

Izpostavljenost radioaktivnemu plinu radonu

Exposure to radioactive gas radon

Avtor:

doc. dr. Damijan Škrk, Uprava Republike Slovenije za varstvo pred sevanji

Povzetek

Radon je naravni žlahtni plin brez barve, vonja in okusa, ki nastane v razpadni verigi naravnega urana, ki se nahaja praktično povsod v tleh. Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) je leta 1988 radioaktivni plin radon uvrstila v skupino rakotvornih snovi. Predstavlja največji prispevek k izpostavljenosti ljudi zaradi ionizirajočih sevanj. Ocenjujejo, da je vsak deseti rak na pljučih posledica radona oziroma njegovih razpadnih produktov. Izpostavljenosti radonu sicer ne moremo preprečiti, lahko pa jo zmanjšamo, predvsem na mestih, kjer se ljudje dlje časa zadržujemo, torej v domovih in na delovnih mestih.

Visoke vsebnosti radona lahko pričakujemo na področjih, kjer so tla porozna in zato dobro prepustna, torej predvsem na kraških podlagah, nižje vsebnosti radona pa na področjih, kjer so tla slabo prepustna, kot je to v primeru glinenih podlag.

Za obvladovanje dolgoročnih tveganj za zdravje zaradi izpostavljenosti radonu je Vlada RS sprejela Nacionalni radonski program, s katerim je določila strategijo upravljanja povečanih izpostavljenosti zaradi radona, referenčno vrednost koncentracije radona ter vrsto in obseg meritev v okviru sistematičnega pregledovanja v javnih zgradbah ter izvajanja meritev v bivalnih prostorih in na delovnih mestih. Poseben poudarek je namenjen ozaveščanju delodajalcev, javnosti in strokovnjakov glede tveganj za zdravje, ki jih prinaša izpostavljenost radonu, in o dodatnih tveganjih za kadičle.

V Sloveniji letno za pljučnim rakom zboli več kot 1300 ljudi ter jih skoraj 1200 umre. To pomeni, da zaradi radona v Sloveniji umre več kot 100 ljudi letno. Cilj programa je torej zmanjšanje količine vdihanega radona in s tem bremena pljučnega raka.

Ključne besede: radon, pljučni rak, nacionalni radonski program

Abstract

Radon is a colourless, odorless and tasteless natural noble gas, produced in a decay chain of natural uranium, occurring practically everywhere in the soil. In 1988, the International Agency for Research on Cancer (IARC) classified radioactive gas radon as an agent carcinogenic to humans. It represents the greatest contribution to human exposure due to ionizing radiation. It is estimated that every tenth lung cancer is due to radon or its decay products. Exposure to radon cannot be prevented, but it can be reduced, especially in places where people stay longer, that is, at homes and workplaces.

High levels of radon concentration can be expected in areas where the soil is porous and therefore well-permeable, mainly on karst, while lower radon concentration is found in areas where the soil is poorly permeable, as in the case of clay substrates.

In order to manage long-term health risks from exposure to radon, the Government of the Republic of Slovenia adopted a National radon program defining the strategy for managing increased exposures due to radon, the reference value of radon concentration and the type and extent of measurements under systematic monitoring in public buildings as well as the performance of measurements in dwellings and at working places. Special emphasis is placed on raising awareness among employers, the public and experts about the health risks posed by exposure to radon and the additional risks for smokers.

In Slovenia more than 1300 people are diagnosed with lung cancer annually, and around 1200 die. This means that more than 100 people die annually due to radon in Slovenia. The goal of the National radon program is therefore to reduce the amount of inhaled radon and thus the burden of lung cancer.

Keywords: radon, lung cancer, national radon action plan

1 IONIZIRAJOČA SEVANJA

Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC) sistematično ocenjuje rakotvorne učinke posameznih snovi in dejavnikov, ki smo jim ljudje izpostavljeni, in jih razvršča v pet skupin, in sicer 1 (rakotvorni), 2A (verjetno rakotvorni), 2B (morda rakotvorni), 3 (ni ustreznih dokazov) in 4 (verjetno nerakotvorni). V skupino 1 so torej uvrščene snovi in dejavniki, za katere obstajajo zadostni dokazi o rakotvornosti pri človeku. V to kategorijo sodijo npr. tobak, azbest, alkoholne pijače, naravna in umetna ultravijolična (UV) svetloba ter ionizirajoča sevanja.

Ionizirajoče sevanje v živi snovi povzroči zaporedje fizikalnih, kemičnih in bioloških procesov, ki vodijo do sprememb, katerih posledice so lahko škodljive. Izpostavljenost ionizirajočim sevanjem je lahko zunanega ali notranjega izvora. O zunanji izpostavljenosti govorimo takrat, ko je vir zunaj telesa, notranja obsevanost pa je posledica vnosa radioaktivne snovi v organizem. Notranje obsevanje lahko povzročijo zaužitje kontaminirane hrane, vdihovanje kontaminiranega zraka in vnos radioaktivnih snovi skozi kožo ali odprte rane. Notranja obsevanost z radioaktivnimi snovmi, ki razpadajo z razpadom alfa in beta, je posebej nevarna, saj delci oddajo vso energijo v neposredni bližini mesta razpada.

Izpostavljenost ionizirajočim sevanjem predstavlja tveganje, ki se mu je treba izogniti, vendar že zaradi prisotnosti naravnih virov sevanja tega v popolnosti ni mogoče doseči. Poleg naravnega ozadja je vzrok za izpostavljenost lahko tudi človeškega izvora. Sem sodita uporaba virov ionizirajočih sevanj in izvajanje sevalnih dejavnosti v zdravstvu, industriji in znanosti ter uporaba jedrske tehnologije. Za zagotovitev varnega dela z viri sevanj in z namenom, da se preprečita ali zmanjšata radioaktivna kontaminacija življenjskega okolja ter izpostavljenost delavcev in prebivalstva, se izvajajo ukrepi varstva pred sevanji.

Radon je naravni
žlahtni plin brez
barve, vonja in
okusa, ki nastane
v razpadni verigi
naravnega urana, ki
se nahaja praktično
povsod v tleh.

100 ljudi letno v Sloveniji umre zaradi radona.

Učinke sevanja delimo na naključno razporejene, verjetnostne, tj. stohastične pojave, in na vzročno nujne posledice, tj. deterministične. Deterministični učinki se pojavijo, kadar je prizadet zadosten delež celic v kakšnem tkivu ali organu. So vzročno nujna posledica sevanja, ki sledi, če obsevanost preseže neko mejno dozo ali prag, ki je odvisen od vrste izpostavljenega tkiva ali organa. Če bo torej obsevanost presegla dozo praga, se bodo učinki z gotovostjo pojavili, pri nižji izpostavljenosti pa ne.

Stohastični učinki so naključne narave in torej samo verjetna posledica sevanja. Tako ne moremo z gotovostjo napovedati, kaj se bo zgodilo s poškodovanimi celicami, lahko samo ugotovimo, da je verjetnost za nastanek takšnih sprememb sorazmerna s prejeto dozo, stopnja potencialne škode pa ni odvisna od velikosti doze. Stohastične učinke delimo na somatske in dedne. Prvi zadevajo izpostavljenega posameznika, če pa se posledice pojavijo na potomcih, govorimo o dednih učinkih. To so zakasnele posledice izpostavljenosti ionizirajočim sevanjem in se kažejo v povečanem številu različnih bolezni ali nepravilnosti v razvoju raznih organov prihodnjih generacij. Med somatske učinke prištevamo nastanek in razvoj raka. Ker je pojav naključen, ne moremo napovedati, pri katerih organizmih se bodo spremembe zgodile in pri katerih ne. Stohastične učinke opazimo le, če primerjamo dve dovolj veliki skupini ljudi, od katerih je bila ena obsevana, druga pa ne. Pogostost pojavljanja neke oblike raka v obsevani skupini bo višja kot v neobsevani.^{1,2}



Za ovrednotenje verjetnosti za nastanek določene vrste stohastičnih učinkov z upoštevanjem resnosti njihovih posledic uporabljamo efektivno dozo, dozimetrično količino, ki predstavlja merilo tveganja zaradi stohastičnih učinkov. V Tabeli 1 so predstavljene ocenjene verjetnosti za nastanek raka na podlagi podatkov dolgotrajnega spremljanja zdravstvenega stanja izpostavljenih skupin ljudi. Verjetnost za nastanek raka, utežena z resnostjo škode in izgubljenimi leti življenja zaradi bolezni, je ocenjena na 0,0041 % pri izpostavljenosti 1 mSv za odrasle med 18. in 64. letom starosti in 0,0055 % za vse starostne skupine, ki vključujejo tudi otroke in mladostnike kot občutljivejši skupini. Verjetnost za nastanek dednih učinkov je nekaj desetkrat manjša in je ocenjena na podlagi poskusov na živalih, saj pri ljudeh dedni učinki zaradi izpostavljenosti niso potrjeni¹.

Tabela 1: Ocenjena verjetnost za nastanek raka in dednih učinkov pri efektivni dozi 1 mSv za odrasle med 18. in 64. letom starosti in za vse starostne skupine.

	Rak	Dedni učinki	Skupaj
odrasli (18–64 let)	0,0041 %	0,0001 %	0,0042 %
vsi	0,0055 %	0,0002 %	0,0057 %

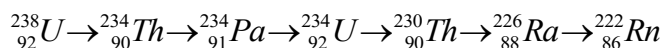
Povprečna letna efektivna doza ionizirajočih sevanj naravnega izvora kot posledica radioaktivnih snovi v zemeljski skorji (0,5 mSv), vnosa radioaktivnih snovi v telo z zaužitjem – ingestijo in vdihavanjem – inhalacijo (oboje skupaj 0,3 mSv), sevanjem iz vesolja (0,4 mSv) ter izpostavljenosti radioaktivnemu plinu radonu (1,3–1,6 mSv), je v različnih delih Slovenije med 2,5 mSv in 2,8 mSv. Povprečni Slovenec zaradi uporabe ionizirajočega sevanja v zdravstvene namene letno prejme še efektivno dozo 0,7 mSv, ostali viri pa prispevajo manjši delež².

2 RADIOAKTIVNI PLIN RADON

Radon v bivalnem in delovnem okolju prispeva največji delež k letni izpostavljenosti zaradi naravnih virov ionizirajočih sevanj^{3,4,5} in je drugi najpogostejši povzročitelj pljučnega raka takoj za kajenjem. IARC je radon leta 1988 uvrstila v skupino rakotvornih snovi. Ocenjujejo, da je vsak deseti rak na pljuči posledica radona oziroma njegovih razpadnih produktov. Zelo pomembno je zavedanje povezave med izpostavljenostjo radonu in kajenjem. Evropske študije kažejo, da je kumulativno tveganje smrti za pljučnim rakom do 75. leta starosti za nekadilce 0,41 %, za trajne kadilce pa 10,1 %. Zaradi izpostavljenosti radonu pri koncentraciji 100 Bqm⁻³ se pri nekadilcih tveganje poveča na 0,47 %, pri trajnih kadilcih pa na 11,6 %. Pri koncentraciji 400 Bqm⁻³ se tveganje pri nekadilcih poveča na 0,67 %, pri trajnih kadilcih pa na 16,03 %. Če povemo drugače, je relativno tveganje za pljučnega raka pri trajnih kadilcih 25-krat večje kot pri nekadilcih v primerih, ko niso izpostavljeni radonu. Povečano tveganje za pljučnega raka ostaja povišano še vrsto let po prenehanju kajenja.^{6,7}

V Sloveniji letno za pljučnim rakom zboli več kot 1300 ljudi ter jih 1200 umre. To pomeni, da zaradi radona v Sloveniji umre več kot 100 ljudi letno.⁸

Radon je naravni radioaktivni žlahtni plin brez barve, vonja in okusa, ki nastane v razpadni verigi naravnega urana, ki se nahaja praktično povsod v tleh. Uran razpada v torij, razpadni niz pa se nadaljuje s protaktinijem, uranom, torijem in radijem, katerega razpad vodi v radon (Slika 1).



Slika 1: Razpadni niz urana-238: torij-234, protaktinij-234, uran-234, torij-230, radij-226 in radon-222.

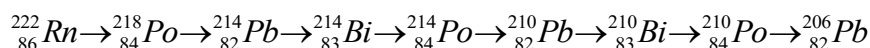
Pri radioaktivnem razpadu radon odda delce alfa, torej helijeva jedra. Število jeder, ki razpadejo v enoti časa, imenujemo aktivnost. Enota za aktivnost je 1 Bq (becquerel), kar pomeni 1 razpad na sekundo. Pogosto nas bolj kot sama aktivnost zanima koncentracija, ki jo zato merimo v enotah Bqm⁻³. Razpolovni čas radona je 3,8 dni, kar pomeni, da bi na primer njegova koncentracija v zraku 100 Bqm⁻³ padla v 3,8 dneh na 50 Bqm⁻³, v 7,6 dneh pa na 25 Bqm⁻³. Koncentracije radona so v zunanjem zraku do nekaj 10 Bqm⁻³, v notranjem zraku pa od nekaj 10 do nekaj 1000 Bqm⁻³ 6,7.

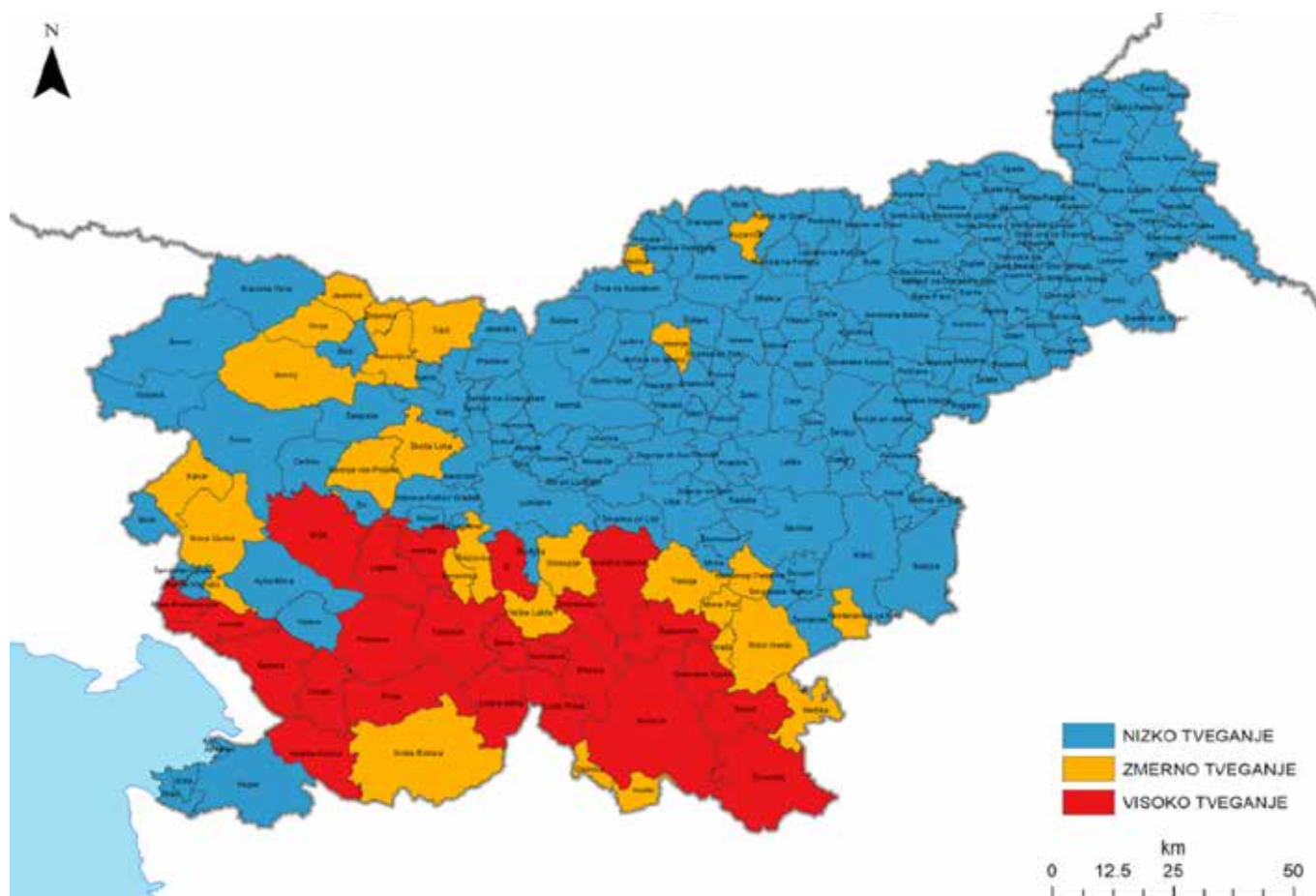
Od mesta nastanka v zemeljski skorji ali gradbenih materialih potuje radon proti površini, kjer se sprošča v ozračje oziroma se kopiči v zraku zaprtih prostorov, kot so kraške jame, rudniki in kleti v zgradbah. V zgradbe prodira skozi razpoke v betonskih tleh ali stenah, skozi špranje med talno ploščo in zidovi, ob nezadostno zatesnjenih vodovodnih in odtočnih kanalih, jaških ali drugih ceveh ter skozi vse druge morebitne odprtine. Sprošča se tudi pri uporabi plina in vode, posebej pri prhanju, vendar sta ta dva izvira običajno zanemarljiva. Vzrok za povišane koncentracije radona v zraku zaprtih prostorov so lahko tudi gradbeni materiali, če imajo povišano vsebnost radija. Na vsebnost radona v zraku zaprtega prostora torej odločilno vplivajo značilnosti tal (vsebnost urana, poroznost in tektonski prelomi), na katerih stavba stoji, ter vrsta, starost in kakovost njene izgradnje.

Pri radioaktivnem razpadu radona nastajajo produkti, ki so tudi radioaktivni. Ker so njihovi razpolovni časi krajši od 30 minut, jih imenujemo kratkoživi radonovi razpadni produkti, in sicer so to polonij, svinec in bizmut (Slika 2).

Medtem ko je radon plin, so njegovi razpadni produkti kovine in zato tvorijo v zraku radioaktivne aerosole. Čeprav je radon radioaktiven, pravzaprav ne predstavlja velike nevarnosti za človeka. Skupaj z zrakom ga sicer vdihnemo, vendar ga kot plin tudi izdihnemo. Drugače pa je z njegovimi kratkoživimi razpadni produkti, ki so vedno prisotni v zraku skupaj z radonom. Kot aerosole jih namreč pljuča odfiltrirajo od vdihanega zraka. Na steni dihalnih poti, kjer so se usedli, razpadajo in nastali delci alfa poškodujejo okoliško tkivo. Te poškodbe lahko vodijo do nastanka raka.

Slika 2: Radon razpada v polonij-218, niz pa se nadaljuje s svincem-214, bizmutom-214, polonijem 214, svincem-210, bizmutom-210, polonijem-210 in konča s stabilnim svincem-206.





Slika 3: Radonski zemljevid Slovenije z označenimi koncentracijami radona v zaprtih prostorih v Bqm^{-3} , ki so ga na podlagi rezultatov meritev v vzgojno-izobraževalnih ustanovah pripravili sodelavci Inštituta Jožef Stefan.

3 MERITVE KONCENTRACIJE RADONA V ZAPRTIH PROSTORIH

Za ustrezno izvajanje ukrepov zmanjševanja izpostavljenosti radonu je potrebno najprej izvesti pregledne meritve in ugotoviti, kje so koncentracije radona visoke. Visoke vsebnosti radona lahko pričakujemo na področjih, kjer so tla porozna in zato dobro prepustna, torej predvsem na kraških in prodnatih podlagah, nižje vsebnosti radona pa na področjih, ki so slabo prepustna, kot je to v primeru glinenih podlag. Območja z več radona se določajo po metodologiji, ki temelji na meritvah koncentracij radona v tleh, upoštevajoč različne geološke sestave, vsebnosti radija-226 v kamnini in njeni prepustnosti ter ravneh povprečnih letnih koncentracij radona v zaprtih prostorih. Na tej podlagi so bila določena območja z več radona v Sloveniji. To so ozemlja naslednjih občin: Bloke, Cerknica, Črnomelj, Divača, Dobropolje, Dolenjske Toplice, Hrpelje - Kozina, Idrija, Ig, Ivančna Gorica, Kočevje, Komen, Logatec, Loška dolina, Loški Potok, Miren - Kostanjevica, Pivka, Postojna, Ribnica, Semič, Sežana, Sodražica, Vrhnika, Žužemberk. Na sliki 3 je predstavljen zemljevid Slovenije z označenimi koncentracijami radona v Bqm^{-3} .

Prva meritev, namenjena določitvi povprečne letne koncentracije radona, se izvede v obdobju, ko se pričakuje najvišje koncentracije radona. V zaprtih prostorih se prva meritev izvede v obdobju ogrevalne sezone. Če rezultat

prve meritve koncentracije radona ne presega vrednosti referenčne ravni, se oceni, da je tveganje za zdravje zaradi radona v prostoru ali na lokaciji, kjer je bila meritev izvedena, sprejemljivo in nadaljnji ukrepi niso potrebni.

Meritev koncentracije radona je treba ponoviti, če se razmere, ki vplivajo na koncentracijo radona, spremenijo. V zaprtih prostorih te spremembe nastanejo na primer po energijski sanaciji ali po zamenjavi oken v stavbi. Če koncentracija radona, izmerjena pri prvi meritvi, presega trikratnik vrednosti referenčne ravni, se takoj preverijo možnosti skrajšanja časa zadrževanja v prostoru ali na lokaciji in se začne izvajati redno prezračevanje prostorov.

Če koncentracija radona, izmerjena pri prvi meritvi, presega vrednosti referenčne ravni, se izvede še druga meritev, in sicer v naslednjem obdobju, ko se pričakuje najnižja koncentracija radona. V zaprtih prostorih se druga meritev izvede v naslednjem poletnem obdobju. Rezultata prve in druge meritve koncentracije se uporabita za izračun povprečne letne koncentracije radona. Če je referenčna vrednost 300 Bqm^{-3} presežena⁹, je potrebno ugotoviti, kakšne so izpostavljenosti ljudi, ki se zadržujejo v teh prostorih, in izvajati ukrepe zmanjševanja izpostavljenosti, ki se izvajajo tudi, če so koncentracije nižje od referenčnih vrednosti. Oceno doz zaradi radona izvede pooblaščen izvedenec varstva pred sevanji in pri tem uporabi metodologijo, ki jo opredeli Mednarodna komisija za varstvo pred sevanji

(International Commission on Radiological Protection – ICRP)¹ ob upoštevanju razmer v teh prostorih in časa zadrževanja ali bivanja v njih.

4 OBVLADOVANJE TVEGANJ ZA ZDRAVJE ZARADI RADONA

Za obvladovanje dolgoročnih tveganj za zdravje zaradi izpostavljenosti radonu je Vlada RS sprejela Nacionalni radonski program¹⁰, s katerim je določila strategijo upravljanja povečanih izpostavljenosti zaradi radona ter vrsto in obseg meritev v okviru sistematičnega pregledovanja v javnih zgradbah in izvajanja meritev na delovnih mestih. Poseben poudarek je namenjen ozaveščanju delodajalcev, javnosti in strokovnjakov glede tveganj za zdravje, ki jih prinaša izpostavljenost radonu, in ozaveščanju o dodatnih tveganjih za kadike.

Pregledovanje delovnega in bivalnega okolja obsega ugotavljanje povprečne letne koncentracije radona in dodatne meritve koncentracije radona, meritve koncentracije njegovih razpadnih produktov in drugih parametrov ter analizo vzrokov za povečane koncentracije radona. Meritve izvede pooblaščen izvajalec meritev radona. Po izvedenih meritvah pooblaščen izvajalec meritev radona pripravi poročilo o meritvah z oceno izpostavljenosti delavcev ali posameznikov iz prebivalstva, ki vsebuje predloge za ukrepe varstva pred sevanji za zmanjšanje izpostavljenosti.

Če povprečna letna koncentracija radona presega vrednosti referenčne ravni, se najprej preveri možnosti skrajšanja časa zadrževanja v prostoru ali na lokaciji ter s tem zmanjšanja izpostavljenosti radonu. Ukrepi za skrajšanje časa zadrževanja v prostoru so lahko reorganizacija delovnih nalog in delovnega časa, premestitev delavcev ali posameznikov iz prebivalstva v druge prostore in prenehanje uporabe prostorov, v katerih so ljudje najbolj izpostavljeni. Prav tako se začne izvajati redno prezračevanje prostorov, če je to izvedljivo. Redno prezračevanje prostorov je še posebej učinkovito zjutraj, saj tako znižamo koncentracijo radona, ki se je nakopičil ponoči.

Če se na podlagi meritev in ocene doz ugotovi, da delavci ali posamezniki iz prebivalstva letno prejmejo več kot 6 mSv zaradi izpostavljenosti radonu in njegovim potomcem, je treba za zmanjšanje izpostavljenosti izvesti gradbene posege. Gradbeni posegi so namenjeni vzpostavitvi sistema za aktivno prezračevanje zemljine pod stavbo. Kot dodaten in nesamostojen ukrep se lahko izvede tudi tesnjenje talne konstrukcije, saj je kakovostna izvedba tesnjenja na detajlih pogosto težko izvedljiva. Izvajalec gradbenih posegov po zaključku del izkaže uspešnost izvedenih ukrepov s kontrolnimi meritvami, ki jih izvede pooblaščen izvajalec meritev radona. Kontrolne meritve so izvedene v takem obsegu, da se preverita uspešnost in učinkovitost izvedenih ukrepov.

Ukrepi morajo biti sorazmerni izpostavljenosti in takšni, da se ekonomsko najugodnejše doseže čim učinkovitejše in trajno zmanjšanje izpostavljenosti. Posebej je potrebno opozoriti na nestrokovno izvedbo energijskih sanacij

stavb, ki lahko ne le poslabšajo kakovost zraka v zgradbi, ampak povzročijo tudi povišanje koncentracije radona. Na področjih z visokimi koncentracijami radona v tleh bi morala biti vsaka novogradnja projektirana in zgrajena tako, da se prepreči prodiranje radona v stavbo ali omogoči prisilno prezračevanje.

Delodajalec zagotavlja meritve radona na delovnih mestih v pritličnih ali kletnih prostorih na območjih z več radona in na lokacijah, kjer je mogoče pričakovati povišane koncentracije radona, na primer v kraških in podzemnih jamah ali na drugih mestih pod zemljo, v rudnikih, toplicah, kopališčih in ob drugih vodnih virih radona ter na drugih deloviščih pod zemljo na območju celotne Republike Slovenije. Meritve radona izvajajo pooblaščen izvajalci meritev radona, pri čemer delodajalcu svetujejo o izboru in številu merilnih mest.

Izvedbo ukrepov v objektih, namenjenih izvajanju vzgojno-varstvenega, izobraževalnega, kulturnega ali zdravstvenega programa, zagotovi država. Sredstva za izvedbo ukrepov zagotovi ministrstvo, pristojno za osnovno dejavnost, ki ji je objekt namenjen, in za te namene ustrezno načrtuje predvidena proračunska sredstva. Izvedbo ukrepov v ostalih objektih zagotovi lastnik objekta. Če dejavnost vključuje izpostavljenost delavcev, izvajanje ukrepov zagotovi nosilec dejavnosti.

Relativno tveganje za pljučnega raka je pri trajnih kadilcih, izpostavljenih radonu, 25-krat večje kot pri nekadilcih v primerih, ko niso izpostavljeni radonu.



5 OZAVEŠČANJE NA PODROČJU IZPOSTAVLJENOSTI RADONU

Ozaveščanje javnosti, delodajalcev, zaposlenih in nosilcev odločanja na državni in lokalni ravni o zdravstvenih tveganjih zaradi izpostavljenosti radonu in ukrepih, kako zmanjšati koncentracije radona v zaprtih prostorih in s tem količino vdihanega radona, je ena ključnih nalog Uprave za varstvo pred sevanji. Naloge za doseg dolgoročnih ciljev zmanjševanja tveganja za pljučnega raka obsegajo¹⁰:

- » izdajanje publikacij o zdravstvenih tveganjih zaradi izpostavljenosti radonu;
- » pripravo smernic za preprečevanje vstopa radona v stavbe, vključno z identifikacijo gradbenih materialov z visoko stopnjo sproščanja radona ter za izvedbo novogradenj in sanacij objektov na območjih z več radona;
- » organizacijo seminarjev, strokovnih srečanj in delavnic o zdravstvenih tveganjih zaradi izpostavljenosti radonu;
- » opozarjanje na zagotavljanje ustrezne kakovosti zraka v notranjih prostorih, kadar se izvajajo energijske sanacije stavb;
- » vodenje zbirke podatkov o meritvah radona v zaprtih prostorih;

- » prizadevanja, da so vsebine o tveganju zaradi radona ustrezno opredeljene v strateških dokumentih za obvladovanja raka ter v programih za zdravje otrok in mladostnikov;
- » podporo raziskav, namenjenih razumevanju vplivov na zdravje, povezanih z izpostavljenostjo radonu in
- » objavljane seznama izvajalcev z znanjem in izkušnjami na področju izvedbe ustreznih novogradenj ter uspešnih sanacij zgradb.

6 ZAKLJUČEK

Radioaktivni plin radon prispeva več kot 40 % delež izpostavljenosti zaradi ionizirajočih sevanj in je povzročitelj vsakega desetega pljučnega raka. Zato se izvaja ozaveščanje prebivalstva o tveganju zaradi izpostavljenosti radonu, ugotavljanje koncentracij radona v bivalnih in delovnih prostorih ter v primerih ugotovljenih povišanih izpostavljenosti izvedbo ustreznih ukrepov, od prezračevanja prostorov do gradbenih posegov na objektih. Delodajalec zagotavlja meritve radona na delovnih mestih v pritličnih ali kletnih prostorih na območjih z več radona in na lokacijah, kjer je mogoče pričakovati povišane koncentracije radona. Novogradnje na področjih z visoko koncentracijo radona v tleh morajo biti projektirane in zgrajene tako, da se prepreči prodiranje radona v stavbo ali da se omogoči prisilno prezračevanje. ■

7 LITERATURA

1. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103, 2007.
2. Škrk D, Varstvo pred ionizirajočimi sevanji, In: Jevtič V, Šurlan M, Matela J (eds): Diagnostična in intervencijska radiologija, Splošni del. 1. izd. Maribor: Pivec, 2014. 119-140.
3. McColl N, et al. European Code against Cancer 4th Edition: Ionising and non-ionising radiation and cancer. Cancer Epidemiology 2015.
4. Poročilo o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti v Republiki Sloveniji leta 2017. Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost; Ljubljana, 2017.
5. United Nations. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2008 Report to General Assembly with Scientific Annexes, New York, 2010.
6. IAEA Safety Standards Protection of the Public against Exposure Indoors due to Radon and Other Natural Sources of Radiation, Vienna, 2015.
7. WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective, Geneva, 2009.
8. Rak v Sloveniji 2014. Ljubljana: Onkološki inštitut Ljubljana, Epidemiologija in register raka, Register raka Republike Slovenije, 2017.
9. Uradni list Evropske unije L 013, 17. januar 2014, Direktiva Sveta 2013/59/Euratom z dne 5. decembra 2013 o določitvi temeljnih varnostnih standardov za varstvo pred nevarnostmi zaradi ionizirajočega sevanja.
10. Uradni list RS, Uredba o nacionalnem radonskem programu (Uradni list RS, št. 18/18 in 86/18).

