

Radon

Avtor:

Dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz. predstojnik Centra za fizikalne meritve na ZVD

IZVLEČEK

Z novimi spoznanji o radonu ugotavljamo, da je ta radioaktivni plin precej bolj nevaren, kot smo mislili. Doze sevanja, ki jih prejmemo ljudje zaradi izpostavljenosti radonu, so bile podcenjene. Zaradi novih spoznanj bodo tudi v slovenski zakonodaji na področju varstva pred ionizirajočimi sevanji uveljavljene nižje dovoljene koncentracije radona na delovnem mestu ali v stavbah. Dovoljene koncentracije se zmanjšujejo za več kot 3x v delovnem okolju (iz 1000 Bq/m³ na 300 Bq/m³) in skoraj za tretjino v življenjskem okolju (iz 400 Bq/m³ na 300 Bq/m³). Na radonsko bolj nevarnih področjih bo potrebno izvajati meritve, s katerimi bomo ugotavljali, kakšne so doze prebivalcev in ali so potrebni sanacijski ukrepi. Nekatere meritve bo moral zagotoviti oziroma financirati delodajalec, nekatere pa država. Zelo verjetno bodo ljudje, ki živijo v stanovanjih, kjer bodo ugotovljene visoke koncentracije radona, prestrašeni ter bodo zahtevali dodatne informacije, iskali dodatne nasvete in načine, kako bi v stanovanjih in hišah, kjer živijo že leta ali desetletja, mirno in varno živeli še naprej.

UVOD

V našem okolju so prisotne radioaktivne snovi. Nekatere so prisotne že od nekdaj, že od nastanka Zemlje, in jim rečemo naravne radioaktivne snovi. Nahajajo se v zemlji in povzročajo sevanje naravnega ozadja. Ena od teh snovi je tudi radon (izotop Rn-222), ki je plin in je le eden od potomcev urana. Kot plin izhaja iz zemlje, pride v ozračje in tudi v naša stanovanja. Z dihanjem ga vnesemo v pljuča, kjer povzroča škodo zaradi ionizirajočega sevanja, ki ga oddaja ob radioaktivnem razpadu. Radon oddaja sevanje alfa, ki je zelo škodljivo, mnogo bolj kot gama ali beta sevanja, poleg tega so pljuča na sevanje zelo občutljiv organ, zato so doze, ki jih ljudje prejmemo zaradi radona, visoke. Obenem najnovejša znanstvena dognanja kažejo, da smo nevarnost radona podcenjevali in s sprejemanjem DIREKTIVE SVETA EU št. 2013/59/EURATOM, ki jo moramo v slovenski pravni red uvesti do februarja 2018, tudi v Sloveniji uvajamo nižje mejne vrednosti za koncentracije radona v življenjskem ali delovnem okolju.

KJE RADON JE?

Že vse od nastanka Zemlje so v našem okolju prisotni trije radionuklidi: U-238, U-235 in Th-232. Ker so radioaktivni, razpadajo v svojega potomca, ki je še vedno radioaktiven in še razpada itd. Tako je iz vsakega od začetnikov nastala dolga radioaktivna veriga. Radon je eden od 18 členov uranove razpadne verige, katere začetnik je U-238. Predhodnik radona je Ra-226, sam pa razpada v Po-218. Razpadni čas radona je 3,8 dni. V tem času razpade polovica radona oziroma se nevarnost radona zmanjša za faktor 2.

Glede na to, da je radon le eden od členov v uranovi razpadni verigi, ga najdemo tam, kjer je uran. To pa je praktično povsod, saj je uran prisoten v kameninah, prsti in vodi. Največ ga je v kameninah, a ga ni povsod enako. V Sloveniji so največje koncentracije urana v Poljanski dolini (Gorenja vas, Žiri), kjer smo nekoč imeli tudi aktiven rudnik urana v Žirovskem vrhu.

Nekaj izmerjenih koncentracij urana v različnih kamninah je navedenih v tabeli (Tabela 1). Koncentracije so praviloma višje v granitih in nižje v apnencih ter se lahko razlikujejo tudi za faktor 100. Vedno pa je uran prisoten tudi v zemlji; koncentracije so običajno nekaj deset becquerelov na kilogram (Bq/kg) (Tabela 1). Enota becquerel (Bq) pomeni, da v snovi razpade en radioaktiven atom v sekundi, 100 Bq pa pomeni, da jih v eni sekundi razpade 100.

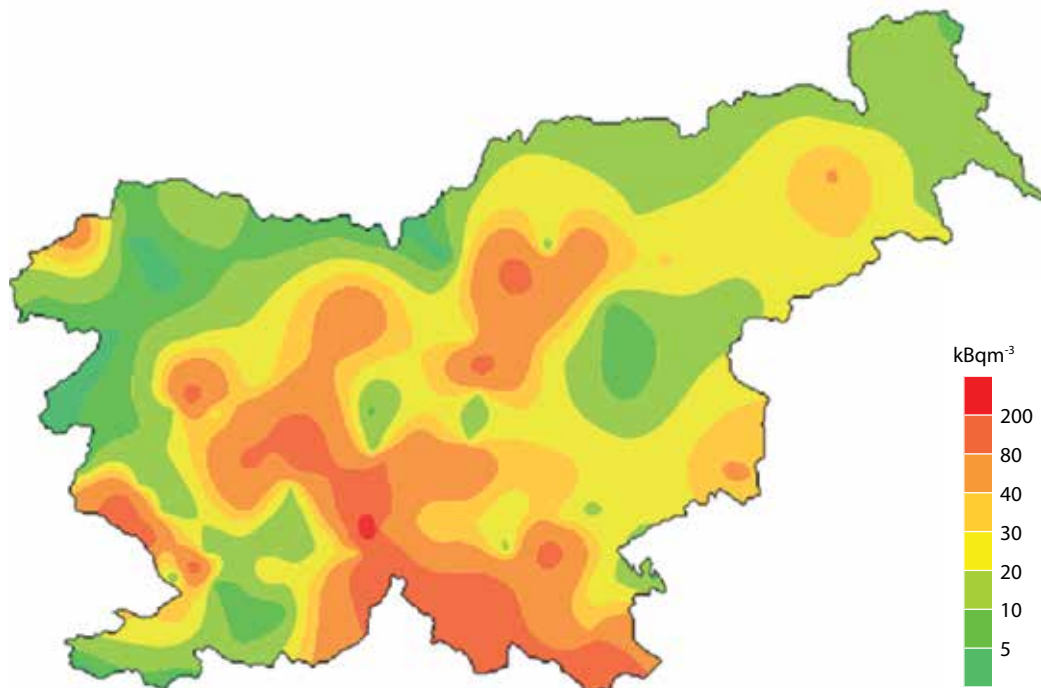
S koncentracijami urana v zemlji pa je povezana tudi koncentracija radona v zemlji. Več ko je urana, več bo radona. Medtem, ko uran kot kovina ostaja v zemlji, pa radon kot plin izhaja iz zemlje, v kateri nastaja. Tako pride v ozračje, tudi v naša stanovanja, in povzroča obremenjenost ljudi z ionizirajočim sevanjem. Koliko radona bo prišlo v ozračje, ni odvisno le od koncentracije urana oziroma radona v zemlji, pač pa tudi od lastnosti zemlje oziroma kamnin. Bolj ko je zemlja prepustna, lahka, več bo izhajanja radona.



Kamnina	Koncentracija urana (Bq/kg)
Granit Madurai gold (poreklo Indija)	1015 ± 103
Granit Balmoral red (poreklo Finska)	172 ± 18
Granit Rosso Capo Bonito	151 ± 19
Granulit Ivory Brown (poreklo Indija)	337 ± 34
Migmatit Rosso multicolor (poreklo Indija)	30 ± 3
Granit Red bonus (poreklo Švedska)	20 ± 2
Granit Bianco (poreklo Italija)	100 ± 10
Granit, China Impala (poreklo Kitajska)	124 ± 13
Tonalit, Pohorje	331 ± 34
Apnenec, Slovenija	9 ± 1
Metamorfni skrilavec, Pohorje	20 ± 2
Hotaveljčan, apnenec	3,5 ± 0,5
Lehnjak, Jezersko	1,9 ± 0,3
Čizlakit, Slovenija	25 ± 3
Zemlja, Gorenja vas	70 ± 7
Zemlja, Kobarid	50 ± 6
Zemlja, Murska Sobota	25 ± 3

Tabela 1: Koncentracije urana (Bq/kg) v različnih kamninah, Vir: I. Osojnik Identifikacija naravnega kamna z naravnimi radionuklidi v Republiki Sloveniji zaradi varstva pred ionizirajočimi sevanji, magistrsko delo 2016 in baza meritev radioaktivnosti ZVD

Slika 1: Koncentracije radona v zemlji. Meritve je izvajal Inštitut Jožef Stefan.



Več kot je razpok v zemlji ali kamninah, več kot je por v kamninskih skladih, več kot je lukenj, več radona iz globokih zemeljskih plasti pride na površje. Koncentracije radona v zemlji v Sloveniji so predstavljene na sliki (Slika 1). Vidimo, da so največje v južni, jugovzhodni in osrednji Sloveniji ter na Krasu.

Poleg prepustnosti zemeljskih plasti na izhajanje radona vplivajo tudi vremenske razmere. Če je zemlja mokra, so razpoke zapolnjene in radon težje izhaja. Podobno je v primeru zmrznjenih tal.

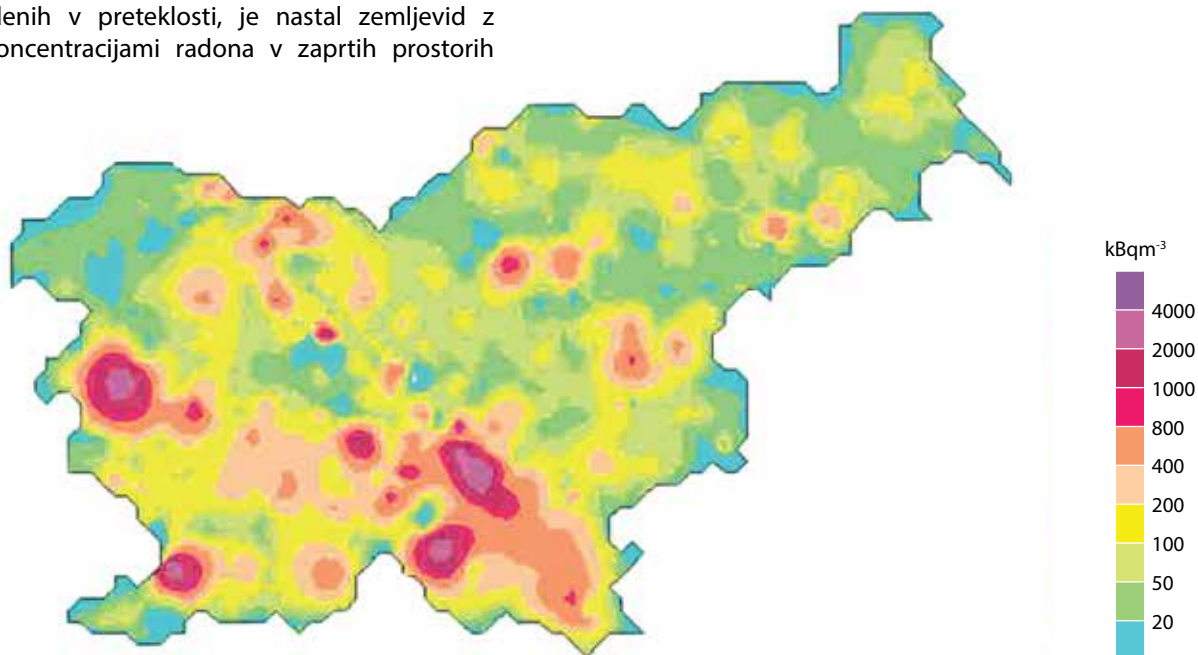
Radon torej iz zemlje prehaja v naša stanovanja. Koncentracije radona v stanovanjih so odvisne od koncentracije uranavzemlji, od prepustnosti lastnosti zemlje, od prepustnosti talne plošče in prepustnosti gradbenih elementov stavbe. Če je talna plošča razpokana, bodo koncentracije radona v stanovanjih večje, saj bo več prehajanja radona iz zemlje v kleti ali pritličja. Radon prehaja v stanovanja tudi preko kanalizacijskih in prezračevalnih cevi ali jaškov. Velikokrat se je že izkazalo, da enostavna zapora kanalizacijskega jaška zmanjša koncentracijo radona v prostoru. Na koncentracije radona v stanovanjih vpliva tudi tlačna razlika med zrakom v stanovanju in zrakom v okolju. Pozimi je tlačna razlika manjša, poleti večja. Zato poleti zrak lažje pride v stanovanja (v stanovanju je podtlak) oziroma ga podtlak v stanovanju iz zemlje sesa v stanovanja. Zato so koncentracije radona v stanovanjih v poletnih mesecih večje.

Prav tako bodo koncentracije radona v stanovanjih večje, če je stanovanje zaprto, ker se bo radon v stanovanju nabiral. Če zračimo ali pogosto odpiramo okna, koncentracije radona padejo. Običajno se ponoči, ko oken in vrat ne odpiramo, koncentracije radona povečajo in čez dan zmanjšajo. Zadnja leta na ZVD z meritvami, ki jih izvajamo po Sloveniji, opažamo, da koncentracije radona v stanovanjih naraščajo. Razlogi so v energetskih sanacijah stavb, pri katerih stara okna in vrata, ki niso dobro tesnila, ljudje zamenjajo z novimi, toplotno odlično izolativnimi elementi, ki učinkovito zmanjšajo energetske izgube, vendar pa preprečijo tudi izhajanje radona iz stavbe. Zato svetujemo, da prostore redno zračite oziroma večkrat na dan odpirate okna.

Koncentracije radona so odvisne od koncentracije urana v zemlji, prepustnih lastnosti zemlje, od prepustnosti talne plošče objekta.

Uprava RS za varstvo pred sevanji vsako leto razpiše program meritev koncentracije radona v objektih, ki ležijo na radonsko obremenjenem področju, z namenom ugotavljanja koncentracija radona in obremenitve prebivalstva z dozo zaradi radona. Na osnovi številnih meritev, izvedenih v preteklosti, je nastal zemljevid z izmerjenimi koncentracijami radona v zaprtih prostorih (Slika 2).

Slika 2: Koncentracije radona v stanovanjih v Sloveniji, vir: Uprava RS za varstvo pred sevanji.



Koncentracije so lahko zelo visoke in lahko presegajo trenutno dovoljene koncentracije, ki so zapisane v Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (Ur. L. RS št. 49/2004) in zanašajo 1000 Bq/m³ za delovno okolje ter 400 Bq/m³ za življenjsko okolje oziroma vrednosti v stanovanjih. Z uveljavitvijo nove evropske direktive št. 2013/59/EURATOM, ki jo moramo v slovenski pravni red uvesti do februarja 2018, bomo v Sloveniji uvedli še nižje dovoljene koncentracije radona, ki bodo 300 Bq/m³ za vse primere. Iz slike (Slika 2) sledi, da je na skoraj polovici ozemlja Slovenije radon problem in da bo potrebno izvajati sanacijske ukrepe za zmanjšanje koncentracij radona v stavbah.

Za primerjavo naj povemo, da so koncentracije radon zunaj, na prostem, med 20 in 30 Bq/m³. V notranjosti stavb pa so zaradi kopičenja in neprezračevanja več 10x in več 100x večje. V tabeli (Tabela 2) podajamo nekaj primerov, ko smo v zaprtih prostorih izmerili visoke koncentracije radona in so bili potrebni sanacijski ukrepi. Vse meritve smo izvedli sodelavci ZVD, ki smo tudi svetovali glede izvedbe sanacijskih ukrepov. V tabeli so dodani kratek opis sanacijskih ukrepov in izmerjene koncentracije radona po izvedbi ukrepov. Vidimo, da so bile izmerjene koncentracije radona tudi več 1000 Bq/m³. Že če se človek v takšnih prostorih zadržuje le nekaj ur dnevno, to pomeni, da bo prejel zelo visoke doze, doze, ki so bistveno nad vsemi doznimi omejitvami. Zato je nujno izvesti radonske sanacije takšnih prostorov in dokler ni izvedena sanacija, prepovedati ali pa vsaj zelo omejiti čas zadrževanja v teh prostorih. Čeprav se v medijih kot problematični objekti pojavljajo predvsem osnovne šole, pa moramo poudariti, da šole niso prav nič bolj problematične kot kateri koli drugi objekti ali stavbe. Največ podatkov o izmerjenih koncentracijah radona imamo prav za šole, ker so to

Tabela 2: Objekti, v katerih je ZVD izmeril visoke koncentracije radona, sanacijski ukrepi in koncentracije radona pred in po izvedbi sanacijskih ukrepov. Vir: Baza ZVD in URSVS: Preiskovanje delovnega in življenjskega okolja Slovenije zaradi naravnih virov sevanja

Zap. št.	Objekt	Koncentracija Rn v prostoru pred sanacijo (Bq/m ³)	Koncentracija Rn v prostoru po sanaciji (Bq/m ³)	Vrsta sanacije
1	VVO Vavta vas	1800	330	ventilator, izsesavanja zraka izpod temeljne plošče
2	UKC, Ljubljana	2930	50	novi tlaki, izsesavanja zraka izpod temeljne plošče
3	OŠ Birčna vas	900	260	čepljenje razpok, obnovljeni tlaki
4	Vrtec Sežana, Jasli	1300	320	čepljenje razpok
5	VVO Komen	900	270	novi tlaki,
6	OŠ Semič, učilnica tehnika	4635	100	izsesavanja zraka izpod temeljne plošče
7	OŠ Semič, učilnica gospodinjstvo			novi tlaki, rekuperacija
8	OŠ Nova vas, učilnica jezik	6630	126	izsesavanja zraka izpod temeljne plošče
9	VVO Tomaj	2500	350	čepljenje razpok
10	OŠ Muljava, igralnica vrtca	7500	160	izsesavanja zraka izpod temeljne plošče
11	OŠ Ribnica, stavba A, učilnica AP1	8581	97	izsesavanja zraka izpod temeljne plošče
12	OŠ Ribnica, stavba C	7361	440	rekuperacija
13	OŠ Črni Vrh, učilnica biologija	2500	160	izsesavanja zraka izpod temeljne plošče
14	Dolenjske Toplice, igralnica vrtca	3197	67	izsesavanja zraka izpod temeljne plošče

objekti, kjer Ministrstvo za zdravje najbolj pogosto naroči izvedbo meritev (Tabela 2), kar je razumljivo, saj so otroci na sevanje bolj občutljivi kot odrasli in ne nazadnje, starši smo najbolj zaskrbljeni za svoje otroke in jim želimo nuditi vse najboljše. Toda prav enake koncentracije kot v šolah so tudi v naših hišah, stanovanjih, tovarnah ali pisarnah, le da tega ne vemo, ker meritve sploh še niso bile izvedene. Zato vas vabimo, da nas kontaktirate in da se dogovorimo za izvedbo meritev.

V stanovanjih je radona vedno več v kletnih prostorih in pritličjih, saj radon iz zemlje najprej pride v te prostore. Koncentracije v višjih nadstropjih so običajno do 10x nižje kot v pritličjih. Seveda so tudi primeri, ko po kanalizacijskih ceveh, jaških in ventilaciji radon prehaja tudi v višja nadstropja in so lahko tudi v teh presežene dovoljene vrednosti.

MERJENJE RADONA

Poznamo več načinov in metod, s katerimi merimo koncentracijo radona in potomcev. Najcenejša metoda je merjenje koncentracije radon z detektorji sledi. To so majhne plastične ploščice, zaprte v plastičnem ohišju (Slika 3), ki jih postavimo na lokacijo, kjer želimo izmeriti koncentracijo radona. Metoda ni zelo občutljiva in detektorji morajo biti izpostavljeni vsaj kakšen mesec, da lahko iz sledi, ki jih ustvarijo delci alfa na svoji poti po plastični ploščici, ki jih ob razpadu oddaja radon, določimo koncentracije radona. Po izpostavitvi ploščice namreč jedkamo in sledi preštejemo z mikroskopom (Slika 3). Prednosti metode sta cenovna dostopnost in povprečenje izmerjenih koncentracij radona preko daljšega časovnega obdobja.

Slika 3: Detektor sledi, ki ga uporabljamo na ZVD (levo), in sistem za štetje sledi (desno).



Detektorji sledi so primerni tako za merjenje koncentracij radona v okolju kot za merjenje v zaprtih prostorih (Slika 4). Če stranka želi izvesti meritve koncentracije radona, ji po pošti pošljemo detektorje skupaj z navodili za namestitvev. Po mesecu ali dveh stranka detektorje vrne, na ZVD jih odčitamo in pošljemo rezultate.

Če z osnovno metodo z detektorji sledi izmerimo visoke koncentracije radona, potem želimo odkriti vzroke za visoke vrednosti. V tem primeru izvajamo meritve z aktivnimi merilniki, ki lahko merijo koncentracijo radona in potomcev v kratkih časovnih intervalih. Na ta način dobimo časovni potek koncentracije radona in potomcev, kar je zlasti pomembno, ko je potrebno omejevati čase zadrževanja v prostorih z visokimi koncentracijami radona. Te meritve so strokovno precej zahtevne in tudi interpretacija rezultatov

Slika 4: Merjenje koncentracije radona z detektorjem sledi v okolici nekdanjega rudnika Žirovski vrh (levo) in v učilnici v šoli (desno).



zahteva poglobljeno znanje o obnašanju radona ter potomcev. Vendar pa lahko iz teh meritev strokovnjaki svetujemo glede zmanjševanja doz izpostavljenih ljudi ter ukrepov, ki jih je potrebno izvesti, da bi izpostavljenost radonu zmanjšali. Z metodo lahko odkrijemo, kje prihaja radon v prostore (Slika 5), kako hitro se kopiči, kdaj je doseženo ravnovesje ter kakšna je koncentracija radona v zemlji (Slika 5) itd.

Slika 5: Iskanje virov radona v stavbi (levo) in merjenje koncentracije radona v zemlji (desno)



DOZA ZARADI RADONA

Ljudje dobimo dozo zaradi radona, ker ga vdihujemo. Sam radon ni zelo nevaren in povzroča le majhno dozo. Toda radon kot radioaktivni element razpada v potomce, ki pa so sevalno mnogo bolj nevarni: Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214 in Pb-210. Od teh potomcev k dozi največ prispevata Po-218 in Po-214, ki oba razpadata z razpadom alfa. Radon in potomci potem, ko jih vdihnemo, v pljučih oddajajo sevanje alfa, ki je približno 20x bolj nevarno kot sevanje gama, ki ga širša javnost sicer bolje pozna. Tudi vsi organi in tkiva v našem telesu na sevanje niso enako občutljiva. Na žalost so pljuča tista, ki so med najbolj občutljivimi. Skupni rezultat nevarnega alfa sevanja in občutljivih pljuč pa je velika doza, ki jo povzroča radon nam kot posameznikom in tudi celotnemu prebivalstvu. Praktično več kot polovico letne doze, ki jo vsak od nas dobi iz različnih virov, je posledica radona. Poleg tega so strokovnjaki v zadnjih letih ugotovili, da je radon bolj nevaren, kot smo menili (ICRP, 2014. Radiological Protection against Radon Exposure. ICRP Publication 126. Ann. ICRP 43(3)). Različne epidemiološke študije so pokazale, da je pojavnost pljučnega raka večja, kot bi jo pričakovali iz ocenjenih doz zaradi radona, in da je potrebno izračunati doz zaradi radona spremeniti. Končna posledica epidemioloških in drugih študij je, da so povečali

tako imenovani dozni pretvorbeni faktor, to je faktor, ki nam pove, kolikšno dozo prejme človek za vsak Bq radona, ki ga je vnesel v telo. Ta dozni pretvorbeni faktor se z novimi spoznanji povečuje skoraj za 3x. Kar pomeni, da so doze zaradi radona trikrat večje, kot smo menili in izračunavali do sedaj.

Zaradi omenjenih razlogov bo tudi v Sloveniji več pozornosti namenjene ugotavljanju radona v stanovanjih. Do sedaj so bile edine meritve, ki smo jih izvajali, narejene v okviru programa preiskovanja delovnega in življenjskega okolja zaradi radona, ki ga je vodila Uprava RS za varstvo pred sevanji na Ministrstvu za zdravje. S prevedbo nove EU direktive pa bo določene obveznosti glede meritev in zmanjševanja koncentracije radona imel tudi delodajalec.

ZAKLJUČEK

Radon je radioaktiven plin, ki iz zemlje in kamnin prehaja v naša stanovanja in delovne prostore. Pri radioaktivnem razpadu oddaja sevanje alfa, ki je zelo nevarno. Ko vdihnemo zrak, vdihnemo tudi radon, ki je v zraku. Vdihneni radon razpada v pljučih, ki so na sevanje zelo občutljiv organ. Zato so doze, ki jih prejmemo zaradi radona, visoke. Želimo jih zmanjšati, kar je mogoče le z znižanjem koncentracij radona v okolju, kjer živimo. Koncentracije radona na prostem niso visoke in ne predstavljajo tveganja. Drugače pa je v zaprtih prostorih in jamah (turistične jame in rudniki), kjer so lahko koncentracije tudi več 10x nad zakonsko dovoljenimi mejami. V tem primeru je nujno izvesti ukrepe, s katerimi zmanjšamo koncentracije radona v prostoru, ali če to ni možno, omejimo čas, ko se ljudje zadržujejo v teh prostorih. Z DIREKTIVO SVETA EU št. 2013/59/EURATOM, ki jo moramo v Sloveniji uveljaviti do februarja 2018, bo potrebno izmeriti koncentracije radona v kletnih in pritličnih prostorih vseh stavb, ki ležijo na radonsko obremenjenih področjih. Ta področja so južna, jugovzhodna in osrednja Slovenija ter Kras.

VIRI

1. Baza meritev radioaktivnosti, ZVD Zavod za varstvo pri delu d.o.o.
2. Poročila o sistematičnem preiskovanju delovnega in življenjskega okolja zaradi naravnih virov sevanja, poročila z leta 2016 – 2016, ZVD Zavod za varstvo pri delu d.o.o.

Do februarja 2018 bo v Sloveniji potrebno izmeriti koncentracije radona v kletnih in pritličnih prostorih vseh stavb, ki ležijo na radonsko obremenjenih področjih. Ta področja so južna, jugovzhodna in osrednja Slovenija ter Kras.



Slika: Kako radon pride v hišo; označeno s črnimi puščicami.