

RADON V SLOVENIJI

Damijan Škrk

POVZETEK. Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) je leta 1988 radioaktivni plin radon uvrstila v skupino rakotvornih snovi. Radon je naravni žlahtni plin brez barve, vonja in okusa, ki nastane v razpadni verigi naravnega urana, le-ta pa se nahaja praktično povsod v tleh. Njegov prispevek k izpostavljenosti ljudi zaradi ionizirajočih sevanj je največji. 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 dalj 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, npr. glinasta.

Za obvladovanje dolgoročnih tveganj za zdravje zaradi izpostavljenosti radonu je Vlada RS sprejela Nacionalni radonski program, s katerim je določila strategijo upravljanja zvečanih 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 kadilce.

V Sloveniji letno za pljučnim rakom zbolijo več kot 1.300 ljudi ter jih skoraj 1.200 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.

IONIZIRAJOČA SEVANJA IN RAK

Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC) sistematično ocenjuje rakotvorne učinke posameznih snovi in dejavnikov, ki smo jim ljudje izpostavljeni in jih razvršča v štiri skupine, in sicer 1 (rakotvorni), 2A (verjetno rakotvorni), 2B (morda rakotvorni) in 3 (ni ustreznih dokazov). 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 povzroči v živi snovi zaporedje fizikalnih, kemičnih in bioloških procesov, ki vodijo do sprememb, katerih posledice so lahko škodljive. Izpostavljenost ionizirajočim sevanjem je lahko zunanega ali no-

tranjega 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, vdihavanje 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 je grožnja, ki se ji je treba izogniti, vendar že zaradi naravnih virov sevanja tega v popolnosti ni mogoče doseči. Poleg naravnega ozadja je vzrok za izpostavljenost lahko tudi človeškega izvora. Sem sodi uporaba virov ionizirajočih sevanj in izvajanje sevalnih dejavnosti v zdravstvu, industriji in znanosti ter uporaba jedrske tehnike. 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.

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 torej obsevanost preseže 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 pozne posledice izpostavljenosti ionizirajočim sevanjem in se kažejo v zvečanem 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 je 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 potrjeni [1].

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 in vdihavanjem (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 delež [2].

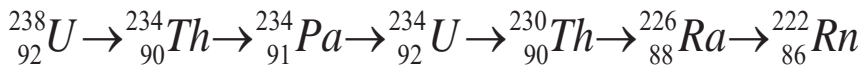
Radon v bivalnem in delovnem okolju prispeva največji delež k letni izpostavljenosti zaradi naravnih virov ionizirajočih sevanj [3–5] in je drugi najpogostejši povzročitelj pljučnega raka takoj za kajenjem. IARC je radon leta 1988 uvrstila v skupino rakotvornih snovi. Ocenjujejo, da je en primer pljučnega raka od desetih posledica radona oziroma njegovih razpadnih produktov. Posebej je pomembna povezava med hkratno izpostavljenostjo radonu in kajenju. Evropske raziskave 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 zveča na 0,47 %, pri trajnih kadilcih pa na 11,6 %. Pri koncentraciji 400 Bqm-3 se tveganje pri nekadilcih zveča 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. Večja ogroženost s pljučnim rakom ostaja še vrsto let po prenehanju kajenja [6, 7].

V Sloveniji letno za pljučnim rakom zbolijo več kot 1.300 ljudi ter jih skoraj 1.200 umre. To pomeni, da zaradi radona v Sloveniji umre več kot 100 ljudi letno [8].

RADIOAKTIVNI PLIN RADON

Radon je naravni radioaktivni žlahtni plin brez barve, vonja in okusa. Nastaja 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).



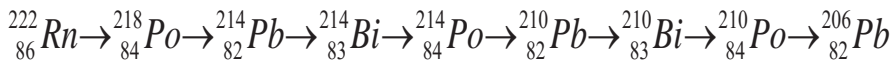
Slika 1. Razpadni niz urana-238: torij-234, protaktinij-234, uran-234, torij-230, radij-226 in radon-222

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 njena 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 1.000 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 kletni prostori 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, posebno pri prhanju, vendar sta ta dva izvira običajno zanemarljiva. Vzrok za z višane koncentracije radona v zraku zaprtih prostorov so lahko tudi gradbeni materiali, če vsebujejo več 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).



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

Medtem ko je radon plin, so njegovi razpadni produkti kovine in zato tvorijo v zraku radioaktivne aerosole. Čeprav je radon radioaktiven, pravzaprav za človeka sam ni hudo nevaren. Skupaj z zrakom ga sicer vdihamo, vendar ga kot plin tudi izdihnemo. Drugače pa je z njegovimi kratkoživimi razpadni produkti, ki so vedno v zraku skupaj z radonom. Kot aerosole jih namreč pljuča odfiltrirajo od vdihanega zraka, tako da se kopičijo na stenah dihalnih poti, kjer razpadajo naprej; nastali delci alfa povzročajo poškodbe okolnega tkiva. Te poškodbe lahko vodijo do nastanka raka.

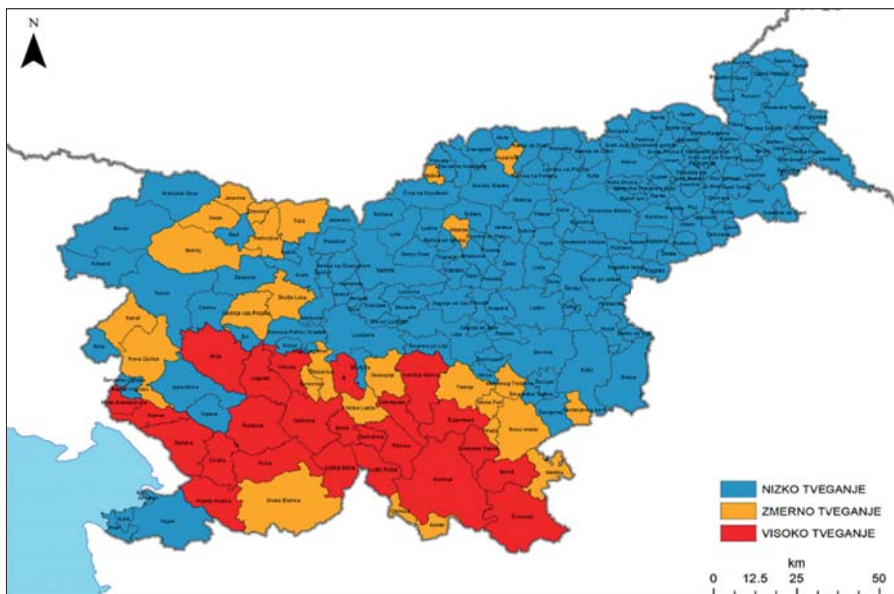
MERITVE KONCENTRACIJE RADONA V ZAPRTIH PROSTORIH

Za ustrezno zmanjševanje izpostavljenosti radonu je treba 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 so npr. glinasta.. Območja z več radona se določajo po metodi, ki temelji na meritvah koncentracij radona v tleh, upoštevajoč različne geološke sestave, vsebnosti radija-226 v kamnini in njeni prepustnosti ter ravnih 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, Dobrepolje, 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 zemljevid Slovenije z označenimi področji glede na nizko, zmerno in visoko tveganje.

Prva meritev, namenjena določitvi povprečne letne koncentracije radona, se izvede v obdobju, ko se pričakujejo 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, ki je 300 Bq m^{-3} [9], 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 se to zgodi 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 redno prezračevanje prostorov.



Slika 3. Zemljevid Slovenije glede na raven tveganja zaradi radona, ki so ga na podlagi vseh dostopnih rezultatov meritev pripravili sodelavci Inštituta Jožef Stefan

Če koncentracija radona, izmerjena pri prvi meritvi, presega vrednosti referenčne ravni, se izvede še druga meritve, in sicer v naslednjem obdobju, ko se pričakuje najnižja koncentracija radona. V zaprtih prostorih se druga meritve izvede v naslednjem poletnem obdobju. Rezultata prve in druge meritve koncentracije se uporabita za izračun povprečne letne koncentracije radona. Če je referenčna vrednost presežena, je treba ugotoviti, kakšne so izpostavljenosti ljudi, ki se zadržujejo v teh prostorih, in uvesti ukrepe za zmanjšanje izpostavljenosti, ki morajo ostati omejeni, tudi ko koncentracija pade pod referenčno vrednost. Oceno doz zaradi radona izvede pooblaščen izvedenec varstva pred sevanji in pri tem uporabi metodo, 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.

OBVLADOVANJE TVEGANJ ZA ZDRAVJE

Za obvladovanje dolgoročnih tveganj za zdravje zaradi izpostavljenosti radonu je Vlada RS sprejela Nacionalni radonski program [10], s katerim je določila strategijo upravljanja zvečanih izpostavljenosti 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 o dodatnih tveganjih za kadilce.

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 zvišane koncentracije radona. Uprava Republike Slovenije za varstvo pred sevanji (URSVS) zagotavlja sistematično pregledovanje v:

- objektih, namenjenih izvajanju vzgojno-varstvenega, izobraževalnega, kulturnega ali zdravstvenega programa;
- bivalnih prostorih, ki so v kleti ali pritličju, ali drugih prostorih, kjer je mogoče pričakovati, da povprečne letne koncentracije radona presegajo referenčne ravni, in
- zaprtih prostorih objektov, izdelanih z „nevarnih“ gradbenih materialov.

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 in 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 le 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 efektivno dozo, večjo 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. Dodatno se lahko zboljša tudi tesnjenje talne konstrukcije, če je bila ob gradnji zaradi težav v detajlih slabo napravljena. 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 treba opozoriti na nestrokovno izvedbo energetskih sanacij stavb, ki lahko ne le poslabšajo kakovost zraka v zgradbi, ampak povzročijo tudi zvišanje 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 zvišane 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 na območju celotne Republike Slovenije. Meritve radona izvajajo pooblaščen izvajalci meritev, 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 zanje zagotovi ministrstvo, pristojno za osnovno dejavnost, ki ji je

objekt namenjen, in za te namene ustrezno načrtuje predvidena proračunska sredstva. V drugih objektih jih zagotovi njihov lastnik. Če dejavnost vključuje izpostavljenost delavcev, izvajanje ukrepov zagotovi nosilec dejavnosti.

OZAVEŠČANJE O 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 Republike Slovenije za varstvo pred sevanji. Naloge za doseglo dolgoročnih ciljev zmanjševanja tveganja za pljučnega raka obsegajo [10]:

- izdajo publikacij o zdravstvenih tveganjih zaradi izpostavljenosti radonu, še posebej v povezavi s kajenjem;
- pripravo smernic za preprečevanje vdiranja 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 potrebo po zagotavljanju 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 programih za zdravje otrok in mladostnikov;
- v okviru finančnih možnosti podpiranje raziskav, namenjenih razumevanju vplivov na zdravje, povezanih z izpostavljenostjo radonu, in
- objavljanje seznama izvajalcev z znanjem in izkušnjami na področju izvedbe ustreznih novogradenj ter uspešnih sanacij zgradb.

Uprava Republike Slovenije za varstvo pred sevanji vodi zbirko podatkov o meritvah radona. Podatki se v zbirki vodijo in obdelujejo zaradi zagotavljanja nadzora nad izpostavljenostjo delavcev in prebivalcev in ocene prejetih doz ter za načrtovanje in optimizacijo ukrepov varstva pred sevanji zaradi radona.

ZAKLJUČEK

Radioaktivni plin radon prispeva več kot 40-odstotni delež izpostavljenosti zaradi ionizirajočih sevanj in je povzročitelj enega od deset primerov pljučnega raka. Zato se prebivalstvo ozavešča o tveganju zaradi izpostavljenosti radonu, ugotavlja koncentracija radona v bivalnih in delovnih prostorih ter se v primerih ugotovljenih prevelikih izpostavljenostih izvajajo ustrezni ukrepi, od prezračevanja prostorov do gradbenih posegov na objektih. Novogradnje na področjih z visoko koncentracijo radona v tleh morajo biti projektirane in zgrajene tako, da se prepreči prodiranje radona v stavbo ali omogoči prisilno prezračevanje. Posegi v zgrajeni objekt, ki bi lahko vplivali na koncentracije radona v objektu, morajo biti načrtovani in izvedeni tako, da zaradi njih kasneje ne bodo potrebni ukrepi za nižanje koncentracije radona. Namen izvajanja ukrepov za zmanjševanje izpostavljenosti radonu je uspešno prispevati k obvladovanju pljučnega raka v Sloveniji.

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 (editors). Diagnostična in intervencijska radiologija Splošni del. 1st ed. Maribor: Pivec, 2014: 119–40.
3. McColl N, Auvinen A, Kesminiene A, Espina C, Erdmann F, de Vries E, et al. European Code against Cancer. 4th ed: Ionising and non-ionising radiation and cancer. *Cancer Epidemiol* 2015; 39 (Suppl 1): S93–100.
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 Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing 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: 112 pp.
7. WHO handbook on indoor radon: A public health perspective. Zeeb H, Shannoun F (editors). Geneva, 2009, 100 pp.
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. Uredba o nacionalnem radonskem programu. Ur I RS, št. 18/18 in 86/18.