAD 7	7000 ± 500
Sifon v učilnici 1. razred	RAD 7	2500 ± 300

Z merilnim instrumentom Alphaguard smo določali koncentracijo radona v zemlji v globini 80 cm na travniku za šolo (Slika 22, Tabela 16).

Tabela 16. Koncentracija radona v zemljji

Lokacija: travnik ob PŠ Birčna vas

Datum meritev: 21.2.2012 ob 12:00

Zemljepisne koordinate: N45° 45' 38.3''; E15° 09' 5.4''	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Zemlja – globina 80 cm	Alphaguard	87600 ± 4000



Slika 22. 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 močnega vira, 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.

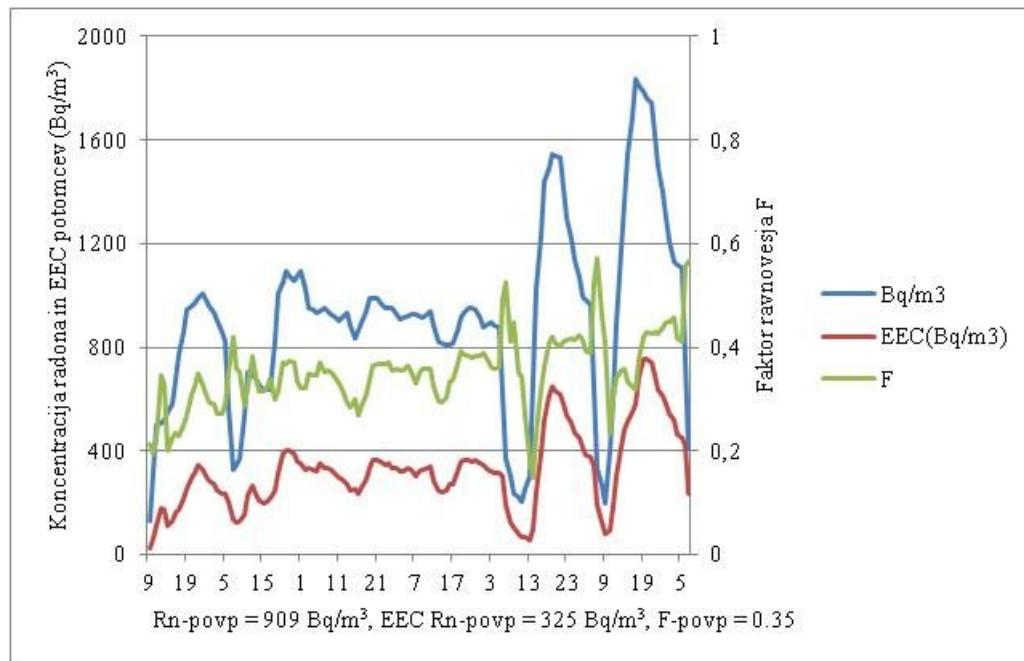
5.1.6. OŠ ob Rinži Kočevje, PŠ Kočevska Reka

Podružnična šola Kočevska Reka je star objekt, v katerem so obnovili tlake in zamenjali okna. Po tleh je položen linolej, obrobe ob stenah pa na nekaterih mestih odstopajo zaradi vlage, ki občasno prodira v objekt (Slika 23). V tleh ni vidnih razpok ali špranj, manjše špranje so bo stikih sten s tlemi. V Podružnični šoli Kočevska Reka smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi že v letu 2011. Izmerjena koncentracija radona v večnamenskem prostoru v pritličju je bila $773 \pm 100 \text{ Bq/m}^3$. Zaradi povišane koncentracije radona smo v letu 2012 ponovili meritve z detektorji sledi. Določali smo tudi časovni potek koncentracije radona in radonovih potomcev v večnamenskem prostoru (jedilnica).



Slika 23. Večnamenski prostor v PŠ Kočevska Reka

Povprečna koncentracija radona v večnamenskem prostoru, izmerjena z detektorji sledi, je bila $760 \pm 100 \text{ Bq/m}^3$ (Tabela 2). Rezultati meritev koncentracije radona in radonovih potomcev v večnamenskem prostoru so prikazani na sliki 24 in v tabeli 17. Povprečna koncentracija radona v času meritve je bila $909 \pm 354 \text{ Bq/m}^3$, povprečna koncentracija radonovih potomcev v času meritve je bila $325 \pm 154 \text{ Bq/m}^3$, povprečna vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.35 (0.25 – 0.47).



Slika 24. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija: PŠ Kočevska Reka, večnamenski prostor

Datum meritev: 1.3.2012 ob 9:00 do 7.3.2012 ob 7:00

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 236

Povprečna koncentracija radona, izmerjena z merilnimi instrumenti, je bila v dnevnem času med obratovanjem šole 488 Bq/m³, v nočnem času pa 1066 Bq/m³. Za razliko od šole v Birčni vasi in v Podgradu je bila šola v Kočevski Reki stalno ogrevana. Zaradi večje temperатурne razlike med zrakom na prostem in v objektu je zrak ponoči bolj uhajal iz prostora na prosto kot podnevi. To je povzročilo višje koncentracije radona v nočnem času. Obenem pa je zaradi močnejšega prezračevanja nižji faktor ravnovesja F med koncentracijama radonovih potomcev in radona.

Koncentracija radona v prostoru je stalno višja od 400 Bq/m³, le ob nekoliko daljšem odprtju oken koncentracija radona pada pod 400 Bq/m³, a nato že v dveh urah naraste za faktor dva ali več. To pomeni, da so tla kljub obnovitvi tlaka (nov linolej) razpokana.

Tabela 17. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija: PŠ Kočevska Reka, večnamenski prostor

Datum meritev: 1.3.2012 ob 9:00 do 7.3.2012 ob 7:00

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 236

Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F
9	131	28	0,21	23	1056	391	0,37
10	316	61	0,19	24	1075	358	0,33
11	500	111	0,22	1	1094	350	0,32
12	510	177	0,35	2	1024	327	0,32
13	520	170	0,33	3	954	332	0,35
14	549	110	0,20	4	943	325	0,35
15	579	131	0,23	5	931	323	0,35
16	675	158	0,23	6	940	350	0,37
17	771	175	0,23	7	949	335	0,35
18	857	215	0,25	8	937	332	0,35
19	943	253	0,27	9	926	326	0,35
20	956	295	0,31	10	913	311	0,34
21	969	315	0,32	11	900	297	0,33
22	989	346	0,35	12	915	290	0,32
23	1009	331	0,33	13	930	274	0,29
24	984	303	0,31	14	882	249	0,28
1	959	281	0,29	15	833	250	0,30
2	930	271	0,29	16	864	232	0,27
3	901	245	0,27	17	894	257	0,29
4	861	233	0,27	18	942	292	0,31
5	821	238	0,29	19	989	333	0,34
6	574	201	0,35	20	989	362	0,37
7	326	137	0,42	21	988	363	0,37
8	348	125	0,36	22	970	357	0,37
9	370	131	0,35	23	951	349	0,37
10	538	154	0,29	24	950	351	0,37
11	706	228	0,32	1	949	336	0,35
12	692	265	0,38	2	927	334	0,36
13	677	233	0,34	3	906	323	0,36
14	656	208	0,32	4	914	324	0,35
15	635	199	0,31	5	922	335	0,36
16	635	204	0,32	6	924	325	0,35
17	636	216	0,34	7	926	305	0,33
18	822	247	0,30	8	921	322	0,35
19	1008	318	0,32	9	916	327	0,36
20	1050	388	0,37	10	927	333	0,36
21	1093	403	0,37	11	938	337	0,36
22	1074	402	0,37	12	881	285	0,32

Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC(Bq/m ³)	F
13	824	245	0,30	23	1299	536	0,41
14	816	239	0,29	24	1219	507	0,42
15	809	245	0,30	1	1139	471	0,41
16	811	272	0,33	2	1068	453	0,42
17	814	274	0,34	3	996	413	0,41
18	865	319	0,37	4	980	385	0,39
19	916	360	0,39	5	963	376	0,39
20	935	362	0,39	6	650	339	0,52
21	954	366	0,38	7	336	193	0,57
22	951	361	0,38	8	268	123	0,46
23	948	364	0,38	9	200	81	0,41
24	914	350	0,38	10	403	93	0,23
1	879	343	0,39	11	606	183	0,30
2	888	331	0,37	12	889	302	0,34
3	897	323	0,36	13	1172	415	0,35
4	886	318	0,36	14	1357	485	0,36
5	876	316	0,36	15	1543	514	0,33
6	622	305	0,49	16	1688	550	0,33
7	369	194	0,53	17	1833	583	0,32
8	303	124	0,41	18	1810	684	0,38
9	237	106	0,45	19	1786	753	0,42
10	222	78	0,35	20	1763	755	0,43
11	206	71	0,34	21	1740	740	0,43
12	256	68	0,27	22	1618	694	0,43
13	305	56	0,18	23	1496	638	0,43
14	665	100	0,15	24	1398	612	0,44
15	1025	240	0,23	1	1299	581	0,45
16	1232	391	0,32	2	1214	544	0,45
17	1438	518	0,36	3	1129	518	0,46
18	1491	610	0,41	4	1116	465	0,42
19	1543	648	0,42	5	1103	453	0,41
20	1537	629	0,41	6	757	421	0,56
21	1531	615	0,40	7	411	232	0,57
22	1415	580	0,41				

Iskali smo tudi vire radona in sicer v manjši špranji pod oknom in v špranji pri vhodnih vratih (Slika 25, Slika 26). Izmerili smo tudi koncentracijo radona na travniku ob šoli. Rezultati meritev koncentracije radona v špranjah in zemlji so prikazani v tabelah 18 in 19.



Slika 25. Koncentracija radona špranji pod oknom



Slika 26. Koncentracija radona v špranji pri vratih

Tabela 18. Iskanje virov radona

Lokacija: PŠ Kočevska Reka, večnamenski prostor

Datum meritev: 7.3.2012 ob 9:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Špranja ob steni pod oknom	Alphaguard	2400 ± 300
Špranja pri vratih	RAD 7	8800 ± 800

Tabela 19. Koncentracija radona v zemljji

Lokacija: travnik ob PŠ Kočevska Reka

Datum meritev: 7.3.2012 ob 11:00

Zemljepisne koordinate: N45° 34' 29.4''; E14° 48' 10.8''	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Zemlja – globina 80 cm	Alphaguard	381000 ± 14000

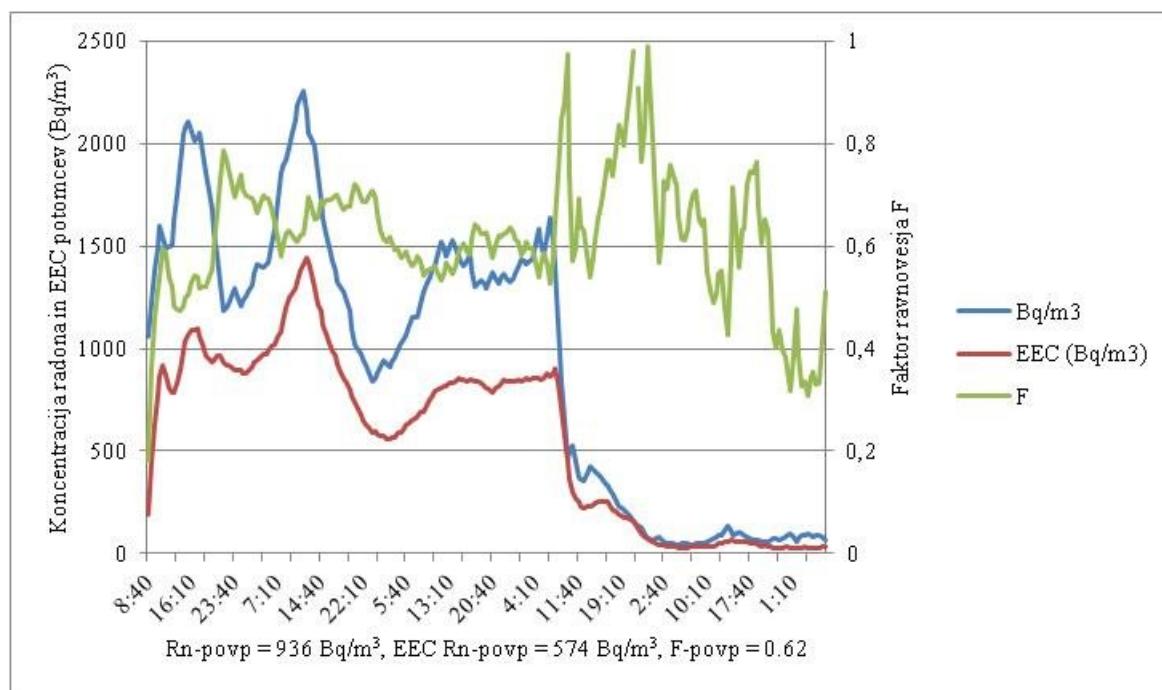
Rezultati meritev koncentracije radona v zemljji kažejo na to, da je zemlja izredno močan vir radona, a ker v prostoru nismo našli močnega vira, smatramo, da so večje špranje ob stenah zakrite z linolejem ali pa so tla pod linolejem razpokana. Predlagamo, da se preverijo tla (odstranijo stranske letve) 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.

5.1.7. OŠ Belokranjskega odreda Semič, PŠ Štrekljevec

PŠ Štrekljevec leži na kraških tleh. V bližini objekta so vrtače. Tretjina objekta je podkletena. V pritličju se nahajajo kuhinja, garderoba in večnamenski prostor, v nadstropju pa so učilnice. V kleti je kurilnica, v kateri je jašek za vodo (delno odprt) in sifon pod umivalnikom.

V Podružnični šoli Štrekljevec smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v letih 2010 in 2011. Izmerjena koncentracija radona v večnamenskem prostoru v pritličju je bila $1590 \pm 220 \text{ Bq/m}^3$ v letu 2010 in $2100 \pm 320 \text{ Bq/m}^3$ v letu 2011. Zaradi povišane koncentracije radona smo v letu 2012 ponovili meritve z detektorji sledi. Določali smo tudi časovni potek koncentracije radona in radonovih potomcev v večnamenskem prostoru (telovadnica).

Povprečna koncentracija radona v večnamenskem prostoru, izmerjena z detektorji sledi v letu 2012, je bila $1640 \pm 250 \text{ Bq/m}^3$ (Tabela 2). Rezultati meritev koncentracije radona in radonovih potomcev v večnamenskem prostoru so prikazani na sliki 27 in v tabeli 20. Povprečna koncentracija radona v času meritve je bila $936 \pm 685 \text{ Bq/m}^3$, povprečna koncentracija radonovih potomcev v času meritve je bila $574 \pm 414 \text{ Bq/m}^3$, povprečna vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.62 (0.18 – 0.99).



Slika 27. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m^3

Lokacija: PŠ Štrekljevec, večnamenski prostor (telovadnica)

Datum meritev: 21.9.2012 ob 8:40 do 26.9.2012 ob 6:40

Merilni instrumenti: Alphaguard, WLM 30

Tabela 20. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija: PŠ Štrekljevec, večnamenski prostor (telovadnica)

Datum meritev: 21.9.2012 ob 8:40 do 26.9.2012 ob 6:40

Merilni instrumenti: Alphaguard, WLM 30

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)
8:40	1061	194	3:40	1412	939
9:10		440	4:10		958
9:40	1378	631	4:40	1395	976
10:10		766	5:10		977
10:40	1601	861	5:40	1421	986
11:10		921	6:10		1011
11:40	1489	872	6:40	1584	1023
12:10		809	7:10		1056
12:40	1507	785	7:40	1858	1080
13:10		785	8:10		1128
13:40	1746	835	8:40	1917	1197
14:10		897	9:10		1249
14:40	2046	989	9:40	2054	1273
15:10		1037	10:10		1294
15:40	2106	1066	10:40	2183	1326
16:10		1090	11:10		1382
16:40	2012	1093	11:40	2260	1412
17:10		1100	12:10		1442
17:40	2054	1062	12:40	2054	1428
18:10		1019	13:10		1367
18:40	1858	966	13:40	1986	1294
19:10		952	14:10		1217
19:40	1678	933	14:40	1721	1186
20:10		940	15:10		1115
20:40	1455	962	15:40	1558	1074
21:10		965	16:10		1030
21:40	1181	931	16:40	1430	989
22:10		919	17:10		963
22:40	1216	915	17:40	1327	926
23:10		909	18:10		887
23:40	1293	898	18:40	1275	857
0:10		897	19:10		830
0:40	1207	892	19:40	1181	799
1:10		876	20:10		768
1:40	1258	879	20:40	1023	736
2:10		894	21:10		711
2:40	1310	908	21:40	976	677
3:10		934	22:10		651

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)
22:40	916	630	20:10		801
23:10		613	20:40	1370	789
23:40	839	594	21:10		807
0:10		594	21:40	1318	819
0:40	877	583	22:10		828
1:10		573	22:40	1361	847
1:40	942	578	23:10		843
2:10		561	23:40	1327	842
2:40	907	560	0:10		842
3:10		567	0:40	1361	837
3:40	959	569	1:10		850
4:10		590	1:40	1438	840
4:40	1027	593	2:10		844
5:10		612	2:40	1412	858
5:40	1070	629	3:10		848
6:10		636	3:40	1438	857
6:40	1156	649	4:10		860
7:10		660	4:40	1584	855
7:40	1156	672	5:10		851
8:10		695	5:40	1455	855
8:40	1275	691	6:10		877
9:10		723	6:40	1635	862
9:40	1352	751	7:10		883
10:10		764	7:40	1404	906
10:40	1404	790	8:10		830
11:10		800	8:40	839	710
11:40	1524	810	9:10		574
12:10		816	9:40	464	453
12:40	1447	821	10:10		367
13:10		830	10:40	526	301
13:40	1532	835	11:10		266
14:10		838	11:40	368	255
14:40	1447	854	12:10		230
15:10		850	12:40	353	222
15:40	1404	850	13:10		227
16:10		841	13:40	424	229
16:40	1455	849	14:10		239
17:10		845	14:40	400	244
17:40	1301	838	15:10		254
18:10		838	15:40	372	255
18:40	1335	835	16:10		254
19:10		818	16:40	330	253
19:40	1293	811	17:10		240

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)
17:40	295	217	14:10		66
18:10		207	14:40	91	65
18:40	230	192	15:10		61
19:10		182	15:40	102	57
19:40	217	173	16:10		60
20:10		172	16:40	87	55
20:40	184	168	17:10		57
21:10		159	17:40	72	53
21:40	140	150	18:10		50
22:10		121	18:40	63	48
22:40	125	96	19:10		42
23:10		82	19:40	61	37
23:40	73	72	20:10		39
0:10		65	20:40	60	38
0:40	68	56	21:10		34
1:10		50	21:40	71	31
1:40	79	45	22:10		28
2:10		42	22:40	70	30
2:40	56	41	23:10		30
3:10		37	23:40	82	31
3:40	48	37	0:10		32
4:10		34	0:40	95	30
4:40	45	32	1:10		30
5:10		30	1:40	61	29
5:40	47	29	2:10		29
6:10		29	2:40	89	29
6:40	47	30	3:10		31
7:10		31	3:40	94	29
7:40	45	31	4:10		30
8:10		34	4:40	82	29
8:40	51	33	5:10		28
9:10		33	5:40	91	30
9:40	52	34	6:10		33
10:10		33	6:40	65	33
10:40	66	34			
11:10		36			
11:40	80	41			
12:10		47			
12:40	93	51			
13:10		55			
13:40	137	59			

Povprečna koncentracija radona, izmerjena z merilnimi instrumenti, je bila v dnevnem času med obratovanjem šole 709 Bq/m³, v nočnem času pa 998 Bq/m³. Koncentracija radona je bila prve tri dni zelo visoka, povprečno preko 1500 Bq/m³, v ponedeljek zjutraj pa je začela koncentracija radona padati in je padala vse do torka, ko so se vrednosti ustavile pri 50 Bq/m³.

Iskali smo tudi vire radona v večnamenskem prostoru in sicer v manjši špranji pod oknom, v špranji pri vhodnih vratih, v špranji v desnem kotu prostora, v kleti v jaku za vodo in v sifonu (Slika 25, Slika 26, Slika 27, Slika 28). Rezultati meritev koncentracije radona v špranjah so prikazani v tabeli 21.



Slika 25. Koncentracija radona v špranji v kotu



Slika 26. Koncentracija radona v špranji pri vratih



Slika 27. Koncentracija radona v jašku v kleti



Slika 28. Koncentracija radona sifonu v kleti

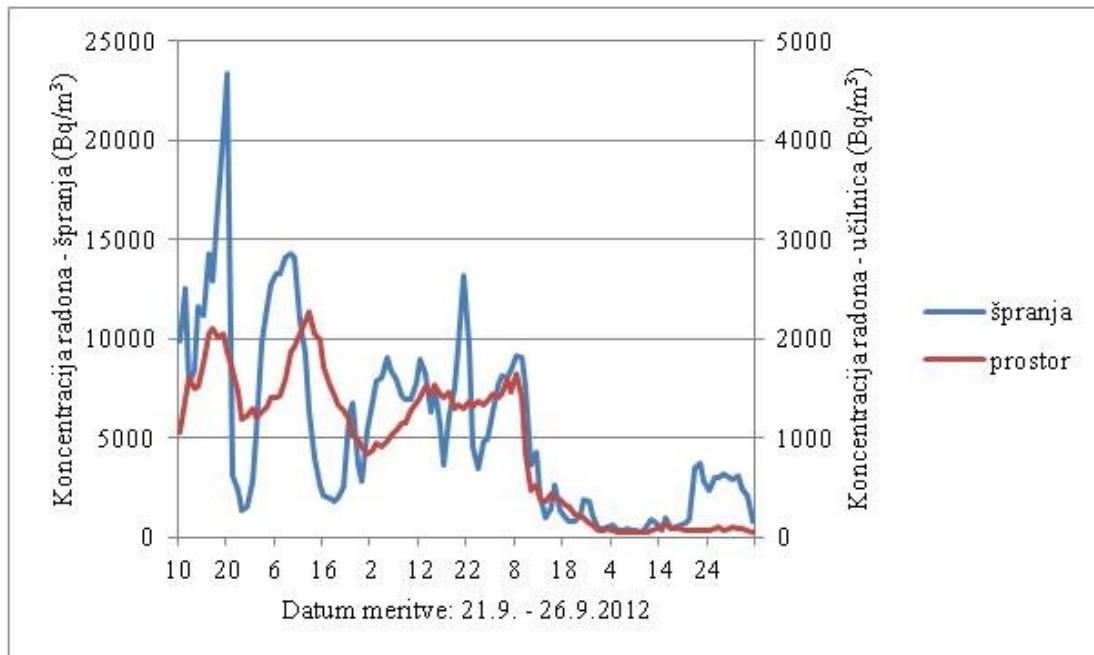
Tabela 21. Iskanje virov radona

Lokacija: PŠ Štrekanjevec, večnamenski prostor

Datum meritev: 21.9.2012 ob 9:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Špranja ob steni pod oknom	Alphaguard	13500 ± 1000
Špranja pri vratih (levo)	Alphaguard	17200 ± 1500
Špranja v desnem kotu	Alphaguard	10400 ± 1700
Vodni jašek v kleti	Alphaguard	7500 ± 1000
Vodni sifon v kleti	Alphaguard	35000 ± 2500

Istočasno z meritvijo časovnega poteka koncentracije radona in radonovih potomcev v prostoru smo merili tudi časovni potelek koncentracije radona v špranji ob vratih (Slika 29). Iz slike vidimo, da koncentracija radona v prostoru sledi spremembam koncentracije radona v špranji. Istočasno vidimo, da koncentracija radona v špranji zelo niha, kar je posledica vremenskih sprememb in predvsem geološke strukture tal (kraški teren), ki omogoča, da ob spremembah vremenskih pogojev radon uhaja iz zemlje pod objektom skozi druge večje razpoke in ne v objekt. Taka vremenska sprememba je bila v ponedeljek, 24.9.2012 (Slika 29).

**Slika 29. Koncentracija radona v prostoru in špranji ob vratih (Bq/m³)**

Lokacija: PŠ Štrekanjevec, večnamenski prostor (telovadnica)

Datum meritev: 21.9.2012 ob 10:00 do 26.9.2012 ob 9:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, Alphaguard 2024

Meritve iskanja virov radona kažejo na to, da prihaja radon v prostor skozi razpoke v tleh. 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 večnamenskem prostoru, bo najbrž potrebno sanirati tla.

5.1.8. VVO Sežana, Enota Jasli

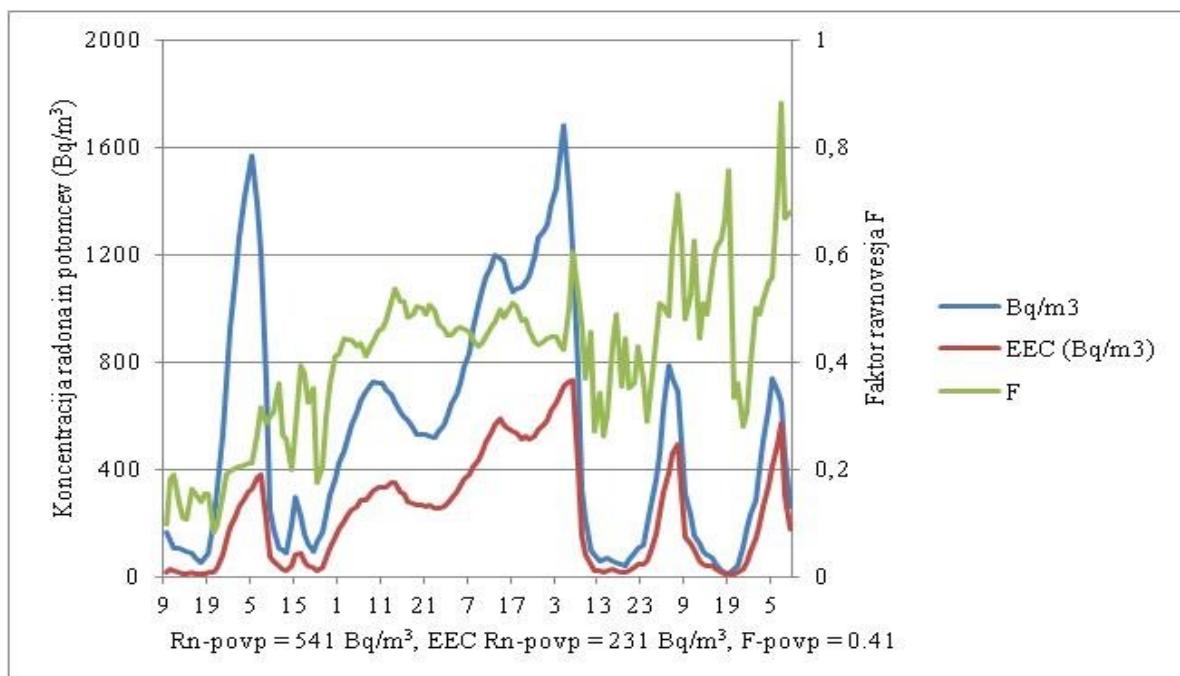
V vrtcu Jasli v Sežani smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v letih 2008 do 2011 (Tabela 22). Zaradi povišane koncentracije radona smo v letu 2012 ponovili meritve z detektorji sledi. Določali smo tudi časovni potek koncentracije radona in radonovih potomcev v igralnici 1.

Tabela 22. Koncentracija radona v vrtcu Jasli, Sežana

Lokacija: igralnica 1

Leto	Koncentracija radona (Bq/m ³)
2008	860 ± 89
2009	730 ± 90
2010	1293 ± 195
2011	1903 ± 260

Povprečna koncentracija radona v večnamenskem prostoru, izmerjena z detektorji sledi v letu 2012, je bila 1520 ± 190 Bq/m³ (Tabela 2). Rezultati meritve koncentracije radona in radonovih potomcev v igralnici 1 so prikazani na sliki 30 in v tabeli 23. Povprečna koncentracija radona v času meritve je bila 541 ± 443 Bq/m³, povprečna koncentracija radonovih potomcev v času meritve je bila 231 ± 201 Bq/m³, povprečna vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.41 (0.08 – 0.88).



Slika 30. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija: VVO Sežana, Enota Jasli

Datum meritve: 13.9.2012 ob 9:00 do 19.9.2012 ob 9:00

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 236

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

Lokacija: VVO Sežana, Enota Jasli

Datum meritev: 13.9.2012 ob 9:00 do 19.9.2012 ob 9:00

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 236

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)
9	166	16	23	300	107
10		25	24		148
11	107	20	1	421	174
12		14	2		208
13	98	11	3	517	228
14		10	4		249
15	85	14	5	614	262
16		11	6		284
17	54	7	7	690	284
18		11	8		301
19	84	13	9	725	317
20		17	10		330
21	332	32	11	717	331
22		79	12		333
23	727	137	13	679	347
24		180	14		347
1	1116	226	15	612	314
2		260	16		305
3	1415	292	17	580	280
4		312	18		271
5	1566	327	19	530	268
6		366	20		264
7	1206	380	21	529	258
8		207	22		265
9	249	74	23	519	257
10		55	24		255
11	107	39	1	563	260
12		26	2		270
13	88	22	3	640	288
14		39	4		314
15	297	81	5	719	335
16		89	6		358
17	155	59	7	834	381
18		41	8		408
19	95	33	9	1012	433
20		22	10		463
21	162	33	11	1115	498
22		68	12		536

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)
13	1195	567	24		55
14		587	1	261	91
15	1172	566	2		159
16		552	3	458	233
17	1061	539	4		314
18		537	5	788	383
19	1078	514	6		455
20		524	7	691	493
21	1117	514	8		314
22		522	9	307	148
23	1264	546	10		121
24		562	11	154	96
1	1311	582	12		55
2		616	13	93	47
3	1450	648	14		40
4		675	15	69	40
5	1682	710	16		28
6		724	17	22	14
7	1206	730	18		11
8		404	19	10	7
9	325	153	20		9
10		78	21	42	15
11	99	45	22		30
12		21	23	174	54
13	60	20	24		90
14		17	1	284	142
15	71	21	2		193
16		26	3	507	261
17	48	24	4		340
18		15	5	735	410
19	36	16	6		492
20		21	7	647	570
21	86	31	8		303
22		44	9	260	177
23	119	44			

Povprečna koncentracija radona, izmerjena z meritnimi instrumenti, je bila v dnevnem času med obratovanjem vrtca 266 Bq/m³, v nočnem času pa 661 Bq/m³. Koncentracije radona, merjene z detektorji sledi, so zelo visoke. Meritve časovnega poteka koncentracij radona z meritnimi instrumenti so pokazale, da je razmerje med koncentracijo radona med obratovanjem vrtca in koncentracijo radona v nočnem času ena proti tri. To pomeni, da je igralnica vrtca običajno dobro prezračena. Po zaprtju oken koncentracija radona običajno v treh do petih urah naraste preko 400 Bq/m³. V kolikor se bodo igralnice vrtca tudi v bodoče ustrezno prezračevale, ne predlagamo nobenih drugih ukrepov sanacije. V nasprotnem primeru bo najbrž potrebno sanirati tla v objektu.

5.1.9. VVO Sežana, Enota Tomaj

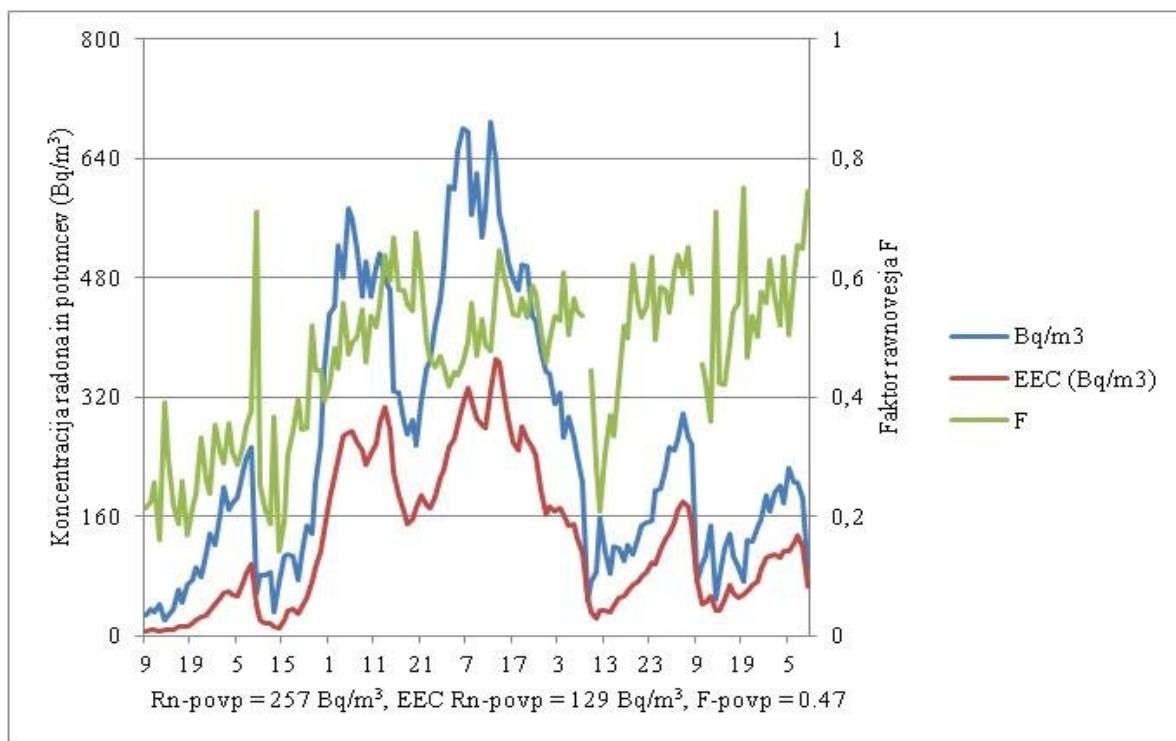
V vrtcu Tomaj smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v letih 2010 in 2011 (Tabela 24). Zaradi povišane koncentracije radona so v letu 2011 sanirali tla v igralnici vrtca. S posebno tesnilno maso so zatesnili stike tla – stena v igralnici vrtca. V letu 2012 smo po izvedeni sanaciji ponovili meritve z detektorji sledi in določali časovni potek koncentracije radona in radonovih potomcev v igralnici vrtca.

Tabela 24. Koncentracija radona v vrtcu Tomaj

Lokacija: igralnica vrtca

Leto	Koncentracija radona (Bq/m ³)
2010	2210 ± 370
2011	907 ± 110

Povprečna koncentracija radona v igralnici vrtca, izmerjena z detektorji sledi v letu 2012, je bila 440 ± 60 Bq/m³ (Tabela 2). Rezultati meritve koncentracije radona in radonovih potomcev v igralnici so prikazani na sliki 31 in v tabeli 25. Povprečna koncentracija radona v času meritve je bila 257 ± 182 Bq/m³, povprečna koncentracija radonovih potomcev v času meritve je bila 129 ± 99 Bq/m³, povprečna vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.47 (0.14 – 0.75).



Slika 31. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija: VVO Sežana, Enota Tomaj

Datum meritve: 13.9.2012 ob 9:00 do 19.9.2012 ob 9:00

Merilni instrumenti: Alphaguard, Doseman Pro 199

Tabela 25. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija: VVO Sežana, Enota Tomaj

Datum meritev: 13.9.2012 ob 9:00 do 19.9.2012 ob 9:00

Merilni instrumenti: Alphaguard, Doseman Pro 199

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
9	27	6	0,21	14	565	366	0,65
10	35	8	0,23	24	355	140	0,39
11	31	8	0,26	1	432	181	0,42
12	43	7	0,16	2	443	214	0,48
13	20	8	0,39	3	524	235	0,45
14	27	8	0,30	4	482	269	0,56
15	36	8	0,22	5	574	271	0,47
16	61	11	0,19	6	561	275	0,49
17	44	11	0,26	7	518	260	0,50
18	67	11	0,17	8	456	250	0,55
19	75	16	0,21	9	503	230	0,46
20	91	22	0,24	10	456	245	0,54
21	79	26	0,33	11	496	257	0,52
22	110	29	0,26	12	514	285	0,55
23	138	33	0,24	13	479	307	0,64
24	122	43	0,36	14	464	277	0,60
1	163	50	0,31	15	327	219	0,67
2	200	58	0,29	16	325	188	0,58
3	169	60	0,36	17	287	166	0,58
4	178	55	0,31	18	271	150	0,56
5	186	54	0,29	19	289	157	0,54
6	219	70	0,32	20	255	172	0,68
7	238	83	0,35	21	315	188	0,60
8	254	96	0,38	22	357	177	0,49
9	58	41	0,71	23	368	171	0,46
10	81	21	0,25	24	415	187	0,45
11	81	17	0,21	1	452	212	0,47
12	86	16	0,19	2	496	223	0,45
13	31	11	0,37	3	603	252	0,42
14	73	10	0,14	4	599	264	0,44
15	107	21	0,19	5	651	284	0,44
16	109	33	0,30	6	681	311	0,46
17	106	36	0,34	7	676	333	0,49
18	75	30	0,40	8	565	315	0,56
19	109	38	0,34	9	621	292	0,47
20	148	51	0,35	10	535	284	0,53
21	138	72	0,52	11	574	279	0,49
22	205	91	0,44	12	689	328	0,48
23	257	114	0,44	13	638	371	0,58

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
15	535	320	0,60	1	197	115	0,58
16	503	292	0,58	2	226	131	0,58
17	479	259	0,54	3	253	137	0,54
18	464	250	0,54	4	249	153	0,61
19	499	282	0,56	5	264	169	0,64
20	496	264	0,53	6	297	180	0,61
21	430	253	0,59	7	265	173	0,65
22	424	243	0,57	8	258	148	0,57
23	381	195	0,51	9	72	74	1,03
24	353	162	0,46	10	95	43	0,45
1	351	174	0,50	11	107	46	0,43
2	310	166	0,54	12	149	54	0,36
3	325	172	0,53	13	48	34	0,71
4	266	162	0,61	14	78	33	0,42
5	293	148	0,51	15	117	49	0,42
6	265	150	0,57	16	137	67	0,49
7	241	131	0,54	17	107	58	0,54
8	207	111	0,54	18	92	51	0,56
9	46	51	1,11	19	73	55	0,75
10	72	32	0,45	20	127	59	0,47
11	85	24	0,28	21	125	67	0,54
12	158	33	0,21	22	146	73	0,50
13	112	34	0,30	23	156	90	0,58
14	83	31	0,37	24	188	105	0,56
15	119	40	0,34	1	168	106	0,63
16	118	50	0,43	2	194	109	0,57
17	101	52	0,52	3	201	105	0,52
18	121	60	0,50	4	178	113	0,64
19	108	67	0,62	5	226	114	0,50
20	129	72	0,55	6	205	124	0,60
21	148	79	0,53	7	205	135	0,65
22	153	84	0,55	8	184	120	0,65
23	154	98	0,64	9	89	66	0,74
24	196	97	0,49				

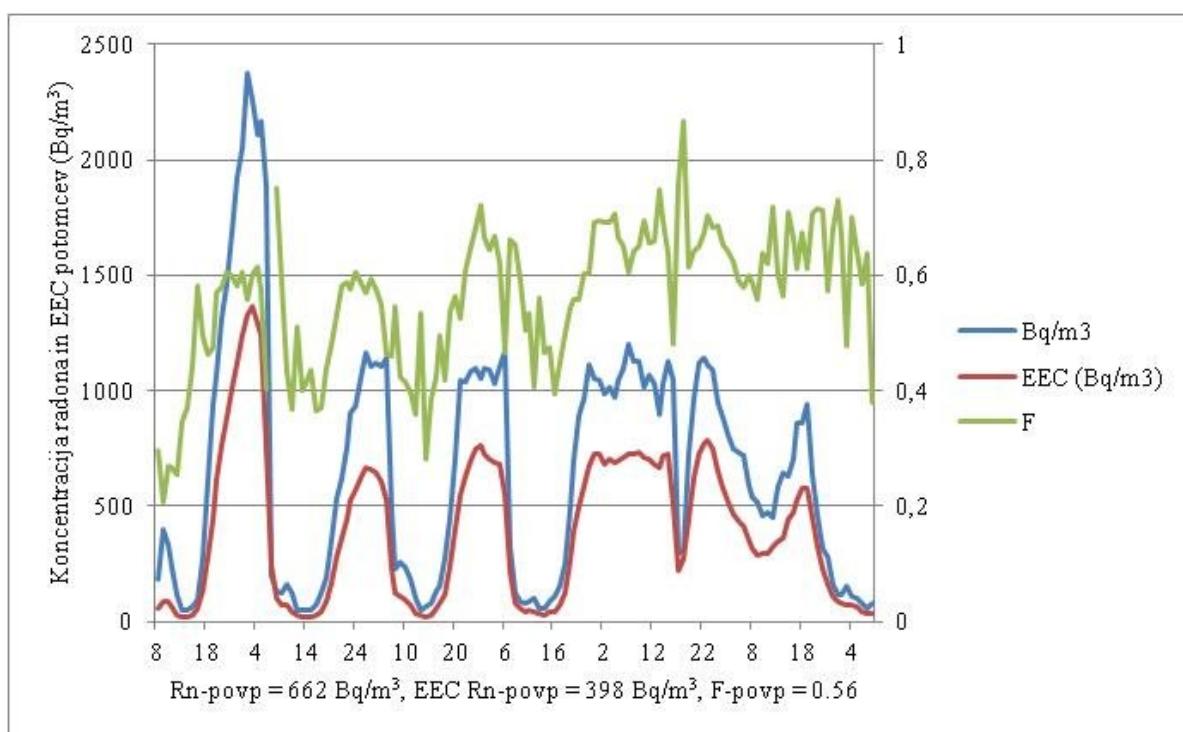
Povprečna koncentracija radona, izmerjena z merilnimi instrumenti, je bila v dnevnem času med obratovanjem vrtca 104 Bq/m³, v nočnem času pa 289 Bq/m³. Meritve časovnega poteka koncentracij radona z merilnimi instrumenti so pokazale, da je razmerje med koncentracijo radona med obratovanjem vrtca in koncentracijo radona v nočnem času ena proti tri. Glede na to, da povprečna koncentracija radona tudi v nočnem času ne presega 400 Bq/m³, smatramo, da je sanacija vrtca uspešna. Predlagamo ponovne meritve koncentracije radona z detektorji sledi po treh letih, da ugotovimo, če tesnilna masa še služi namenu.

5.1.10. OŠ Sežana, PŠ Lokev

Podružnična šola Lokev je obnovljena. Po tleh je položen parket, ob robovih so kotne letve, za katerimi so vidne reže. Po hodniku, straniščih in kuhinji so položene ploščice. Objekt ni podkleten. Pod temeljno ploščo so položene cevi, povezane s cevjo, ki poteka ob dimniku do vrha objekta. Na podstrešju je v cev priključen ventilator, ki črpa zrak izpod temeljne plošče na prosto. Ob ventilatorju je ura s časovno nastavljivo delovanjem ventilatorja.

V obdobju od februarja do aprila 2012 smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v učilnici 1. razreda v pritličju. Izmerjena koncentracija radona je bila $1820 \pm 310 \text{ Bq/m}^3$ (Tabela 2). Razlog je najbrž v tem, da je bilo prisilno prezračevanje aktivno samo dve uri v dnevem in dve uri v nočnem času.

V obdobju od 16.10.2012 do 22.10.2012 smo izvajali meritve koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v učilnici 1. in 2. razreda (Slika 32, Tabela 26). V času izvajanja meritev so ponastavili čas delovanja ventilatorja in sicer od 6. do 14. ure med delavniki, med vikendom ventilacija ni delovala.



Slika 32. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija: OŠ Sežana, PŠ Lokev

Datum meritev: 16.10.2012 ob 8:00 do 22.10.2012 ob 8:00

Merilni instrumenti: Alphaguard, Doseman Pro 199

Povprečna koncentracija radona v času meritve je bila $662 \pm 533 \text{ Bq/m}^3$, povprečna koncentracija radonovih potomcev v času meritve je bila $398 \pm 328 \text{ Bq/m}^3$, povprečna vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.56 (0.21 – 0.87).

Tabela 26. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m³

Lokacija: OŠ Sežana, PŠ Lokev

Datum meritev: 16.10.2012 ob 8:00 do 22.10.2012 ob 8:00

Merilni instrumenti: Alphaguard, Doseman Pro 199

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F	Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
8	184	55	0,30	11	88	47	0,53
9	400	83	0,21	22	758	445	0,59
10	327	88	0,27	23	907	521	0,57
11	234	63	0,27	24	933	565	0,61
12	112	29	0,25	1	1053	620	0,59
13	46	16	0,35	2	1164	663	0,57
14	46	17	0,37	3	1104	657	0,59
15	62	27	0,44	4	1121	646	0,58
16	92	54	0,58	5	1104	608	0,55
17	269	133	0,50	6	1138	526	0,46
18	603	279	0,46	7	490	226	0,46
19	942	446	0,47	8	224	122	0,55
20	1070	611	0,57	9	254	107	0,42
21	1310	759	0,58	10	231	96	0,41
22	1464	885	0,60	11	184	73	0,40
23	1686	1011	0,60	12	98	35	0,36
24	1926	1122	0,58	13	49	26	0,53
1	2046	1239	0,61	14	61	17	0,28
2	2380	1328	0,56	15	77	30	0,38
3	2260	1363	0,60	16	132	56	0,42
4	2106	1292	0,61	17	156	78	0,50
5	2166	1239	0,57	18	272	114	0,42
6	1883	762	0,40	19	447	241	0,54
7	200	241		20	706	399	0,56
8	134	100	0,75	21	1044	547	0,52
9	122	72	0,59	22	1036	632	0,61
10	158	68	0,43	23	1079	698	0,65
11	121	44	0,37	24	1096	748	0,68
12	51	26	0,51	1	1053	759	0,72
13	51	21	0,40	2	1096	727	0,66
14	47	19	0,41	3	1091	703	0,64
15	47	21	0,44	4	1031	689	0,67
16	72	26	0,37	5	1104	684	0,62
17	120	44	0,37	6	1173	547	0,47
18	189	83	0,44	7	321	212	0,66
19	351	169	0,48	8	122	80	0,65
20	533	283	0,53	9	89	52	0,59
21	621	361	0,58	10	81	41	0,50

Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F		Ura	Bq/m ³	EEC (Bq/m ³)	F
12	104	42	0,41		4	749	466	0,62
13	59	33	0,56		5	732	433	0,59
14	59	27	0,46		6	715	414	0,58
15	87	41	0,47		7	591	353	0,60
16	110	43	0,39		8	541	318	0,59
17	150	67	0,45		9	518	288	0,56
18	251	125	0,50		10	456	291	0,64
19	488	264	0,54		11	473	293	0,62
20	698	390	0,56		12	447	321	0,72
21	886	494	0,56		13	582	349	0,60
22	963	581	0,60		14	642	363	0,56
23	1113	671	0,60		15	629	446	0,71
24	1053	728	0,69		16	706	470	0,67
1	1049	728	0,69		17	860	527	0,61
2	989	683	0,69		18	856	578	0,68
3	1014	701	0,69		19	937	573	0,61
4	972	687	0,71		20	633	448	0,71
5	1044	694	0,66		21	456	326	0,72
6	1096	714	0,65		22	315	225	0,71
7	1198	726	0,61		23	278	160	0,57
8	1130	723	0,64		24	159	108	0,68
9	1130	734	0,65		1	119	87	0,73
10	1019	708	0,69		2	118	79	0,67
11	1070	703	0,66		3	153	73	0,48
12	1027	677	0,66		4	106	74	0,70
13	895	668	0,75		5	100	64	0,64
14	1031	717	0,70		6	76	44	0,59
15	1130	722	0,64		7	54	34	0,64
16	1049	504	0,48		8	81	31	0,38
17	291	220	0,76					
18	312	271	0,87					
19	723	443	0,61					
20	963	618	0,64					
21	1121	727	0,65					
22	1138	768	0,67					
23	1113	783	0,70					
24	1091	747	0,68					
1	946	650	0,69					
2	882	575	0,65					
3	809	519	0,64					

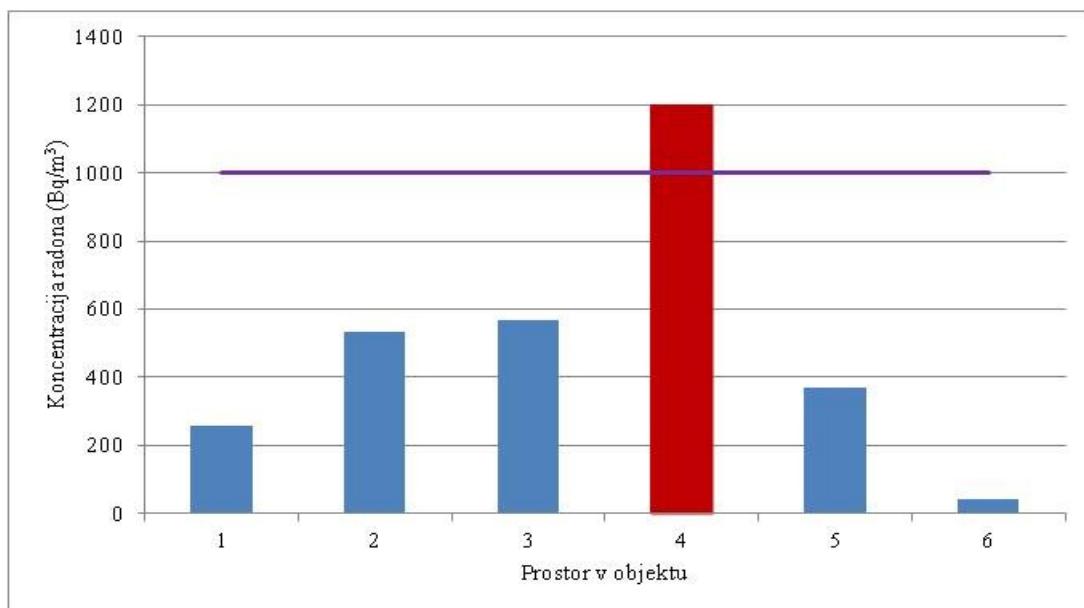
Povprečna koncentracija radona v času obratovanja šole med sedmo uro zjutraj in petnajsto uro popoldan je bila $143 \pm 109 \text{ Bq/m}^3$, povprečna koncentracija radonovih potomcev je bila $66 \pm 58 \text{ Bq/m}^3$, povprečna vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.13 (0.21 – 0.75).

Iz slike 32 je lepo razvidno, da je koncentracija radona po vklopu prisilnega prezračevanja hitro padal pod 200 Bq/m^3 , po izklopu pa je spet hitro narasla do 1000 Bq/m^3 , kar pomeni, da je zemljina pod objektom izredno močan vir radona in da so najbrž v učilnici 1. in 2. razreda razpoke v temeljni plošči.

Glede na rezultate meritev predlagamo, da prisilno prezračevanje deluje v zimskem obdobju (od novembra do aprila) ves čas obratovanja šole, v poletnem obdobju pa zadošča odpiranje oken, v kolikor to ni moteče za nemoteno delo. Predlagamo tudi meritve iskanja virov radona v učilnici.

5.2. Ostali objekti

Koncentracijo radona z detektorji sledi smo določali v dveh ustanovah. To sta Ministrstvo za obrambo (vojaške delavnice v Todražu) in Republiški izobraževalni center Ig (RIC). Skupaj smo opravili šest meritev koncentracije radona z detektorji sledi. Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi so prikazani v tabeli 27. Izmerjene koncentracije radona v zraku, ki skupaj z negotovostjo meritve presegajo 1000 Bq/m^3 , so obarvane rdeče (Slika 33).



Slika 33. Koncentracija radona v prostorih MORS in RIC (Bq/m^3)

Tabela 27. Koncentracija radona v prostorih MORS in RIC (Bq/m³)

Zap.št.	Št. detektor	Start	Stop	Mesto/naročnik	Lokacija	Bq/m ³
1	424706-0	4.9.2012	11.10.2012	popravilo orožja	MORS Todraž	259 ± 70
2	188561-5	4.9.2012	11.10.2012	minometna delavnica	MORS Todraž	534 ± 70
3	461883-1	4.9.2012	11.10.2012	popravilo orožja - st. del.	MORS Todraž	568 ± 70
4	149222-2	3.2.2012	14.4.2012	87 NUS - učilnica	RIC Ig	1200 ± 170
5	394581-5	3.2.2012	14.4.2012	018 - kem. učilnica	RIC Ig	370 ± 50
6	510216-5	3.2.2012	14.4.2012	K-21 štabna soba	RIC Ig	40 ± 10

V delavnicah MORS v Todražu je bila v poletnem obdobju pred meritvami izvedena sanacija tal, zato so izmerjene koncentracije radona nižje od dovoljene vrednosti 100 Bq/m³. V prostorih RIC predlagamo nadaljevanje meritev z merilnimi instrumenti, da ugotovimo časovni potek in najdemo vire radona.

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/m³ za vrtce in šole ter 1000 Bq/m³ za druga delovna mesta. Upoštevali smo metodologijo iz Uredbe UV2 [6]. Pri oceni smo privzeli, da so izmerjene koncentracije radona enake povprečnim letnim koncentracijam radona v objektu (čeprav so trajale samo en mesec in ne celo leto). V primeru večjega 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 čas zadrževanja v učilnicah kot za zaposlene.

Kljub temu, da smo v nekaterih ustanovah določali tudi faktor ravnovesja, ga pri oceni prejete efektivne doze nismo upoštevali, ker so bile to le trenutne vrednosti. Pri izračunih smo za vse objekte privzeli faktor 0.4 iz Uredbe UV2 [6].

Ocenjene efektivne doze za zaposlene in otroke v vrtcih in šolah so prikazane v tabeli 28 in na sliki 34. Ocenjene efektivne doze za zaposlene v ostalih ustanovah so prikazane v tabeli 29. Z rdečo barvo so označene efektivne doze, višje od 2 mSv na leto. Po ICRP 65 [9] prispevajo povprečne letne koncentracije radona med 200 – 600 Bq/m³ v bivalnem okolju (400 Bq/m³ smo privzeli za vrtce in šole) in med 500 – 1500 Bq/m³ v delovnem okolju (1000 Bq/m³ smo privzeli za delovno okolje) efektivno dozo med 2 – 6 mSv/leto. Po Uredbi UV2 [6] povprečna celoletna koncentracija radona 400 Bq/m³ 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 največ do 2 mSv/leto, saj prejmejo delež efektivne doze zaradi naravnih sevanj tudi v bivalnem okolju.

Tabela 28. Ocenjene letne efektivne doze za odrasle in otroke v vrtcih in šolah

Zap. št.	Lokacija	Objekt	ure odrasli	Ef. doza doza (mSv)	ure otroci	Ef. doza doza (mSv)
1	jedilnica	PŠ Kočevska Reka	1584	3,83	1584	3,83
2	igralnica	VVO Muljava - vrtec Krka	1320	2,43	1320	2,43
3	igralnica	VVO Muljava	1320	0,55	1320	0,55
4	učilnica sp odaj	OŠ Stična, Podružnica Muljava	1584	0,76	1584	0,76
5	učilnica nad vrtcem	OŠ Stična, Podružnica Muljava	1584	1,31	1584	1,31
6	učilnica manjša 1. n	OŠ Stična, Podružnica Krka	1584	1,86	1584	1,86
7	učilnica 5., 2.b	OŠ Prevalje	1584	8,31	1584	8,31
8	učilnica 3., 1.b	OŠ Prevalje	1584	3,37	1584	3,37
9	učilnica 4., hlupoč	OŠ Prevalje	1584	3,53	1584	3,53
10	vrtec Leše 30, pup	vrtec Leše 30	1320	0,38	1320	0,38
11	podgonje, može	vrtec Pod Gonjami 5a	1320	0,92	1320	0,92
12	učilnica 1., miševsk	vrtec Polje 4	1320	1,85	1320	1,85
13	zg. kraj, leskovec	vrtec Zgornji kraj 12	1320	0,92	1320	0,92
14	uč. 4., 5. r. št. 7	PŠ Šentrupert	1584	1,01	1584	1,01
15	učilnica klet, št. 21	PŠ Šentrupert	1584	1,26	1584	1,26
16	jasli miške	VVO Jasli Sežana	1320	6,38	1320	6,38
17	igralnica Zajčki	VVO Jasli Sežana	1320	2,60	1320	2,60
18	medvedki	VVO Senožeče	1320	2,35	1320	2,35
19	delfini	OŠ Senožeče - vrtec	1584	2,52	1584	2,52
20	igralnica spodaj	VVO Lokev	1320	3,90	1320	3,90
21	igralnica	VVO Divača (nov vrtec)	1320	2,39	1320	2,39
22	igralnica	VVO Tomaj	1320	1,85	1320	1,85
23	srednja igralnica	VVO Komen	1320	3,57	1320	3,57
24	igralnica	VVO Dutovlje	1320	1,39	1320	1,39
25	igralnica	OŠ Komen - vrtec	1584	4,23	1584	4,23
26	učilnica 3. razred	OŠ Komen	1584	1,56	1584	1,56
27	telovadnica	OŠ Komen	300	2,18	300	2,18
28	matematika 1. nads	OŠ Komen	1584	0,50	1584	0,50
29	učilnica z instrumenti	OŠ Komen	1584	2,22	1584	2,22
30	2. razred	PŠ Birčna vas	1584	4,58	1584	4,58
31	3. razred	PŠ Birčna vas	1584	3,78	1584	3,78
32	5. razred	PŠ Podgrad	1584	3,37	1584	3,37

Zelena – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto

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

Rdeča - efektivna doza večja od 6 mSv/leto

Tabela 28 (nadaljevanje). Ocenjene letne efektivne doze za odrasle in otroke v vrtcih in šolah

Zap.	Lokacija	Objekt	ure odrasli	Ef. doza doza (mSv)	ure otroci	Ef. doza doza (mSv)
33	vrtec	PŠ Podgrad	1584	1,21	1584	1,21
34	gospodinjstvo	OŠ Semič	1584	5,19	1584	5,19
35	telovadnica	PŠ Štrekanjevec	300	1,56	300	1,56
36	igralnica Bibe	VVO Vavta vas	1320	2,77	1320	2,77
37	igralnica Pikapolon	VVO Vavta vas	1320	1,31	1320	1,31
38	Vrtec račke	OŠ Prevole	1584	14,71	1584	14,71
39	Vrtec Ježki	OŠ Prevole	1584	9,57	1584	9,57
40	kuhinja	OŠ Prevole	1584	6,85	1584	6,85
41	jedilnica	OŠ Prevole	1584	3,17	1584	3,17
42	učilnica 1. nadstrop	PŠ Tomaj	1584	2,87	1584	2,87
43	1. razred	PŠ Tomaj	1584	3,32	1584	3,32
44	1. razred	OŠ Srečko Kosovel Sežana	1584	0,55	1584	0,55
45	5. razred	OŠ Dutovlje	1584	1,31	1584	1,31
46	2. razred	PŠ Štanjel	1584	0,60	1584	0,60
47	1. razred	OŠ dr. Bogomir Magajna Divača	1584	2,67	1584	2,67
48	1. razred	PŠ Lokev	1584	9,17	1584	9,17
49	1. razred	OŠ Divača, PŠ Vremski Britof	1584	2,12	1584	2,12
50	1. razred	OŠ D. Benčiča Brkina Hrpelje	1584	1,11	1584	1,11
51	1/2. razred	PŠ Obrov	1584	1,01	1584	1,01
52	1. razred	OŠ Divača, PŠ Senožeče	1584	1,66	1584	1,66
53	1. razred	OŠ Sečovljše (PŠ Sv. Peter)	1584	0,81	1584	0,81
54	1. b razred	OŠ Koper (P. P. Vergerio)	1584	0,25	1584	0,25
55	1. razred	OŠ Sečovljše - Centrala	1584	0,45	1584	0,45
56	2.b razred	OŠ Koper (C. Z. Perello)	1584	0,10	1584	0,10
57	1. razred	OŠ Lucija-fazan 1 (PŠ Sunjan)	1584	0,20	1584	0,20
58	igralnica Pikapolon	OŠ Gračišče - vrtec	1584	0,20	1584	0,20
59	1. razred	OŠ Marezige	1584	0,18	1584	0,18
60	1. razred	OŠ V. e D. Piran (PŠ Lucija)	1584	0,35	1584	0,35
61	1. razred	OŠ Hrvatini (P. P. Vergerio)	1584	0,20	1584	0,20
62	1. razred	OŠ Semedela (P. P. Vergerio)	1584	0,35	1584	0,35
63	1. razred	OŠ Bertoki (P. P. Vergerio)	1584	1,81	1584	1,81
64	2. razred	OŠ C. Kosmač Piran (PŠ Portorož)	1584	0,40	1584	0,40
65	razred A-4	OŠ D. Bordona Semedela	1584	0,20	1584	0,20
66	1. razred	OŠ Lucija (Fazan 1)	1584	0,55	1584	0,55
67	glasba 1. nadstropj	OŠ V. e Diego Piran	1584	0,15	1584	0,15
68	1.b razred	OŠ Prade Koper (PŠ Sv. Anton)	1584	0,10	1584	0,10

Zelena – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto

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

Rdeča - efektivna doza večja od 6 mSv/leto

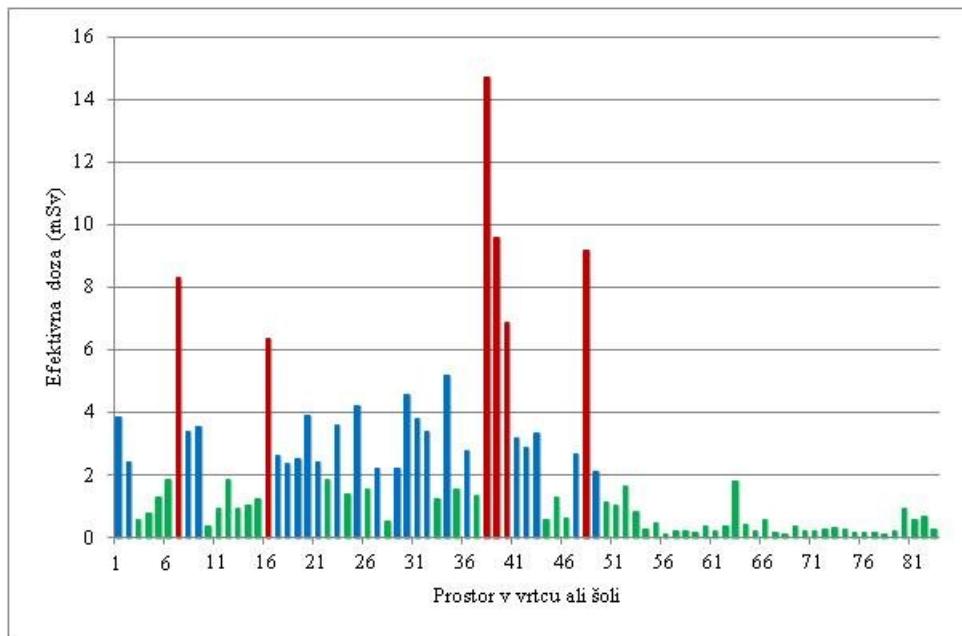
Tabela 28 (nadaljevanje). Ocenjene letne efektivne doze za odrasle in otroke v vrtcih in šolah

Zap.	Lokacija	Objekt	ure odrasli	Ef. doza doza (mSv)	ure otroci	Ef. doza doza (mSv)
št.						
69	1. a razred	OŠ E. V. Prade Koper	1584	0,35	1584	0,35
70	3.b razred	OŠ C. Kosmač Piran	1584	0,20	1584	0,20
71	1. razred	OŠ Šmarje	1584	0,20	1584	0,20
72	1. razred	OŠ Škofije	1584	0,25	1584	0,25
73	1. razred	OŠ Gračišče	1584	0,30	1584	0,30
74	igralnica lilla aquilo	OŠ D. Alighieri zola (vrtec)	1584	0,25	1584	0,25
75	1. a razred	OŠ Hrvatini (PŠ Ankaran)	1584	0,15	1584	0,15
76	1. razred	OŠ V. Šmuc (PŠ Korte)	1584	0,15	1584	0,15
77	1. razred	OŠ Hrvatini	1584	0,15	1584	0,15
78	3. b razred	OŠ A. Ukmarja Koper	1584	0,10	1584	0,10
79	2. razred	OŠ Dekani	1584	0,20	1584	0,20
80	1. razred, uč. 2	OŠ V. Šmuc (PŠ Korte)	1584	0,91	1584	0,91
81	1.b razred	OŠ Livade Izola (Livade 7)	1584	0,58	1584	0,58
82	1. razred	OŠ Sečovlje - vrtec	1584	0,65	1584	0,65
83	igralnica št. 8	VVO Semedela, Enota Rozmanova	1320	0,26	1320	0,26

Zelena – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto

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

Rdeča - efektivna doza večja od 6 mSv/leto



Zelena – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto

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

Rdeča - efektivna doza večja od 6 mSv/leto

Številke ustanov ustrezajo zaporednim številкам iz tabele 28

Slika 34. Histogram efektivnih doz za zaposlene in otroke v vrtcih in šolah (mSv/leto)**Tabela 29. Ocenjene letne efektivne doze za zaposlene v drugih ustanovah**

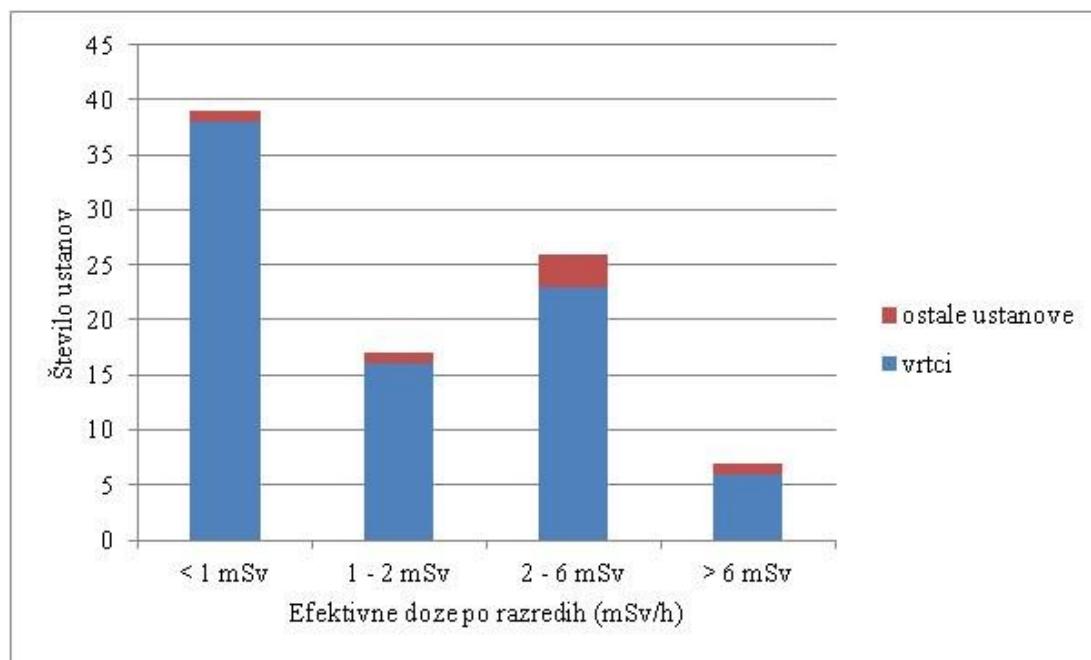
Zap. št.	Lokacija	Objekt	ure odrasli	Ef. doza doza (mSv)
1	popravilo orožja	MORS Todraž	2000	1,65
2	minometna delavnica	MORS Todraž	2000	3,40
3	popravilo orožja - st. del.	MORS Todraž	2000	3,61
4	87 NUS - učilnica	RIC Ig	2000	7,63
5	018 - kem. učilnica	RIC Ig	2000	2,35
6	K-21 štabna soba	RIC Ig	2000	0,25

Zelena – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto

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

Rdeča - efektivna doza večja od 6 mSv/leto

Na sliki 35 so prikazane doze za zaposlene in otroke v vseh devetinosemdesetih prostorih šol, vrtcev in ostalih ustanov, v katerih smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi, razporejene po razredih. V devetintridesetih primerih so efektivne doze nižje od 1 mSv/leto, v sedemnajstih primerih so efektivne doze med 1 – 2 mSv/leto, v šestindvajsetih primerih so efektivne doze med 2 - 6 mSv/leto, v sedmih primerih so efektivne doze za višje od 6 mSv/leto.



Slika 35. Efektivne doze po razredih

7. Zaključki

V sedemdesetih različnih objektih je bilo opravljenih devetinosemdeset (89) meritev koncentracije radona z detektorji sledi. Izmerjene koncentracije radona so v devetinštiridesetih (od triinosemdesetih) izbranih prostorih šol in vrtcev nižje od 400 Bq/m^3 , v štiriintridesetih pa višje od 400 Bq/m^3 . Izmerjene koncentracije radona v drugih ustanovah so v enem od izbranih prostorov (od šestih) višje od 1000 Bq/m^3 , v petih prostorih pa nižje od 1000 Bq/m^3 .

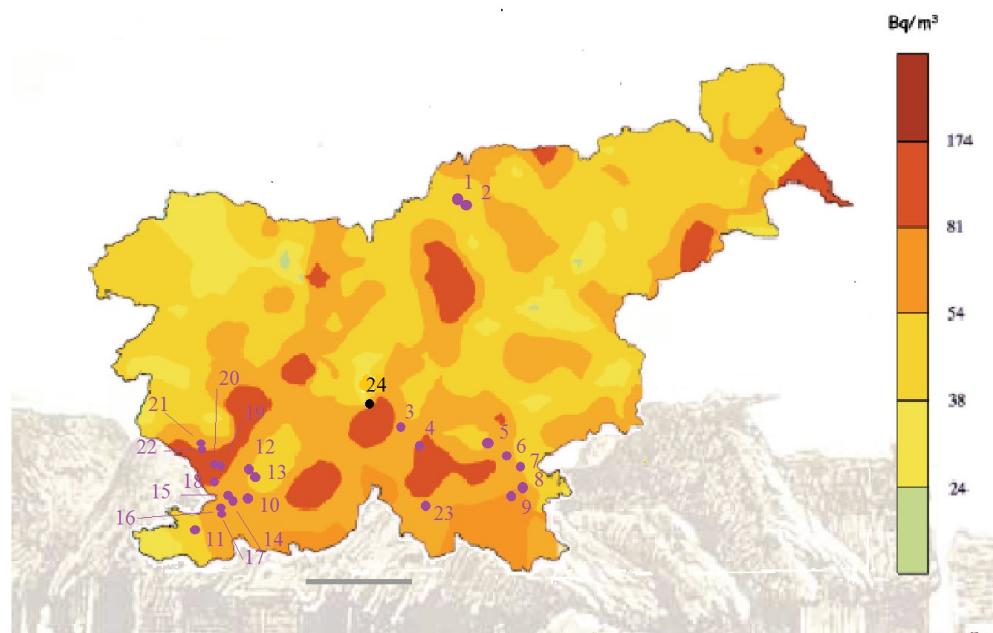
V osemnštiridesetih vrtcih, šolah in ostalih ustanovah od skupaj sedemdesetih so ocenjene efektivne doze za zaposlene in otroke nižje od 2 mSv/leto , v sedemnajstih med $2 - 6 \text{ mSv/leto}$, v petih pa višje od 6 mSv/leto .

V poročilu [16] smo podrobnejše opisali kako geološka struktura tal [8 - 14] 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, če bi se s pristojnimi v ustanovah, v katerih so bile izmerjene visoke koncentracije radona in posledično 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 36 so prikazane lokacije meritev koncentracije radona 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 . Vijolične točke predstavljajo lokacije meritev v vrtcih in osnovnih šolah, črne pa ostalim objektom. Podatki o meritvah so nanešeni na kartu meritev koncentracij radona v stanovanjskih objektih v Sloveniji, izdelano na podlagi raziskovalne naloge [17].

Iz slike 36 je razvidno, da obstaja korelacija med koncentracijo radona v tleh [12] in v objektih [17]. 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 laže predлага ustrezne ukrepe sanacije.



Slika 36. Lokacije meritev koncentracije radona v objektih, ki presegajo 400 Bq/m³ v vrtcih in osnovnih šolah (vijolična barva) oziroma 1000 Bq/m³ v ostalih objektih (črna barva)

Legenda:

Št.	Lokacija	Št.	Lokacija
1	OŠ Prevalje	13	OŠ Senožče - vrtec
2	vrtec Polje 4	14	VVO Divača (nov vrtec)
3	OŠ Stična, Podružnica Krka	15	OŠ dr. Bogomir Magajna Divača
4	OŠ Prevole	16	VVO Lokev
5	VVO Vavta vas	17	PŠ Lokev
6	PŠ Birčna vas	18	VVO Jasli Sežana
7	PŠ Podgrad	19	VVO Tomaj
8	PŠ Štrekljevec	20	PŠ Tomaj
9	OŠ Semič	21	VVO Komen
10	OŠ Divača, PŠ Vremski Britof	22	OŠ Komen
11	OŠ Bertoki (P. P. Vergerio)	23	PŠ Kočevska Reka
12	VVO Senožče	24	RIC Ig

8. Reference

1. M. Humar, J. Škvarč, R. Ilič, M. Križman, Z. Jeran, R. Šajn: Koncentracije radona v bivalnem okolju Slovenije (zaključno poročilo) ZVISJ-UPB2), Ur.list RS št. 102, 2004
2. Program sistemičnega pregledovanja delovnega in bivalnega okolja, Ur.list RS št. 17, 2006
3. Pravilnik o pogojih in metodologiji ocenjevanja doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji, Ur.list RS št. 115, 2003
4. Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih, Ur.list RS št. 49, 2004
5. P. Jovanovič: Sistemično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20060047-PJ, ZVD, 2006
6. J. Vavpotič: IJS-DP-9648, IJS, 2007
7. ICRP 65: Protection Against Radon-222 at Home and at Work, Pergamon, 1994
8. Joachim Kemski, Ralf Klingel: Das geogene Radon-Potential, v knjigi: Siehl. A.: Umweltradioaktivität, Ernst & Sohn, Bonn, 1996
9. W. W. Nazaroff, A. V. Nero: Radon and its decay products in indoor air, John Wiley & Sons, 1988
10. K. A. Landman: Diffusion of radon through cracks in a concrete slab, Health Physics, Vol. 43, No. 1, 1982
11. IJS-DP-9694-1: J. Vavpotič, Radonski potencial v tleh na območjih s povišanimi koncentracijami radona v zaprtih prostorih, IJS, 2007
12. M. Andjelov: Rezultati radiometričnih in geokemičnih meritev za karto naravne radioaktivnosti Slovenije, Geologija, 36, 1993
13. P. Jovanovič: Sistemično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20080030-PJ, ZVD, 2008
14. P. Jovanovič: Sistemično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20090042-PJ, ZVD, 2009
15. M. Humar in ostali: Koncentracija radona v bivalnem okolju Slovenije, IJS-DP-7164, IJS, 1995
16. P. Jovanovič: Sistemično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20100017-PJ, ZVD, 2010
17. Ministrstvo za zdravje, URSVS: Odločba št. 0610-7/2011-2-B02, z dne 20.4.2011
18. 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.
19. An overview of radon surveys in Europe, Luxembourg, EC,
20. UNSCEAR 93, UN, New York, 1993