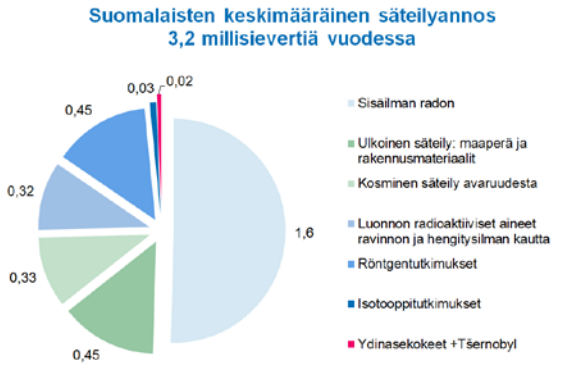
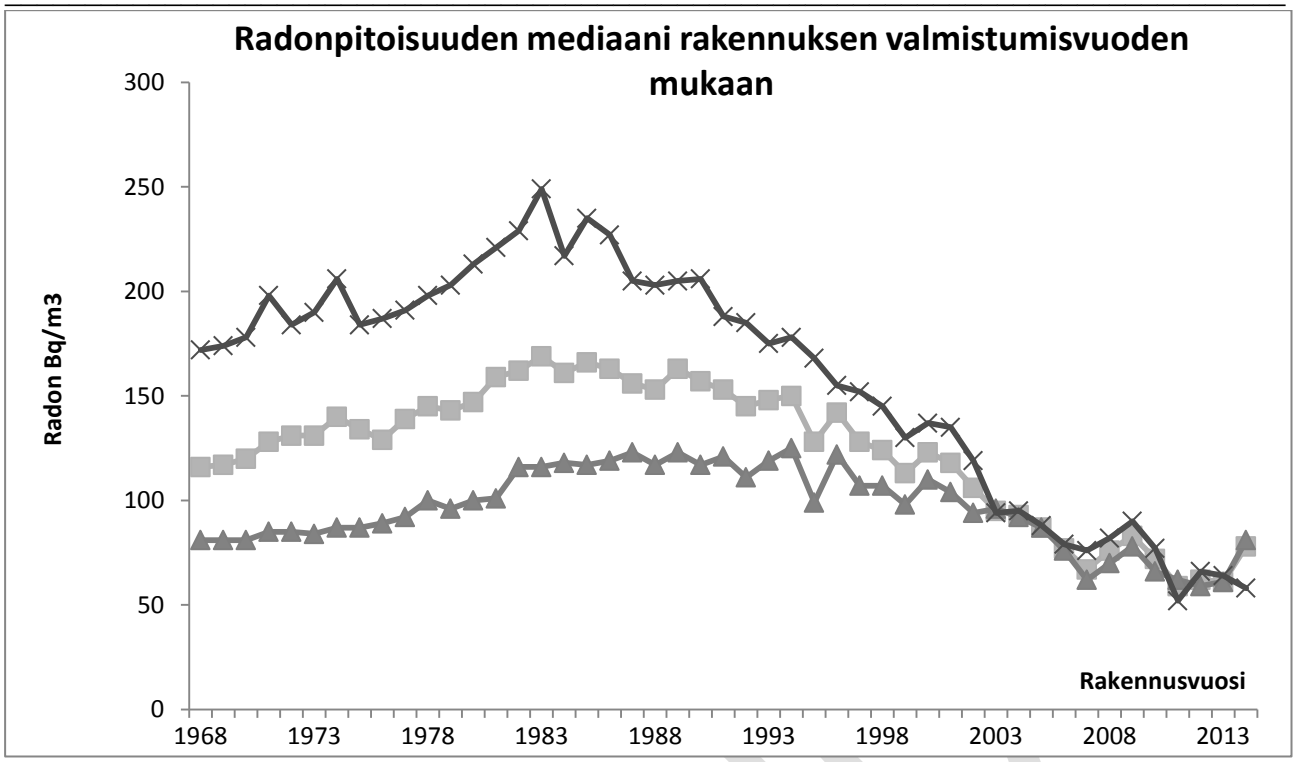
Kansallinen toimintasuunnitelma radonriskien ehkäisemiseksi (KATORRE) – ilman radonia terveempi elämä

Sisäilman radon on tavalliselle suomalaisille merkittävin säteilyaltistuksen aiheuttaja. Radon on ihmiselle kiistatta syöpävaarallinen ja se on tupakoinnin jälkeen toiseksi merkittävin tunnettu keuhkosyövän aiheuttaja. Radon on tupakoimattomille merkittävin keuhkosyövän aiheuttaja. Radonaltistuminen lisää erityisesti tupakoijien keuhkosyöpäriskiä. Radonin arvioidaan aiheuttavan noin 280 keuhkosyöpäkuolemaa maassamme vuosittain. Suurin osa näistä kuolemista voitaisiin välttää lopettamalla tupakointi ja vähentämällä altistumista radonille. Koska radonpitoisuutta kotona ja työpaikoilla voidaan vähentää erilaisin käytännön toimenpitein, voivat ihmiset vaikuttaa itse siihen, kuinka paljon he altistuvat radonille. Säteilysuojelun perusnormidirektiivikin edellyttää, että jäsenmailla on viestintästrategia, jolla lisätään väestön, paikallisviranomaisten, työntekijöiden sekä työnantajien tietoisuutta radonin aiheuttamista riskeistä.



Suomalaisten keskimääräinen säteilyannos vuodessa.

Radonpitoisuus selviää vain mittaamalla ja mittaaminen on helppoa. Radonpitoisuus on mitattu kuitenkin vain arviolta hieman yli 10 %:ssa suomalaisia pientaloasuntoja. Työpaikkojen ja muiden oleskelutilojen radonpitoisuudet tunnetaan vieläkin huonommin. Radonaltistus pienenee tehokkaasti, kun kaikkien uusien asuin- ja työpaikkarakennusten sekä julkisten rakennusten suunnittelussa ja rakentamisessa otetaan radonriskit huomioon. Kun radontorjunta toteutetaan suunnittelussa ja rakentamisessa, vähennetään radonkorjausten tarvetta tulevaisuudessa. Valvonnan, ohjeistuksen ja rakennuskäytäntöjen seurauksena uusien rakennusten sisäilman radonpitoisuudet ovatkin jatkuvasti pienentyneet ja tätä suotuisaa kehitystä on syytä edistää ja seurata. Jos rakennuksessa mitataan korkea radonpitoisuus, sinne voidaan tehdä radonkorjaus. Radonkorjaus on yleensä helppo ja suhteellisen edullinen remontti. Panostus radonturvallisuuteen on kustannustehokasta etenkin korkeiden radonpitoisuuksien alueilla sekä uusissa rakennuksissa.



Pientalojen viimeksi mitattujen radonpitoisuuksien mediaanit rakennusvuoden mukaan korkeiden radonpitoisuuksien maakunnissa (rasti) (Etelä-Karjalan, Kanta-Hämeen, Kymenlaakson, Pirkanmaan, Päijät-Hämeen ja entisen Itä-Uudenmaan maakunnissa) ja muissa maakunnissa (kolmio) sekä koko Suomessa (neliö). Pitoisuudet on otettu suoraan STUKin radontietokannasta, joten mittaukset korkeissa radonpitoisuuksissa ovat yliedustettuja.

Suomen kansallisen toimintasuunnitelman radonriskien ehkäisemiseksi pitkän aikavälin merkittävimmät tavoitteet vuoteen 2040 mennessä

1. **Radonista aiheutuva keuhkosyöpäriski on pienentynyt nykyisestä**
2. **Radonaltistus on pienentynyt nykyisestä**
3. **Sisäilman radonpitoisuudet tunnetaan nykyistä paremmin**
4. **Radonriskitietoisuus on lisääntynyt**

LUONNOS

Tavoite	Miten tavoitteisiin päästään?	Miten tavoitteen toteutuminen mitataan?
Radonista aiheutuva keuhkosyöpäriski on pienentynyt	Radonaltistuminen pienenee ja tupakointi vähenee	Voidaan todeta laskennallisesti radonaltistumisen ja tupakointitietojen perusteella
Radonaltistus on pienentynyt asunnoissa, julkisissa tiloissa ja työpaikoilla	Uudet rakennukset rakennetaan radonturvallisiksi ja vanhat rakennukset mitataan ja korjataan	STUK tekee asuntojen radonista kyselyjä ja otantoja sekä kohdennettua valvontaa työpaikoille
Sisäilman radonpitoisuudet tunnetaan	Kansallista radontietokantaa kehitetään kattavammaksi (mittauksia lisätään) ja avoimemmaksi ja hyödynnetään digitalisaatiota	Kansallisen radontietokantaan syötettyjen radonmittausten määrä
Radonriskitietoisuus on lisääntynyt	Toteutetaan tehokasta ja vaikuttavaa viestintää kaikille kohderyhmille	Mitattujen asuntojen määrä, käyntien määrä STUKin radonnettisivuilla ja radonriskitietoisuuden taso kyselyn perusteella

Tärkeimmät toimintasuositukset[1]

1. Suomessa tehdään tehokasta ja kohdennettua radonriskiviestintää monille eri kohderyhmille.
2. Olemassa olevien asuntojen sisäilman radonpitoisuuden viitearvoksi asetetaan 300 Bq/m^3 ja uusien rakennusten ohjeelliseksi suunnitteluperusteeksi tavoitearvo 150 Bq/m^3. Myös muissa oleskelutiloissa, joihin kansalaisilla on pääsy, sovelletaan asuntojen radonpitoisuuden toimenpiderajaa. Tavoitteena on kuitenkin pyrkiä niin alhaiseen sisäilman radonpitoisuuteen kuin käytännöllisin toimin on mahdollista.
3. Työpaikkojen sisäilman radonpitoisuuden viitearvoksi asetetaan 300 tai 400 Bq/m^3. Radonpitoisuus voi olla korkeampi, jos tilassa työskennellään normaalityöaikaa vähemmän.
4. Radontorjunta tehdään kaikkiin uusiin asuin- ja työpaikkarakennuksiin sekä julkisiin rakennuksiin ja oleskelutiloihin koko maassa.
5. Sisäilman radonpitoisuus mitataan käyttöönoton jälkeen kaikissa uusissa asuin- ja työpaikkarakennuksissa sekä julkisissa rakennuksissa.
6. Kaikissa viitearvon ylittävissä rakennuksissa tehdään radonkorjaus.
7. Kaikki työpaikkojen ja muiden oleskelutilojen sekä asuntojen radonmittaustulokset ilmoitetaan sähköisesti kansalliseen radontietokantaan, jotta siitä tulisi mahdollisimman edustava (digiloikka). Tämä käytäntö vaatisi selvityksen ja lakimuutoksia.
8. Tarvittavat sisäilman radonmittaukset ja radonkorjaukset tehdään kouluissa ja päiväkodeissa.

[1] Enemmän toimintasuosituksia on esitetty taustadokumentissa kappaleiden lopussa.

9. Asuntokaupan yhteydessä esitetään sisäilman radonmittaustulokset tai mittauksista sovitaan.
10. Säteilyaltistuksen seurannassa olevien työntekijöiden altistumisen seuranta järjestetään nykyistä joustavammin ja selvitytetään mahdollisuudet ottaa käyttöön annostarkkailuun hyväksytyt henkilökohtaiset radonmittarit (norminpurku).

LUONNOS

Sisältö

TAUSTADOKUMENTTI *5*
Sisältö *5*
Käytetyt termit *7*
Aikataulu *9*
1. Taustaa *10*
Rakennusten sisäilman radonpitoisuudet eri vuosikymmeninä **10**
Radon asunnoissa **11**
Radon työpaikoilla **14**
Altistuksen seuranta (annokset työntekijöille) **17**
Radon ja keuhkosyöpäriski **18**
2. Radonin mittaamismenetelmät *19*
Radonpurkkimittauksen kesto, mittauskausi ja vuosikeskiarvon arvioiminen **21**
Maanalaisten työpaikkojen (oma)valvonta **22**
Maaperän radonkaasun pitoisuudet ja tuottomittaukset **22**
Toimintasuositukset **23**
3. Radonkartoitus *23*
Kansallinen radontietokanta **23**
Otantatutkimukset **25**
Radonriskialueet **26**
Toimintasuositukset **26**
4. Radonvalvonta ja viitearvot *27*
Mittausvelvoitteet ja –suositukset **27**
Sisäilman radonpitoisuuksien viitearvot **28**
Nykyiset säädökset 28
Viitearvot BSS-direktiivissä 28
Vaikutusarviot ehdotettujen viitearvojen vaikutuksista 30
Radonin aiheuttama annos **33**
Radon ympäristön säteilyvalvontaohjelmassa **35**
Toimintasuositukset **35**
5. Sisäilman radonpitoisuuden pienentäminen *36*
Uusien rakennusten radonturvallisuus **36**
Radonkorjaukset **38**
Radonkorjaajien pätevyys ja hyväksyntämenettely **40**
Rakennusmateriaalit ja talousvesi sisäilman radonin lähteenä **41**
Toimintasuositukset **41**
6. Riskiviestintä ja kannustimet sekä liittymäpinnat muihin kansallisiin ohjelmiin *42*
Radonmittauksiin, -torjuntaan ja –korjauksiin kannustaminen ja rahoitus **42**
Kenelle radonriskiviestintää kohdennetaan? **43**

LIONOS

Viestintäkanavat **44**
Liittymäpinnat muihin kansallisiin ohjelmiin **44**
Toimintasuositukset **46**
7. Pitkän aikavälin tavoitteet radonaltistuksesta aiheutuvan keuhkosyöpäriskin pienentämiseksi ***47***
Viitteet ***47***
LIITE 1. Eri toimijoiden roolit/vastuut radonasioissa ***50***
Viranomaiset **50**
Muut kuin viranomaiset **53**
LIITE 2. Ehdotus sidosryhmäkuulemisista ***55***
1. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisäilman radonpitoisuudet **55**
2. Työpaikkojen radonvalvonta **55**
3. Radontorjunta ja –korjaukset **56**
LIITE 3. Taustatietoa annoslaskennasta ***57***
LIITE 4. Miten kansallinen toimintasuunnitelma radonriskien ehkäisemiseksi vastaa Neuvoston direktiivi 2013/59/Euratom (BSS direktiivin) liitteen XVIII edellyttämiä kohtia ***59***

LUONNOS

Käytetyt termit

ALARA Optimointiperiaate (ALARA-periaate, As Low As Reasonably Achievable). Säteilyaltistus pyritään saamaan niin pieneksi kuin kohtuudella on mahdollista.

Altistus. Altistus kuvaa numeerisesti määrää, kestoa tai tiheyttä tilanteesta, jossa ihminen altistuu jollekin haitalliselle tekijälle. Radonin tapauksessa altistus on radonpitoisuuden keskiarvo ajanjaksolla kerrottuna ajanjakson pituudella. Esim. 1650 tunnin altistuminen keskimääräiselle radonpitoisuudelle 400 Bq/m^3 vastaa 660 000 Bqh/m^3 altistusta.

Aktiivisuus, Aktiivisuuspitoisuus. Aktiivisuus on suure, joka kuvaa ydinmuutosten määrää tiettynä aikavälinä jaettuna tällä aikavälillä. Sen yksikkö on becquerel (Bq). Radonin aktiivisuuspitoisuus ilmaistaan yksikkönä becquereliä kuutiometrissä ilmaa (Bq/m^3) tai becquereliä litrassa vettä (Bq/l).

Annos. Annos on suure, joka kuvaa säteilyn haitallista vaikutusta kehon osaan tai koko kehoon. Sen yksikkö on sievert (Sv). *Ekvivalenttiannos* kuvaa säteilyn haitallista vaikutusta elimeen tai kudokseen. *Efektiivinen annos* kuvaa taas säteilyn haittavaikutuksia koko kehoon. Tässä raportissa 'annos' tarkoittaa efektiivistä annosta, mikäli ei muutoin ole eritelty. *Kollektiivinen annos* on määritellyn ihmisryhmän yksilöiden saamien efektiivisten annosten summa.

Annosmuuntokerroin. Kerroin, jolla altistus muunnetaan annokseksi. Annosmuuntokertoimen yksikkö on esim. mSv/working level month WLM (ks. myös WLM, Altistus ja Annos).

Becquerel, Bq. Radioaktiivisuuden yksikkö, joka on yksi ydinmuutos sekunnissa (s^{-1}).

Dosimetri. Mittalaite, jolla mitataan altistusta. Henkilökohtainen radondosimetri on laite, joka rekisteröi radonaltistuksen. Se voi olla esim. alfasäteilylle herkkään filmiin perustuva yksinkertainen laite.

ICRP. Kansainvälinen säteilysuojelutoimikunta (International Commission on Radiological Protection, ICRP) kehittää ja ylläpitää kansainvälistä säteilysuojelujärjestelmää. ICRP:n säteilysuojelujärjestelmää käytetään maailmanlaajuisesti yhteisenä perustana standardeille, lainsäädännölle, viranomaisohjeille ja -ohjelmille sekä hyville käytännöille. Annosmuuntokertoimien ylläpito ja tarkentaminen on osa ICRP:n toimintaa.

Muu oleskelutila (tai julkinen tila). Tällä tarkoitetaan tilaa, johon ihmisillä on tyypillisesti vapaa pääsy tai se on julkisesti ylläpidetty tila. Muun oleskelutilan määritelmänä sovelletaan Suomen rakentamismääräyskokoelma D2:n (http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf) määritelmää erilaisista oleskelutiloista käyttötarkoituksen mukaan. Tämän mukaan muita oleskelutiloja ovat oppilaitokset, ravintolat ja hotellit, myymälät ja teatterit, urheilutilat, uimahallit ja kasarmit ja hoitolaitokset. Lisäksi muita oleskelutiloja ovat esimerkiksi liikenneasemat, näyttelyihin käytettävät tilat, kirjastot ja kirkot. Ohjeessa ST 12.1 on vastaavista tiloista käytetty termiä "julkinen tila".

Potentiaalinen alfaenergia. Radonin hajoamistuotteen alfaenergia siihen asti kunnes se on hajonnut lyijy-210:ksi.

Radon. Radonilla tarkoitetaan radonin isotooppia radon-222, jonka puoliintumisaika on 3,8 päivää. Radonin muut luonnolliset isotoopit, radon-220 (toron) ja radon-218 (aktinon) ovat hyvin lyhytikäisiä, joten niiden pitoisuudet rakennusten sisäilmassa ovat pieniä eikä niille ole asetettu viitearvoja.

Radonimuri. Radonkorjausmenetelmä, jossa talon alta imetään ilmaa. Tällöin radonpitoisen huokosilman

virtaaminen asuntoon vähenee huomattavasti ja rakennuksen sisäilman radonpitoisuus pienenee.

Radonkaivo. Radonkorjausmenetelmä, jossa talon ulkopuolelta 4–5 metrin syvyydestä hiekka- tai soramaasta imetään ilmaa.

Radonputkisto. Radontorjuntamenetelmä, jossa uuden talon rakentamisen aikana lattian alle asennetaan salaojaputkea sepelikerrokseen.

Sievert. Ks. *Annos*

Tasapainotekijä. Radonin hajoamistuotteista koostuvan aerosoliseoksen potentiaalisten alfaenergioiden summan suhde tilanteeseen, jossa radonin hajoamistuotteet ovat täydellisessä tasapainossa radonkaasun kanssa.

Working level month (WLM). Radoniin liittyvä altistuksen yksikkö. WLM vastaa 170 tunnin oleskelua radonpitoisuudessa 9400 Bq/m^3, kun tasapainotekijän arvo on 0,4.

LUONNOS

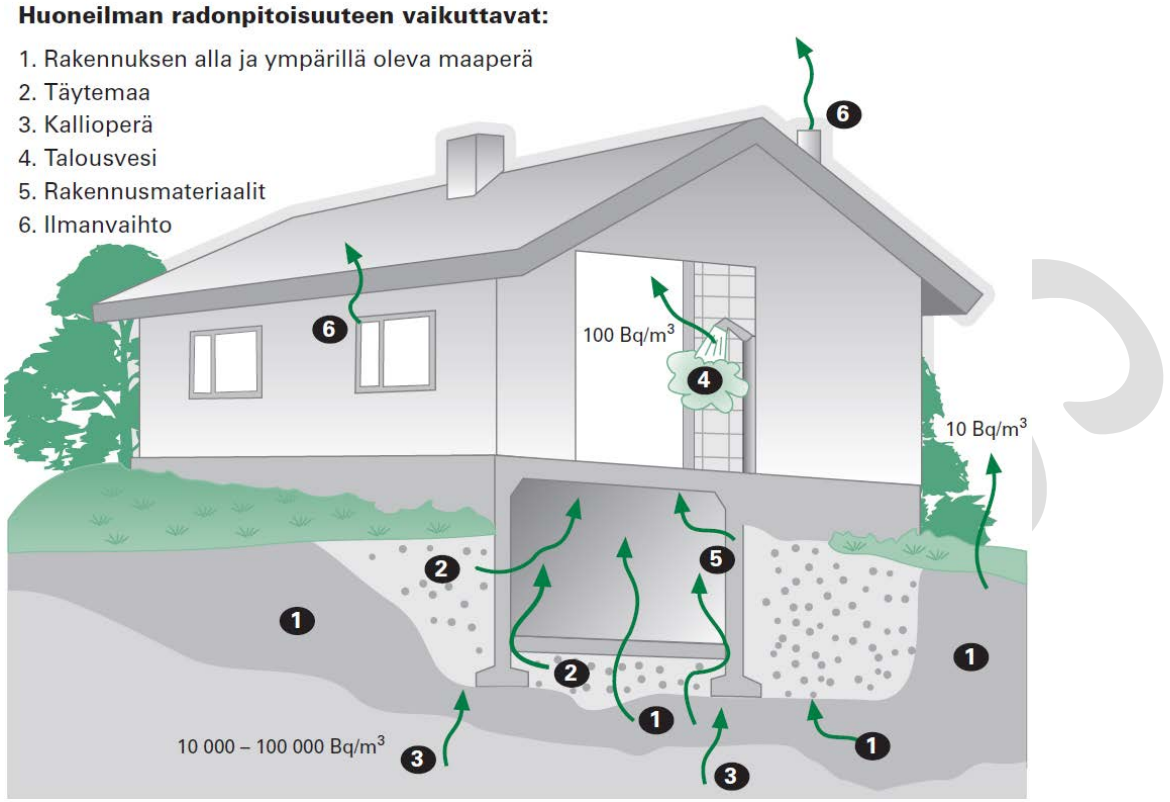
Aikataulu

- 6.2.2018 mennessä EU:n säteilysuojeludirektiivin edellyttämä radonaltistuksesta aiheutuvia pitkän aikavälin riskejä koskeva kansallinen toimintasuunnitelma on oltava valmis ja sen toimeenpano on aloitettava. Valtioneuvostokäsittely valmis / esim. VN periaatepäätös.
- Vuodesta 2019 alkaen raportointi toimintasuunnitelman toimintasuositusten toteutumisesta. STUK kokoaa raportit.
- Vuodesta 2020 lähtien toimintasuunnitelma katselmoidaan ja päivitetään viiden vuoden välein.

LUONNOS

1. Taustaa

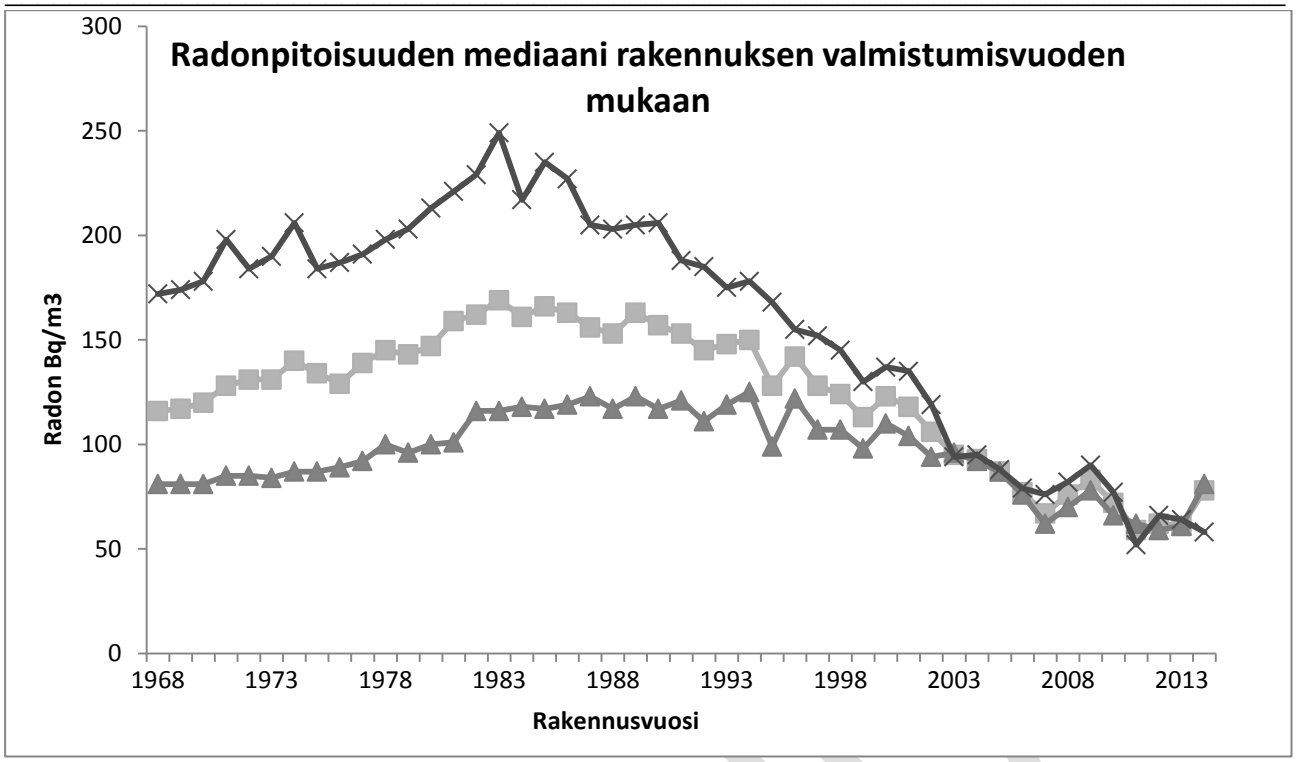
Radon (^{222}Rn) on luonnossa esiintyvä radioaktiivinen jalokaasu, jota muodostuu jatkuvasti maaperän uraanista. Maaperästä radon kulkeutuu sisäilmaan rakennuksen perustuksissa olevien rakojen kautta (Kuva 1). Jotkin rakennusmateriaalit sekä radonpitoinen talousvesi tuottavat myös radonia sisäilmaan. Suomessa rakennusten sisäilman radonpitoisuudet ovat maailman korkeimpia johtuen maaperästä, rakentamistavasta ja ilmastosta.



Kuva 1. Sisäilman radonpitoisuuteen vaikuttavat tekijät.

Rakennusten sisäilman radonpitoisuudet eri vuosikymmeninä

Talonrakennuksessa maanvarainen lattialaatta alkoi yleistyä 1960- ja 1970-luvulla, mikä näkyi asuntokannan keskimääräisen radonpitoisuuden kasvuna. Samaan aikaan talojen ulkovaippoja alettiin tehdä tiiviimmiksi, jolloin ilma vaihtui asunnoissa huonommin. Painovoimainen ilmanvaihto oli yleisin ilmanvaihtotapa aina 1980-luvun alkuun asti. Koneellinen ilmanvaihto yleistyi sen jälkeen. Korvausilmaventtiilit tulivat pakollisiksi vuonna 1987, mikä on voinut pienentää sisäilman radonpitoisuuksia. Vuodesta 2004 lähtien lähes kaikkiin uusiin rakennuksiin on asennettu tulo- ja poistoilmavaihtokone energiamääräysten vuoksi. Ensimmäiset radontorjuntatutkimukset uudisrakentamisessa tehtiin 1980-luvulla ja ensimmäinen radontorjuntaohje julkaistiin 1993. Näiden seurauksena alettiin vaatia radontorjuntatoimenpiteitä jo rakentamisvaiheessa korkeiden radonpitoisuuksien alueilla. Pientalojen radonpitoisuudet alkoivatkin laskea 1980-luvun puolivälissä rakennetuissa pientaloissa etenkin korkeiden radonpitoisuuksien maakunnissa (Kuva 2).



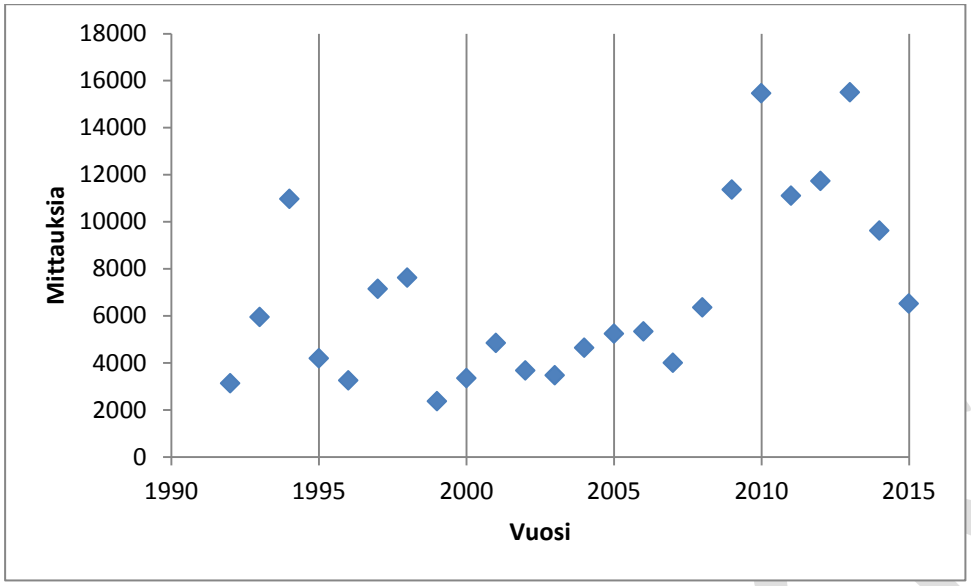
Kuva 2. Pientalojen viimeksi mitattujen radonpitoisuuksien mediaanit rakennusvuoden mukaan korkeiden radonpitoisuuksien maakunnissa (rasti) (Etelä-Karjalan, Kanta-Hämeen, Kymenlaakson, Pirkanmaan, Päijät-Hämeen ja entisen Itä-Uudenmaan maakunnissa) ja muissa maakunnissa (kolmio) sekä koko Suomessa (neliö). Aineisto on otettu suoraan STUKin radontietokannasta, joten mittaukset korkeissa radonpitoisuuksissa ovat yliedustettuja.

Maanvarainen lattialaatta on pääasiallinen syy kohonneisiin sisäilman radonpitoisuuksiin, jos lattian ja seinän välistä rakoa ei ole tiivistetty. Myös muilla alapohjarakenteilla esiintyy kohonneita radonpitoisuuksia, mutta ne ovat harvinaisempia. Keskimäärin suurimmat pitoisuudet ovat rinnetaloissa ja kellarillisissa taloissa, joissa on kevytsoraharkoista tehtyjä maanvastaisia seiniä (STUK A244).

Radon asunnoissa

Asuntojen sisäilman radonpitoisuuden valvonta kuuluu terveydensuojeluviranomaiselle. Säteilyturvakeskuksen (STUK) ylläpitämään kansalliseen RAMI-tietokantaan oli kirjattu tiedot noin 180 000 radonmittauksesta, jotka oli tehty suomalaisissa asunnoissa kesään 2016 mennessä (Kuva 3). RAMIn avulla hoidetaan STUKin radonmittauslaboratorion tilausten ja tulosten hallinta. RATIKKA-tietokannassa oli kirjattu kesään 2015 mennessä tiedot 220 000 mittauksesta, jotka on tehty 124 000 pientaloasunnossa. RATIKKA-tietokantaa käytetään radontilastojen ja -karttojen laatimiseen. RATIKKAan siirretään RAMIsta radonmittaustulokset ja lisäksi tallennetaan lisätietoja asunnoista. RATIKKA-tietokantaan on viety tietoja asuntomittauksista ennen RAMI-tietokannan käyttöönottoa, minkä vuoksi siinä on enemmän mittaustuloksia.

STUKin lisäksi myös yksityiset toimijat mittaavat sisäilman radonpitoisuuksia, joista radontietokannassa ei ole tietoja. Radonmittausten kysyntä vaihtelee vuosittain paljon (RATIKKA-tietokannasta viimeisimmän asunnossa tehdyn mittauksen perusteella 31 %:ssa radonpitoisuus ylitti 200 Bq/m^3 (Kuva 4 ja Taulukko 1).



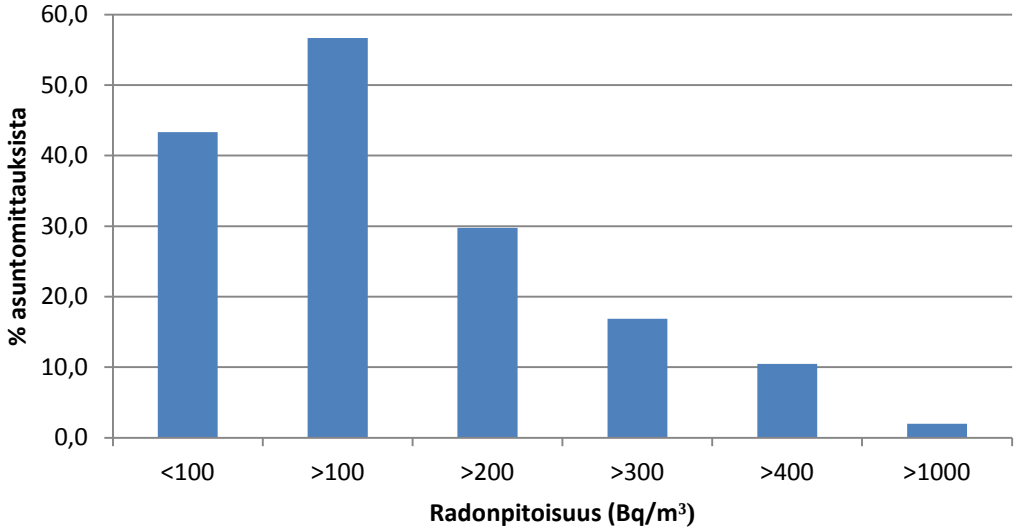
Kuva 3. STUKissa tehtyjen asuntojen radonmittausten määrät vuosittain.

Taulukko 1. Kansallisen radontietokannan (RATIKKA -tietokannasta mittaukset kesään 2015 saakka) ja vuonna 2006 tehdyn valtakunnallisen otannan tunnuslukuja sisäilman radonista asunnoissa, väestön altistumisesta ja radonpitoisuuden ylitysosuuksista.

	Kansallinen radontietokanta 2015	Otanta 2006
Radonpitoisuus kaikissa asunnoissa, keskiarvo	94 Bq/m^3[3(2)]	96 Bq/m^3
Radonpitoisuus kaikissa asunnoissa, mediaani	120 Bq/m^3	56 Bq/m^3
Keskimääräinen radonpitoisuus, jolle suomalainen altistuu kotonaan[1]	105 Bq/m^3[3(2)]	94 Bq/m^3
> 200 Bq/m^3	31 %	10 %
> 300 Bq/m^3	19 %	-
> 400 Bq/m^3	12 %	3 %

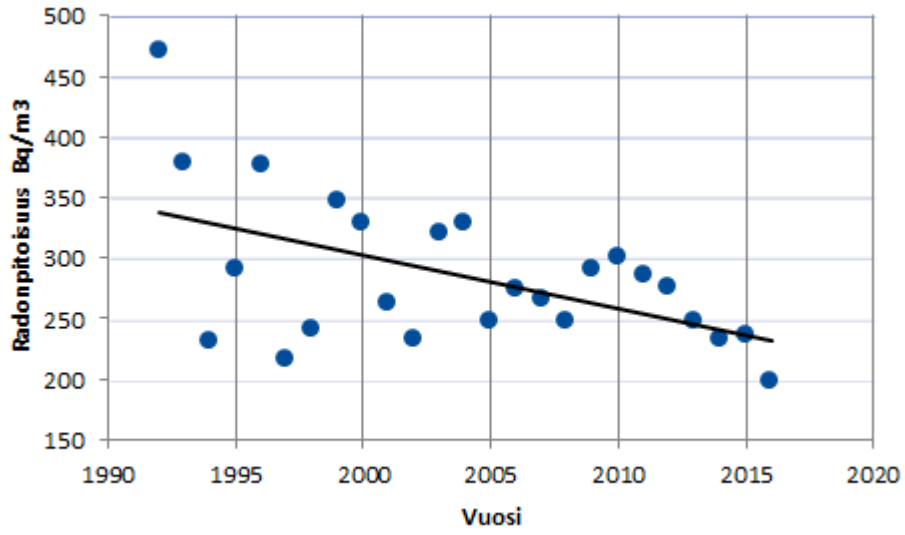
[1] Tässä on arvioitu, että pientaloissa asuu keskimäärin 2,4 henkilöä ja kerrostaloissa 1,6 henkilöä (stat.fi).

[2] Painotettu arvo, jossa on huomioitu asuntotiheys alueellisen mittausaktiivisuuden eroista johtuvan vääristymän korjaamiseksi eri Suomen alueilla. Kussakin postinumerossa mitattujen asuntojen radonpitoisuuskeskiarvoa on painotettu postinumerossa sijaitsevien asuntojen kokonaismäärällä.



Kuva 4. Sisäilman radonpitoisuuksien ylitysosuuksien jakauma, sekä alle 100 Bq/m^3 alittavien osuus asunnoissa kansallisessa radontietokannassa (RATIKKA).

Radontietokantoihin tallennetut tiedot pitoisuuksista yliarvioivat koko Suomen radonpitoisuuksia, koska korkeiden radonpitoisuuksien alueilla asuntoja mitataan enemmän kuin muualla. Tunnuslukuja voidaan laskea huomioiden alueellinen mittausaktiivisuus, jolloin mitattujen asuntojen radonpitoisuuskeskiarvoa painotetaan alueella sijaitsevien asuntojen kokonaismäärällä. Käytetystä laskentatavasta ja mittaustietojen lähteestä riippuen, pitoisuutta tai altistumista kuvaavat tunnusluvut vaihtelevat (Taulukko 1). Kansallisesta radontietokannasta suoraan otetut radonpitoisuudet ovat viime vuosina olleet hieman matalampia kuin aikaisemmin (Kuva 5). Radonpitoisuuksien tilastoihin on vaikuttanut paljon se, millä alueilla on järjestetty radonkampanjoita tai millaisia radontutkimuksia STUK on tehnyt. Radonmittausten alkuvuosina keskityttiin alueisiin, joissa oli hyvin korkeat sisäilman radonpitoisuudet ja nyt ne on pääosin saatu korjattua.

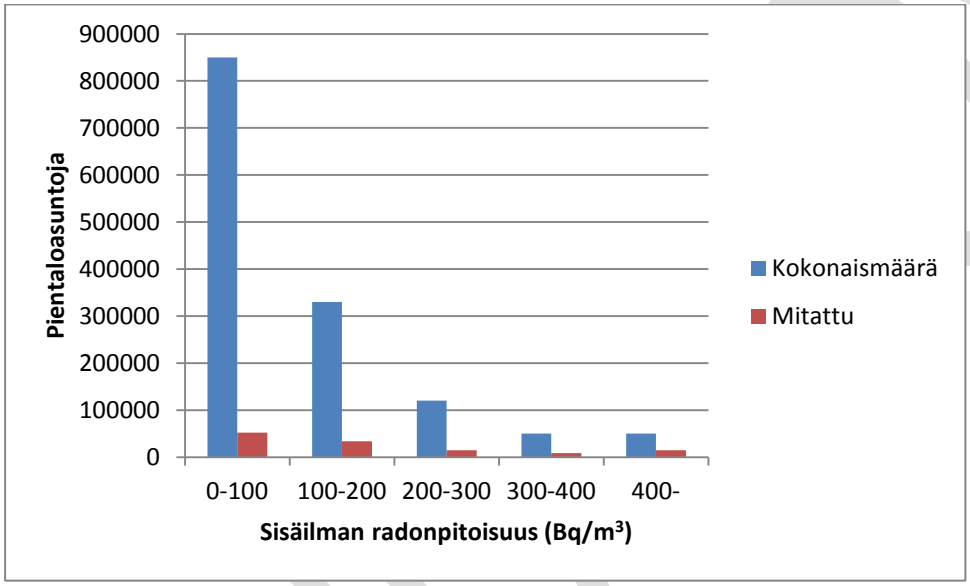


Kuva 5. RAMI-tietokannasta korjaamattomat radonpitoisuuksien keskiarvot vuosittain. Aineistossa jokainen mittaustulos on esitetty, joten esim. korjatusta asunnosta saattaa olla tuloksia ennen ja jälkeen korjauksen. Radonpitoisuudet vaihtelevat riippuen mm. siitä, millä alueilla radonkampanjoita on järjestetty.

Keskimääräinen radonpitoisuus, jolle suomalaiset altistuvat asunnoissa, ei muutu kovin nopeasti, koska asuntokanta muuttuu hitaasti. Myös asuntotyyppien osuudet asuntokannasta muuttuvat hitaasti; vuonna 1985 kerrostaloasuntoja oli 43 % kaikista asunnoista ja vuonna 2015 osuus oli 44 % (SVT, 2016). Rakennusvaiheen radontorjuntatoimenpiteet alentavat radonpitoisuuksia merkittävästi, mutta asuntokannan uudistumisnopeuden vuoksi kollektiivinen annos radonista pienenee hitaasti.

2000-luvun alussa radonpitoisuus suomalaisen kodissa oli keskimäärin 96 Bq/m^3 laskettuna vuoden 2006 otantatutkimuksesta. Vuonna 2011 väestön keskimääräiseksi sisäilman radonpitoisuudeksi arvioitiin 95 Bq/m^3 ja vuonna 2015 sen arvioitiin olevan hieman alle 94 Bq/m^3.

Vuonna 2015 arvioitiin Suomessa olevan yli 200 000 pientaloasuntoa, joissa sisäilman radonpitoisuus ylitti 200 Bq/m^3 (Kuva 6). Näistä on STUKin mittauksissa löydetty noin 20 %.



Kuva 6. Arvio suomalaisten pientaloasuntojen määristä ja sisäilman radonpitoisuuksista (tilannearvio vuonna 2015). Pientaloja oli kaikkiaan 1,4 miljoonaa. STUKin mittaamat pientalot radonpitoisuusluokittain (punaiset pylväät)

Radon työpaikoilla

Työpaikkojen sisäilman radonpitoisuuden valvova viranomainen on STUK. Työpaikkojen radonvalvonnassa jaetaan työpaikat maanalaisiin kaivoksiin ja louhintatyömaihin sekä tavanomaisiin työpaikkoihin, koska olosuhteet ja valvontatoimenpiteet poikkeavat niissä merkittävästi.

Tavanomaisten työpaikkarakennusten radonpitoisuusmittausten tuloksia on tallennettu STUKissa tietokantaan vuodesta 1991 lähtien. Työpaikkarakennuksissa noin 4 000 toiminnanharjoittajaa on tehnyt noin 35 000 mittausta (Taulukko 2). Radonpitoisuuden 300 Bq/m^3 ylitti 18 % mittauksista ja 400 Bq/m^3 ylittyi 13 %:ssa mittauksista. Mittausten määrä on kuitenkin niin rajallinen, että monissa kunnissa pitoisuusarvio perustuu vain muutamiin mittauksiin. Työpaikkamittauksissa radontietokannan tiedot ovat erittäin vahvasti vääristyneet siten, että korkeita radonpitoisuuksia on paljon, eikä tulos nykyisellään kuvaa suomalaisten työpaikkojen keskimääräisiä radonpitoisuuksia.

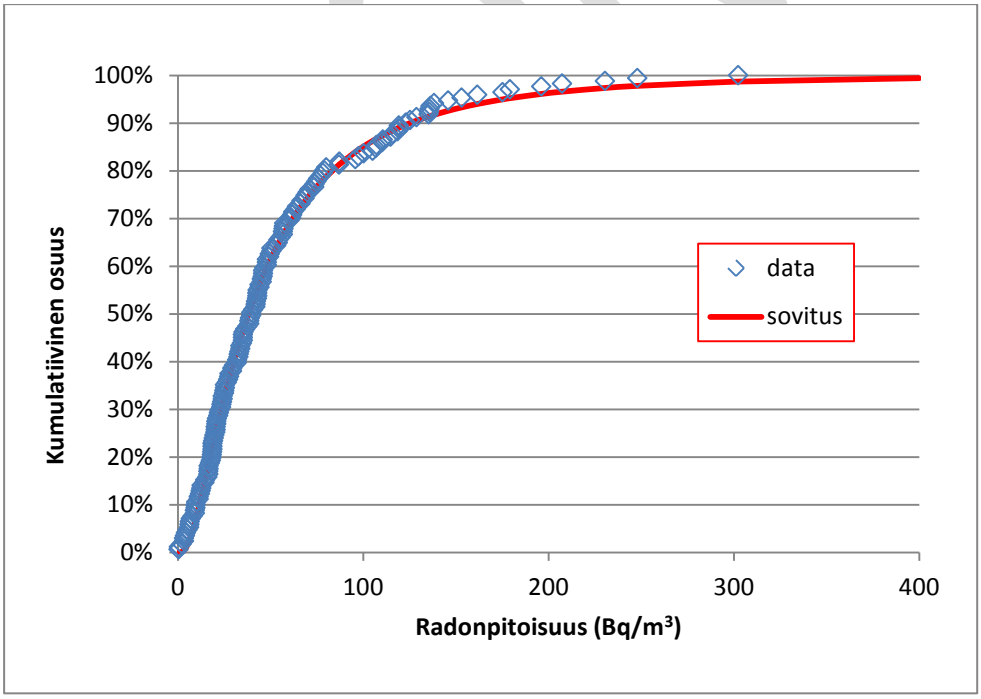
Vuonna 2015 STUKin radonvalvonnassa oli 13 maanalaista kaivosta ja 15 maanalaista louhinta- ja rakennustyömaata. Kaivoksissa radontarkastuksia tehdään pääsääntöisesti kahden vuoden välein ja

louhintatyömailla vuoden välein. Maanalaisten kaivosten ja louhintatyömaiden määrät pysyvät melko samoina vuodesta toiseen. Toiminnanharjoittajien pitää ilmoittaa uusista työmaista STUKille säteilylain nojalla.

Taulukko 2. RAMI-tietokantaan kirjattujen STUKissa tehtyjen tavanomaisten työpaikkojen radonpurkkimittausten lukumäärä ja radonpitoisuuden tasot. Läheskään kaikkien tavanomaisten työpaikkojen radonpitoisuutta ei tunneta. Radontietokantaan on tehty muutoksia vuodesta 2014 lähtien, joten sitä vanhemmat tiedot työpaikoista eivät ole kaikilta osin käytettävissä.

Radonmittauksia työpaikoilla (11.1991-7.2016)	Mittauksia työpaikoilla	> 300 Bq/m^3		> 400 Bq/m^3	
		n	%	n	%
Yhteensä	35 168	6162	18	4505	13

Suomessa on tehty vain yksi satunnaisotantaan perustuva radonpitoisuuden kartoitus työpaikoilla. RATVA-hankkeessa (Radon työssä ja vapaa-aikana) lähetettiin 171 henkilölle radonmittauspurkki, jota he pitivät työpaikallaan vähintään kahden kuukauden ajan. Mitatut pitoisuudet noudattivat melko hyvin log-normaalia jakaumaa, joten tutkimuksen perusteella voidaan karkeasti arvioida, että noin 1,3 % työntekijöistä altistuu suuremmille pitoisuuksille kuin 300 Bq/m^3 (Kuva 7). Koska työllisiä Suomessa on noin 2,44 miljoonaa (stat.fi), voidaan RATVA-aineiston perusteella arvioida, että työssään yli 300 Bq/m^3 radonpitoisuuksille altistuu noin 32 000 työntekijää ja yli 400 Bq/m^3 radonpitoisuuksille altistuu noin 14 000 työntekijää. (Mäkeläinen ym. 2005)



Kuva 7. RATVA-hankkeessa mitattujen työpisteiden radonpitoisuuksien kumulatiivinen jakauma. Log-normaalin sovituksen perusteella noin 1,3 % työntekijöistä altistuu yli 300 Bq/m^3 radonpitoisuuksille.

Myös aiempien valvontamittausten perusteella on tehty vastaavia arvioita (Taulukko 3). Myös tämä arvio on karkea ja siihen liittyy suuri epävarmuus. Tämän arvion mukaan noin 27 000 työntekijää altistuu työssään yli

300 Bq/m^3 radonpitoisuudelle, mikä on 1,1 %:n osuus työllisistä. Taulukon 3 annosarviot on tehty ICRP:n ennakkotiedon ja ICRP 65 annosmuuntokertoimien perusteella (Liite 3).

Taulukko 3. 300 Bq/m^3 ja suuremmille radonpitoisuuksille altistuvien työntekijöiden lukumääräarvioita Suomessa (oletuksena 1650 työtuntia vuodessa). ICRP ei ole vielä julkaissut uutta annosmuuntokerrointa. WLM = working level month.

Radonpitoisuus (Bq/m^3)	Annos työpaikan sisäilman radonista (mSv/v)		Työntekijöiden lukumäärä [1)]
	Nykyinen ICRP 65 (5,06 mSv/WLM)	ICRP:n ennakkotieto (12 mSv/WLM)	
>300	1,6	3,7	27 000
>400	2,1	5,0	11 000
>1 000	5,2	12	400 – 600 [(2)]
>1 300	6,8	16	100 – 200 [(2)]
>3 000	16	37	1 – 50 [(2)]

[1)] Lähde: Mika Markkanen, Säteilyturvakeskus 2013, kyseessä on karkea arvio.

[2)] Alin arvo on laskennallinen arvo. Ylin arvo on ´valistunut arvaus´, kun log. normaalin jakauman tiedetään aliarvioivan suuria pitoisuuksia.

Vuonna 2015 tavanomaisilla työpaikoilla tehdyissä valvontamittauksissa radonpitoisuus 300 Bq/m^3 ylittyi 11 %:ssa ja 400 Bq/m^3 7 %:ssa mittauksia (Taulukko 4). Toiminnanharjoittajien ilmoitusten mukaan noin 400 työntekijää olisi työskennellyt vuoden 2015 lopussa työtiloissa, joissa 400 Bq/m^3 radonpitoisuus ylittyi. Vastaava luku 300 Bq/m^3 pitoisuuksien ylityksissä oli noin 700 työntekijää (Taulukko 4). Vuonna 2015 tarkastettujen louhinta- ja rakennustyömaiden hengitysilman radonpitoisuuden todettiin olevan yli 400 Bq/m^3 8 %:ssa kohteista. Toimenpidearvon (400 Bq/m^3) ylityksistä STUK antoi työpaikoille määräyksiä lisäselvityksistä ja/tai radonaltistuksen vähentämisestä. Monilla tavanomaisilla työpaikoilla on käytössä ajastettu ilmanvaihto, ts. ilmanvaihtokoneen teho säädetään yöksi ja viikonlopuksi pienemmälle energian säästämiseksi. Tällöin radonpitoisuus voi olla korkeampi öisin ja viikonloppuisin. Radonpurkkimittauksesta saadaan koko mittausjakson keskiarvon ja näin ollen työnaikainen radonpitoisuuden voi olla pienempi. Sen vuoksi tällaisissa tiloissa, jos radonpitoisuus radonmittauspurkilla mitattuna ylittää toimenpidearvon, on hyvä mitata työnaikainen radonpitoisuus seitsemän päivän ajan erikoismittalaitteella.

Taulukko 4. Tavanomaisten työpaikkojen radonpitoisuuksien jakauma ja työntekijöiden lukumäärä mittauspisteissä kansallisessa radontietokannassa vuonna 2015. Työnaikainen radonpitoisuus voi olla tässä esitettyä pienempi, koska radonpurkkimittaus saattaa yliarvioida todellista työaikaista altistusta.

Radonpitoisuus [1] Bq/m^3	Työpaikka-mittausta	% kaikista työpaikkamittauksista vuonna 2015 (n = 3444)	Työntekijöitä [2]
< 200	2872	83	10672
≥ 200	572	17	1141
≥ 300	385	11	712
≥ 400	248	7	421
≥ 1000	62	2	96
≥ 3000	15	0,4	29 [3]

[1] Jos mittauspisteessä oli tehty kesämittaus, taulukkoon on laskettu radonpitoisuuden vuosikeskiarvo. Jos mittauspisteessä oli tehty työnaikaisen radonpitoisuuden mittaus, sen antamaa tulosta on käytetty radonpurkkimittauksen sijaan.

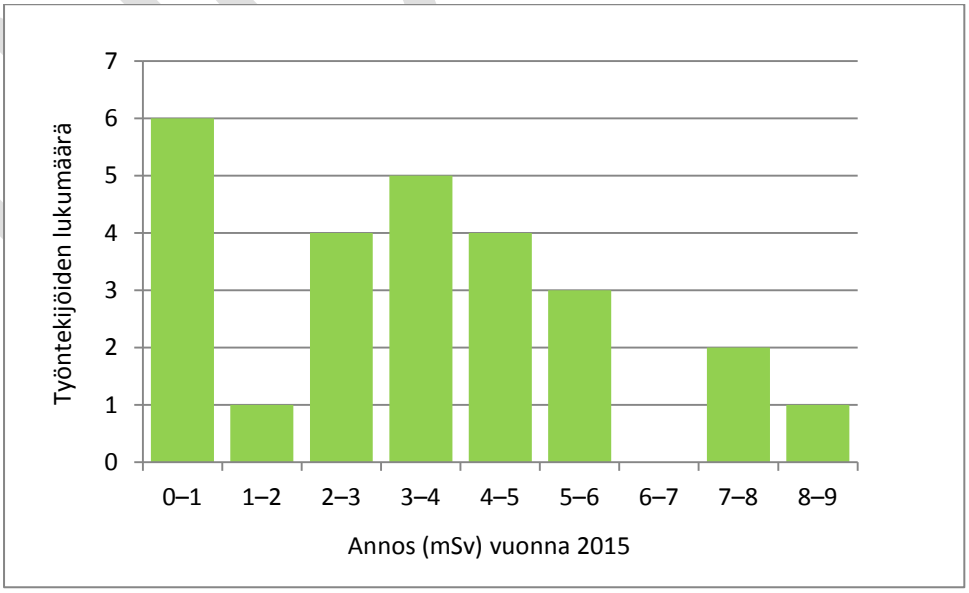
[2] Radontietokannassa oli vuonna 2015 2033 mittauspistettä, joille oli ilmoitettu työntekijämäärät. Näissä työpisteissä työskenteli yhteensä 11 813 henkilöä. Vaikka työntekijät olisivat työskennelleet jossain vaiheessa vuotta korkeissa radonpitoisuuksissa, tätä ei ole huomioitu, jos työpisteen radonpitoisuus on saatu pienennettyä.

[3] 27 työntekijällä on lyhyt työaika ja heidät on huomioitu lukuun.

Altistuksen seuranta (annokset työntekijöille)

Jos määrättyjen korjaavien toimenpiteiden jälkeen työpaikan radonpitoisuutta ei saada pienennettyä, STUK määrää radonaltistuksen seurannan. Seurantaa jatketaan kunnes toimenpidearvo alittuu. Niissä työpaikoissa (esim. laajat tunneliverkostot), joissa radonpitoisuutta ei saada toimenpidearvojen alapuolelle, jatketaan altistuksen seurantaa koko toiminnan ajan tai rajoitetaan työaikaa.

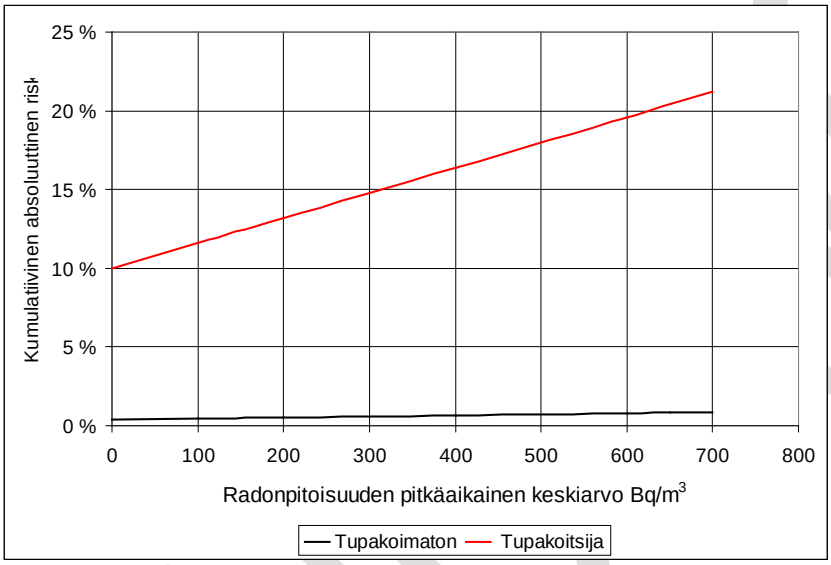
Nykyään radonista aiheutuva annos arvioidaan työtilojen radonpitoisuuden ja siellä vietettyjen oleskeluaikojen perusteella. Altistuksen seurantaa järjesti vuonna 2015 kuusi toiminnanharjoittajaa yhteensä 26 työntekijälle. Suurin arvioitu annos oli 8 mSv/v (Kuva 8).



Kuva 8. Efektiivisten annosten jakauma korkean radonpitoisuuden vuoksi altistuksen seurannassa olleilla työntekijöillä vuonna 2015. Annosten mediaani oli 3,1 mSv/y ja keskiarvo 3,3 mSv/v. Maksimiannos oli 8,1 mSv/v. Joissain työpaikoissa altistuksen seuranta järjestettiin vain osan vuotta.

Radon ja keuhkosyöpäriski

Sisäilman radonin ja keuhkosyövän välinen yhteys on todettu useissa kansainvälisissä epidemiologisissa yhteisanalyyseissä eri puolilla maailmaa (Darby ym. 2005, Krewski ym. 2006, Zhang ym. 2012). Radonaltistumisen ja keuhkosyöpäriskin välinen yhteys on lineaarinen ilman turvallista kynnysarvoa. Mitä suurempi radonpitoisuus, sitä suurempi keuhkosyöpäriski, mutta pienetkin pitoisuudet aiheuttavat pienen riskin. Eurooppalaisen yhteistutkimuksen mukaan radonin aiheuttama suhteellinen riski sairastua keuhkosyöpään kasvaa 16 % 100 Bq/m^3 kohti (Darby ym. 2005). Radonista aiheutuva suhteellinen riski on sama tupakoivalle ja tupakoimattomalle. Koska tupakoitsijan elinikäinen riski saada keuhkosyöpä on paljon suurempi (noin 10 %) kuin tupakoimattoman (noin 0,4 %), on hänen absoluuttinen riskinsäkin paljon suurempi kuin tupakoimattoman (Kuva 9). Vuosikymmenien altistus 600 Bq/m^3 radonpitoisuudessa kaksinkertaistaa keuhkosyöpäriskin.



Kuva 9. Tupakoivien ja tupakoimattomien kumulatiivinen riski kuolla keuhkosyöpään 75 ikävuoteen mennessä asunnon sisäilman radonpitoisuuden suhteen. Suhteellisen riskin on oletettu kasvavan 16 % 100 Bq/m^3 kohti tupakoivilla ja tupakoimattomilla.

Yksittäisen keuhkosyövän syyksi voidaan olettaa joko tupakka, radon, radonin ja tupakan yhteisvaikutus, tai muut syyt (Taulukko 5). Suurin osa radonin aiheuttamista keuhkosyövistä ilmaantuu henkilöille, jotka ovat asuneet 300 Bq/m^3 alittaneissa radonpitoisuuksissa, koska suurin osa väestöstä altistuu verrattain matalille radonpitoisuuksille. Sisäilman radonin on arvioitu aiheuttavan tupakoimattomilla noin 40 ja tupakoivilla noin 240 keuhkosyöpäkuolemaa vuodessa. Radonin aiheuttaman tautitaakan on arvioitu Suomessa olevan noin 900 DALYa per miljoona ihmistä (Hänninen ja Knol, 2011). DALY (Disability Adjusted Life Years) kuvaa niitä menetettyjä toimintakykyisiä elinvuosia, jonka sairaudet tai ennenaikaiseen kuolemaan johtavat tekijät aiheuttavat.

Taulukko 5. Eri syistä johtuvien keuhkosyöpien lukumäärät radonpitoisuusluokissa. (Lähde: Mäkeläinen 2010)

Radonpitoisuusluokka Bq/m^3	Osuus väestöstä	Osuus altistuksesta	Eri syistä johtuvien keuhkosyöpäkuolemien määrä				
			Vain radon	Radon ja tupakka	Ei radon tai tupakka	Vain tupakka	Yhteensä
<100	72 %	34 %	13	82	165	1073	1332
100 –199	17 %	26 %	9	61	40	260	370
200 –299	6 %	15 %	6	35	14	88	141
300 –	5 %	25 %	9	61	10	67	148
Yhteensä	100 %	100 %	37	238	228	1488	1991

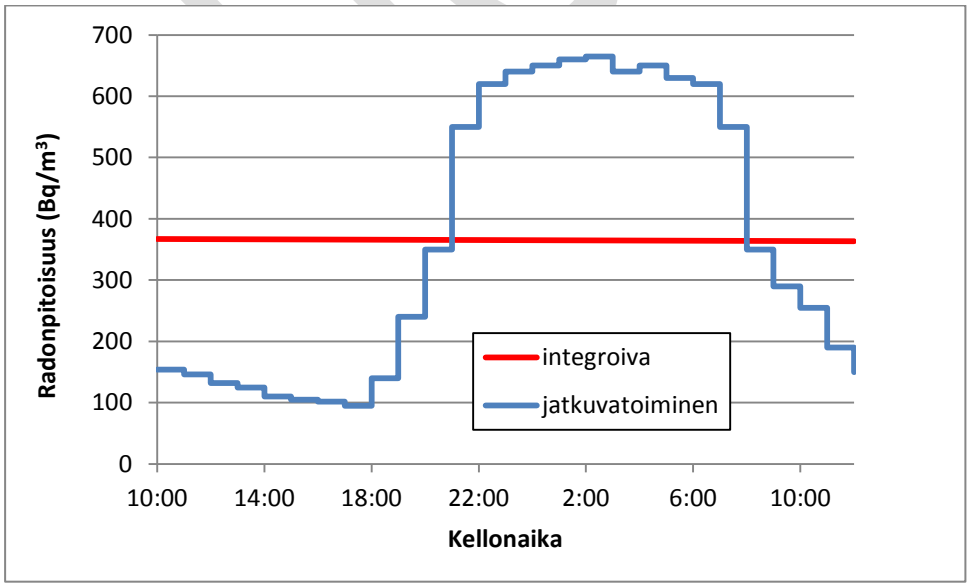
Suomen syöpärekisteristä ei voida nähdä keuhkosyöpätilastoissa alueellisia eroja korkeiden ja matalien radonpitoisuuksien maakuntien välillä. Tämä johtuu siitä, että tupakointi on merkittävin keuhkosyövän aiheuttaja ja tupakointitavat vaihtelevat eri puolilla maata.

2. Radonin mittaamismenetelmät

Ilman radonpitoisuuden mittaamiseen käytetyt laitteet voidaan jaotella integroiviin, jatkuvatoimisiin ja hetkellisen pitoisuuden määrittäviin mittalaitteisiin. Integroiva mittalaite rekisteröi havaittujen radioaktiivisten hajoamisten lukumäärää kumulatiivisesti. Kun mittalaiteen altistuminen lopetetaan, saadaan havaintojen lukumäärästä laskettua altistumisajan radonpitoisuuden keskiarvo. Tällaisia mittalaitteita ovat esim. alfajälkifilmit (ts. radonpurkki) ja jotkin edulliset puolijohdedetektorit.

Jatkuvatoimiset radonmittalaitteet mittaavat ja rekisteröivät muistiinsa radonpitoisuuden lyhytkestoiselta jaksolta, joka on tyypillisesti minuuteista tuntiin. Muistiin tallennetuista mittaustuloksista voidaan lukea jaksojen radonpitoisuudet tai laskea radonpitoisuuden keskiarvo tutkittavalle aikavälille (Kuva 10).

Hetkellisen radonpitoisuuden määrittävissä laitteissa ilmasta otetaan näyte, joka mitataan. Tällöin määritetty radonpitoisuus kuvaa näytteenottopaikan näytteenottohetkellä vallinnutta radonpitoisuutta.



Kuva 10. Esimerkki jatkuvatoimisen ja integroivan radonmittauksen tulosten vertailusta tilassa, missä ilmanvaihto on pois päältä muulloin kuin työaikana. Jatkuvatoimisessa mittauksessa kullekin tasatunnille on määritetty radonpitoisuus, integroivassa radonpurkkimittauksessa pitemmän ajanjakson pitoisuuden keskiarvo.

Eri mittausmenetelmiä sovelletaan eri tarkoituksiin (Taulukko 6). Esimerkiksi integroiva mittausmenetelmä soveltuu erinomaisesti asunnon radonpitoisuuden arviointiin, koska se on edullinen ja tulos kertoo rakennuksen sisäilman radonpitoisuuden keskiarvon pitkältä ajanjaksolta. Edullisuutensa vuoksi sillä on myös järkevää tehdä ensimmäinen mittaus työpaikoilla, jolloin toimenpidearvon alittavat pitoisuudet voidaan sulkea pois. Mikäli integroiva mittaus osoittaa toimenpidearvon ylittävää radonpitoisuuden keskiarvoa työpaikalla, kannattaa tehdä jatkuvatoiminen mittaus, jotta saadaan selville radonpitoisuuden vuorokaudenaikainen vaihtelu. Varsinkin ajastetulla ilmanvaihdolla varustetuissa rakennuksissa öiseen aikaan pitoisuudet voivat olla huomattavasti suurempia kuin päivällä. Toisaalta jatkuvatoimista radonmittausmenetelmää ei voida käyttää, kun arvioidaan, tarvitseeko esim. tunnelissa lisätä tuuletusta ennen muutaman viikon kestoisen asennusurakan aloittamista. Tällöin tehdään hetkellinen radonpitoisuuden mittaus. Hetkellisessä radonpitoisuuden mittauksessa otetaan ilmanäyte, joka myöhemmin mitataan laboratoriossa. Näin ollen se soveltuu maanalaisissa tiloissa vallitseviin pölyisiin ja kosteisiin olosuhteisiin, joissa muita radonmittausmenetelmiä ei voida käyttää.

Taulukko 6. Radonmittausmenetelmien vertailua.

Menetelmä	Edut	Haitat
Integroiva (radonmittauspurkki)	• Edullisia • Mahdollistaa pitkän aikavälin keskiarvon mittaamisen	• Tulos kuvaa rakennuksen yleistä radonpitoisuutta, ei oleskelun- tai työnaikaista radonpitoisuutta
Jatkuvatoiminen	• Mahdollistaa radonpitoisuuden ajallisen vaihtelun tuntikohtaisen selvittämisen	• Laitteet kalliita • Eivät hintansa vuoksi sovellu pitkien mittausten tekemiseen
Hetkellinen	• Mahdollistaa radonpitoisuuden nopean selvittämisen • Ei ole herkkä ympäristöolosuhteille	• Tulos kuvaa vain näytteenottohetken radonpitoisuutta

Asuntojen ja työpaikkojen ilman radonpitoisuus määritetään Säteilyturvakeskuksen hyväksymällä mittausmenetelmällä.

Radonkorjausten välittömät tarkistukset voidaan tehdä nk. pikamittauksella. Radonpitoisuuden pikamittaukseen käytetään yleensä mittalaitteita, joissa ilmaisimena on puolijohde. Noin vuorokauden kestoisella mittauksella saadaan tyypillisesti riittävä määrä pulsseja ja laite ilmoittaa viimeisen vuorokauden tai viikon radonpitoisuuden keskiarvon. Pikamittauksen tulos pitää aina varmistaa pitkäaikaisella STUKin hyväksymällä mittausmenetelmällä.

Nykykäytännön mukaan työnantajat järjestävät työntekijöiden radonaltistuksen seurannan pitämällä kirjaa eri tiloissa vietetyistä ajoista sekä mittaamalla näiden tilojen radonpitoisuudet kaksi kertaa vuodessa. STUK laskee näiden perusteella annosarviot kullekin työntekijälle. Tämä on kuitenkin verrattain hankala ja

epätarkka menetelmä. Joissakin maissa on käytössä mukana kannettavia henkilökohtaisia radondosimetrejä, joiden käyttöönottoa Suomessakin voitaisiin harkita tutkimusten jälkeen. Myös uudet, integroivat puolijohdeilmaisimet voisivat soveltua mukana kannettaviksi henkilökohtaisiksi mittalaitteiksi.

Radonpurkkimittauksen kesto, mittauskausi ja vuosikeskiarvon arvioiminen

Radonin aiheuttama keuhkosyöpäriski on suoraan verrannollinen pitkän ajan radonpitoisuuden keskiarvoon. Koska radonpitoisuus vaihtelee päivästä ja viikosta toiseen ja eri vuodenaikojen mukaan, radonpitoisuus pitää mitata pitkältä aikaväliltä. Mitä pitempi mittaus, sitä vähemmän satunnaiset vaihtelut vaikuttavat mittaustulokseen.

Viitearvon tuntumassa olevan vuosikeskiarvon ylityksen todentaminen on käytännössä hankalaa. Radonpitoisuus vaihtelee asunnon eri huoneissa keskimäärin 30 %, vuosien välinen vaihtelu on keskimäärin 30 % ja kahden kuukauden perusteella arvioituun kyseisen vuoden keskiarvoon liittyy myös noin 30 % epävarmuus. Lisäksi itse mittaukseen liittyvä epävarmuus on tyypillisesti 10 %. Kokonaisepävarmuus on siis luokkaa 50 % (ICRU, 2012). Jos mittaustulos on esimerkiksi 320 ±35 Bq/m^3, voidaan vuosikeskiarvoksi arvioida 270 ±140 Bq/m^3. Ylityksen todentaminen voidaan käytännössä tehdä vain kahden vuoden kestoisella mittauksella. Tämä ei kuitenkaan ole kovin käytännöllistä.

Suomessa radonpitoisuus on mitattu vähintään kahden kuukauden pituisella mittauksella marras-huhtikuun välisenä aikana. Talvella mitattu radonpitoisuus on keskimäärin 18 % suurempi kuin vuosikeskiarvo (STUK A242). Tämä arvio perustuu 1000 asunnossa tehtyyn kahteen puolen vuoden pituiseen radonmittaukseen. Yksittäisen asunnon tapauksessa talvi/vuosikeskiarvo -pitoisuussuhde vaihtelee ja noin 20 %:ssa mittauksista talvimittauksen tulos on pienempi kuin vuosikeskiarvo. Kesällä tehtyä mittausta ei voida käyttää vuosikeskiarvon arvioinnissa, koska siihen liittyy suurimmat epävarmuudet (Mäkeläinen ym. 2009, Arvela ym. 2016).

Nykyisin vuosikeskiarvo arvioidaan jakamalla mittauskaudella tehdyn mittauksen tulos luvulla 1,2. Kansainvälisten suositusten (WHO 2009, ICRU 2012) ja tutkimustiedon perusteella (Arvela ym. 2016) mittauksen kestoa olisi syytä pidentää kolmeen kuukauteen. Tällöin satunnaisten vaihteluiden vaikutus tulokseen pienenee merkittävästi. Kolmen kuukauden mittaus on käytössä jo joissakin Euroopan maissa, esim. Iso-Britanniassa, Belgiassa ja Irlannissa. Englannissa tehdyn tutkimuksen mukaan (Miles ym. 2012) keväällä ja syksyllä tehty kolmen kuukauden mittaus antaa suoraan tarkimman arvion vuosikeskiarvosta ilman korjauskertoimia. Korjauskertoimien käyttö talvella ja kesällä tehtyjen mittausten kanssa lisää vuosikeskiarvion epävarmuutta.

Suurimmassa osassa mittauksia radonkorjaussuositukset kannattaa antaa mittaustuloksen perusteella, koska silloin viitearvon ylitykset tulee todennäköisemmin korjattua. Otanta-aineiston (STUK A242) perusteella tällainen käytäntö toimii hyvin, koska suurin osa vuosikeskiarvoa koskevan enimmäisarvon ylityksistä pystytään tunnistamaan talvimittauksen perusteella. Otannassa tehtiin kaksi peräkkäistä puolenvuoden pituista radonmittausta. Otanta-aineistossa oli vain kaksi kohdetta, joissa vuosikeskiarvo oli yli 400 Bq/m^3 vaikka talvipitoisuus oli alle 400 Bq/m^3 ja 46 asuntoa, joissa vuosikeskiarvo alle 400 Bq/m^3 ja talvipitoisuus oli yli 400 Bq/m^3. Kun mittausaikaa lyhennetään, ympäristön satunnaisvaihtelu lisääntyy ja väärät positiiviset ja

negatiiviset havainnot lisääntyvät.

Maanalaisten työpaikkojen (oma)valvonta

Uudet, kevyet puolijohteisiin perustuvat radonmittalaitteet mahdollistavat työnaikaisen radonmittauksen esim. louhintatyömailla ja kaivoksissa. STUK pyrkii järjestämään kokeilun, jossa tavanomaisen tarkastuksen yhteydessä tehdään myös henkilökohtaisen radonaltistuksen määritys ko. mittalaitteella. Nykymuotoiseen tarkastukseen kuuluu vain hetkellisten radonnäytteiden kerääminen tarkastuksen yhteydessä ja ne eivät välttämättä hyvin kuvaa työnaikaisia altistustasoja. Mikäli kokeilun tulokset ovat hyvät, voidaan harkita maanalaisille työpaikoille osittaista omavalvontaa.

Maaperän radonkaasun pitoisuudet ja tuottomittaukset

Radonriskikartat perustuvat monissa maissa maaperän radonkaasumittauksiin. Suomessa maaperän radonkaasumittauksia ei enää tehdä, sillä STUKilla on verrattain hyväkäsitys radonpitoisuuksista eri alueiden pien- ja rivitaloissa. Maaperän radonkaasumittausten tulkinta voi olla lisäksi hyvin hankalaa seuraavista syistä:

- Maaperän läpäisevyys on tärkein parametri, kun arvioidaan radonin kulkeutumista maaperässä. Maaperä on heterogeeninen väliaine; yhden tontin alueella voi esiintyä esim. moreenia, kalliota ja silttiä eri kohdissa ja eri syvyyksillä. Jotta saataisiin kattava kuva maaperän läpäisevyydestä, tulisi tehdä useita läpäisevyysmittauksia eri kohdista ja eri syvyyksiltä.
- Jos maaperän radonkaasumittaukset tehdään rakentamattomaan maaperään, voivat mittaustulokset johtaa harhaan. Kun tontille/alueelle tuodaan kunnallistekniikka (vesijohdot, viemärit, tieto- ja sähkökaapelit, asfaltoidut kadut, jalkakäytävät, puistot), voivat radonin kulkeutumisolosuhteet olla hyvin erilaiset kuin ennen kunnallistekniikan tuloa.
- Läpäisevissä maaperissä säähän liittyvät ilmiöt vaikuttavat maaperän radonkaasupitoisuuteen merkittävästi. Näitä ovat mm. tuuli, kosteus ja lämpötila, joten eri mittaushetkillä radonkaasupitoisuus samassa paikassa voi olla erilainen.
- Suomessa yleisin alapohjarakenne on maanvarainen laatta. Laatan alle tuodaan tyypillisesti täyttösoraa tai sepeliä muualta ennen laatan valua. Täyttösora-aines tuottaa itse radonia ja mahdollistaa muualla maa-aineksessa syntyneen radonin kulkeutumiseen rakennuksen sisätiloihin.

Luotettavan radonennusteen tekeminen vaatisi siis useita kenttä- ja laboratoriomittauksia (ml. täyttösoran emanaatiomittaukset, eli mittaukset siitä, miten radonia vapautuu maaperän rakeista maaperän huokosilmaan). Tämä tulisi huomattavasti kalliimmaksi ja työläämmäksi kuin se, että radonin pääsy sisäilmaan estetään aina ja kaikkialla rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa. Maaperän läpäisevyys on tärkeä seikka, joka vaikuttaa rakennuksen sisäilman radonpitoisuuteen. Läpäiseviä maalajeja ovat sora ja hiekka.

Suomessa talonrakennustuotantoon käytettyjen kivi- ja mineraalimateriaalien radioaktiivisuus mitataan, jos on syytä epäillä, että ohjeen ST 12.2 mukainen toimenpidearvo ylittyy. Mittaustuloksista (torium-232,

radium-226, kalium-40 ja kesium-137) lasketaan aktiivisuusindeksi, jolla voidaan arvioida ylittääkö gammasäteilystä aiheutuva vuotuinen efektiivinen annos rakennuksissa arvon 1 mSv. Näin ollen tulee myös soran radium-226-pitoisuus tutkittua. Jos täyttösoran radium-226-pitoisuus on yli 100 Bq/kg, ei sitä tyypillisesti voida käyttää talonrakennustuotantoon ja voimakkaasti radonia tuottavia materiaaleja ei päädy rakennusten täyttösoriksi edellyttäen, että toiminnanharjoittajat noudattavat mittausvelvoitettaan.

Toimintasuositukset

1. Perusperiaate nk. radonpitoisuuden pikamittauksista (alle viikon mittausaika) on edelleen, että se ei voi korvata luotettavaan pitkäkestoista kolmen kuukauden integroivaa mittausta. Pikamittauksia voi kuitenkin käyttää radonkorjausjärjestelmien alustaviin toimivuuden tarkastuksiin.
2. Selvitetään, voisiko STUK määräyksissä myös henkilökohtaisille radonmittalaitteille asettaa hyväksyntäkriteerit.
3. Selvitetään, voivatko maanalaiset kaivokset ja louhintatyömaat tehdä osittaista omavalvontaa STUKin ohjauksessa niin, että työpaikat mittaisivat itse (tai ostaisivat mittauspalvelun ulkopuolelta) ilman radonpitoisuudet ja toimittaisivat tulokset STUKiin. Tarvittaessa STUK tekisi tarkastuksia ko. työpaikoille. Mittarit ovat nykyään helppokäyttöisiä puolijohteeseen perustuvia ja niitä olisi syytä testata käytännössä. Tällä edistettäisiin norminpurkua ja työpaikkojen vastuuta työpaikkojen turvallisuudesta.
4. Ilman radonpitoisuuksien vuodenaikaisesta ja vuosittaisesta vaihtelusta tehdään uusi selvitys, jonka pohjalta tarkennetaan menettelyä, miten vuosikeskiarvo määritetään.
5. STUK tekee uuden arvioin mittauskaudesta ja mittausjakson vähimmäiskestosta omiin aineistoihinsa tukeutuen.
6. Tonttien maaperän radonkaasun tuottomittauksia ei kannata jatkossakaan tehdä Suomessa. Sen sijaan kaikissa rakennuksissa koko maassa tulee radonriski huomioida aina suunnittelussa ja rakennusvaiheessa.

3. Radonkartoitus

STUKin tekemän radonkartoituksen (http://www.stuk.fi/aiheet/radon/radon-suomessa/suomen-radonkartat) tarkoituksena on löytää alueita, joissa rakennusten sisäilmassa esiintyy korkeita radonpitoisuuksia sekä selvittää, minkälaiset rakennustekniset ratkaisut vaikuttavat sisäilman radonpitoisuuksiin. Radonpitoisuuksien valtakunnallista ajallista kehittymistä on seurattava, koska tapa rakentaa muuttuu koko ajan ja sillä voi olla vaikutusta sisäilman radonpitoisuuksiin.

Kansallinen radontietokanta

Rakennuskannan muutosten vuoksi viranomaisten tulee olla tietoisia mahdollisten uusien rakennustapojen vaikutuksista radonpitoisuuksiin. STUKilla on oman radonmittaustoiminnan vuoksi kansainvälisestikin ajatellen verrattain kattava (mutta ei edustava) sisäilman radonpitoisuuksien kartasto ja tietokanta. STUKissa tehdyt asuntojen sisäilman radonmittausten tulokset sekä työpaikkojen radonvalvonnan tiedot kerätään

LUONNOS

kansalliseen radontietokantaan, jota hyödynnetään tilastojen, radonkarttojen ja muiden radonraporttien laatimisessa.

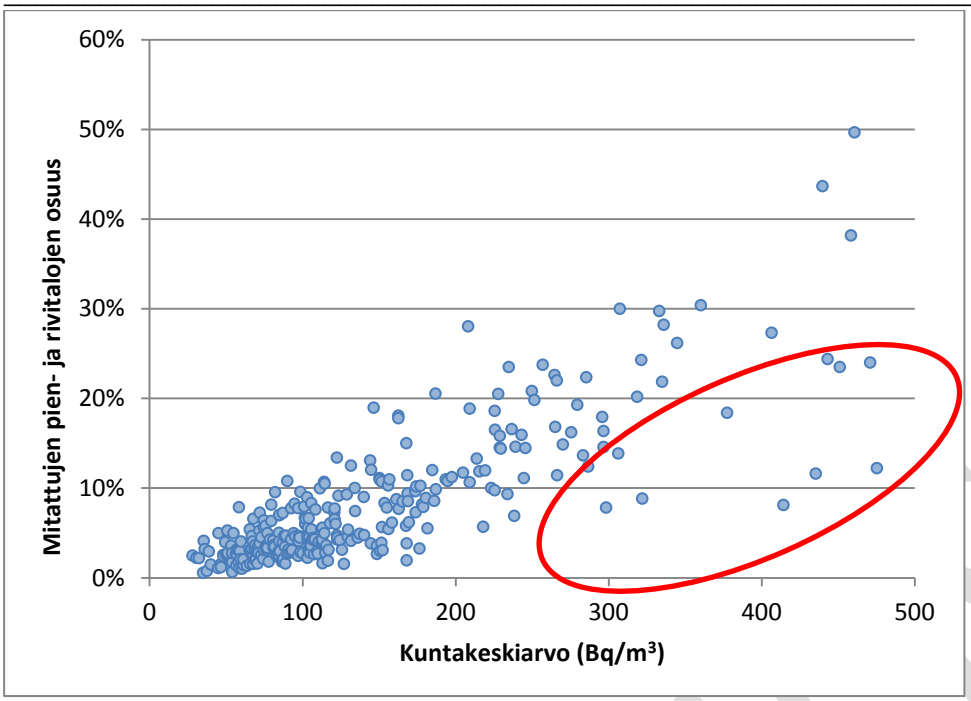
Kansallinen radontietokanta perustuu tällä hetkellä STUKissa RAMI-tietokantaan, jolla hallinnoidaan radonpurkkitilauksia ja -mittauksia kodeissa ja radonvalvontaa tavanomaisilla työpaikoilla. RATIKKA-tietokantaan tallennetaan asunnoista RAMIsta saatavien tietojen lisäksi tarkempia tietoja, kuten rakennuksen valmistumisvuosi, perustustapa ja talotyyppi. Kansallinen radontietokanta koostuu siis kahdesta tietokannasta (RAMI ja RATIKKA).

Muualla kuin STUKissa tehtyjä radonmittauksia ei ole kattavasti kansallisessa radontietokannassa tällä hetkellä. Asuntomittausten osalta muiden toimijoiden tekemiä mittauksia tietokannassa ei ole lainkaan ja työpaikkojen osalta on vain ne, joissa toimenpidearvo 400 Bq/m^3 on ylittynyt. Toimenpidearvon alittavia radonpitoisuuksia ei ole tarvinnut ilmoittaa STUKiin, minkä vuoksi tietokanta on työpaikkojen osalta vaillinainen. Jotta voitaisiin paremmin tehdä radonkartoitusta, yksityisten tekemiä radonmittaustuloksia olisi arvokasta hyödyntää. Esim. Iso-Britanniassa eri toimijoiden radonmittauksen hyväksymisen ehtona on, että mittaava yritys toimittaa kaikki mittaustulokset kerran vuodessa kansalliselle viranomaiselle.

Kansallisessa radontietokannassa oli keväällä 2016 tiedot noin 180 000 (RAMI) asuntomittauksen ja 35 000 (RAMI) työpisteen mittauksen radonpitoisuuksista. RATIKKA-tietokannassa on tallennettu tiedot noin 140 000 asunnon (120 000 pientaloasunnon) edustavat radonmittaustuloksista (noin 220 000 mittausta). RATIKKAan siirretään RAMIsta radonmittaustulokset ja lisäksi syötetään lisätietoja asunnoista. RATIKKA-tietokantaan on viety tietoja asuntomittauksista ennen RAMI-tietokannan käyttöönottoa, minkä vuoksi siinä on enemmän mittaustuloksia.

Radontietokannan perusteella voidaan mm. arvioida, missä kunnissa radonkartoitustyötä täytyy tehostaa (Kuva 11). Näitä ovat mm. Kajaani, Kolari, Askola, Lahti ja Tampere. Suuremmissa kunnissa, kuten esimerkiksi Lahdessa ja Tampereella, suurimpien pitoisuuksien alueet on kuitenkin hyvin kartoitettu. Viimeisimmässä tietokantahaussa yhdeksässä kunnassa (Brändö, Vårdö, Geta, Föglö, Kökar, Sund, Kumlinge, Lumparland ja Sottunga) oli mitattu vähemmän kuin kymmenen pien- ja rivitaloasuntoa.

LUONNOS



Kuva 11. Mitattujen pien- ja rivitalojen osuus kunnissa radonpitoisuuden kuntakeskiarvoittain. Punaisen soikion sisällä on korkeat radonpitoisuudet, mutta suhteellisesti vähän mittauksia.

Asuntojen radonmittaustulokset tehdään STUKissa palveluna, joten yksittäisiä tuloksia ei ole mahdollista esittää. Tällä hetkellä pienin radonpitoisuuden tilastoinnin yksikkö on postinumeroalueittainen tieto (http://www.stuk.fi/aiheet/radon/radon-suomessa/pientaloasuntojen-radonpitoisuudet-suomen-kunnissa). Tätä tilastoa on helppo hyödyntää kunnissa kaavoituksessa, rakennusvalvonnassa ja ympäristöterveydenhuollossa. Radonkampanjoiden yksittäiset tulokset toimitetaan aina paikallisille terveydensuojeluviranomaisille virkakäyttöön. Työpaikkojen radonvalvonnan tulokset ovat julkisia, joten näitä yksityiskohtaisia tuloksia onkin alettu esittää STUKin www-sivuilla (http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/luonnonsateilylle-altistava-toiminta/radon-tavanomaisilla-tyopaikoilla/paivakotien-radonpitoisuudet).

Otantatutkimukset

Edustavia väestöotantatutkimuksia on Suomessa tehty vuosina 1991 ja 2006. Erikoisotantoja on lisäksi tehty vuonna 1996 (Itä-Uusimaa) sekä vuosina 2009 ja 2016 (uudet rakennukset). RATVA-tutkimus (Radon työssä ja vapaa-aikana) toteutettiin vuosina 2000–2001. Tällöin tehtiin radonmittauksia kotien lisäksi työpaikoilla ja mukana kannettavilla radonpurkeilla sekä kartoitettiin suomalaisten oleskeluaikoja erilaisissa sisätiloissa.

Otantatutkimusten perusteella saadaan edustavampi käsitys maan radonpitoisuustilanteesta kuin pelkkiä STUKin radonlaboratorion tuloksia suoraan hyödyntämällä. Tämä johtuu siitä, että tunnetuilla korkeiden radonpitoisuuksien alueilla tehdään enemmän radonmittauksia, joten radontietokannan tulokset ovat epäedustavia ja niistä lasketut keskimääräiset pitoisuudet ovat korkeampia kuin vallitsevat pitoisuudet koko maassa. Toisaalta, otanta kertoo vain kyseisen mittausvuoden tilanteesta. Sisäilman radonpitoisuudet vaihtelevat kuitenkin vuosittain riippuen ulko- ja sisälämpötilojen erosta ja kosteusolosuhteista. Koska radonpitoisuudet vaihtelevat samassakin asunnossa eri vuosina, tämä saattaa vähentää otannasta saatavien tulosten edustavuutta.

STUKissa valmistuu uusien rakennusten otantatutkimus vuonna 2016. Otannassa on tarkoitus selvittää koko suomalaisten uusien pientalojen (rakennuslupa myönnetty vuonna 2013) sisäilman radonpitoisuudet ja radontorjuntatoimien yleisyydet. Lisäksi selvitetään sekä radontorjunnan että kiristyneiden energiamääräysten vaikutus sisäilman radonpitoisuuksiin.

Radonriskialueet

Suomessa työpaikkojen radonvalvonnassa on tietyt kunnat luokiteltu korkeiden radonpitoisuuksien kunniksi (ns. mittausvelvoitekunniksi). Tämä on määritelty niin, että kansallisen radontietokannan mukaan vähintään 10 % pientalojen radonmittaustuloksista ylittää 400 Bq/m^3. Asuntojen tuloksia on käytetty, koska työpaikoilta radonmittauksia on ollut liian vähän.

Asuntoihin suunnatussa radonviestinnässä varsinaista alueellista radonriskijaottelua ei käytetä aktiivisesti, koska radonpitoisuus voi ylittää viitearvon kaikkialla Suomessa. Radonpitoisuudet sisäilmassa voivat olla korkeita rakennuksissa, jotka on rakennettu läpäisevälle maaperälle. Korkeita radonpitoisuuksia saattaa tosin esiintyä kuitenkin kaikkialla maassamme ja alueellinen vaihtelu on suurta koko maassa. Maassamme on kuitenkin selviä korkeiden radonpitoisuuksien maakuntia (Pirkanmaa, Kanta-Häme, Päijät-Häme, Kymenlaakso, Etelä-Karjala, entinen Itä-Uusimaa), joissa korkeat sisäilman radonpitoisuudet ovat todennäköisempiä kuin muualla Suomessa. Tämä otetaan huomioon esim. radonkampanjoiden suunnittelussa.

Toimintasuositukset

1. STUKin velvollisuus ylläpitää kansallista radontietokantaa kirjataan säteilylainsäädäntöön.
2. Kansallista radontietokantaa kehitetään ja hyödynnetään entistä enemmän päätöksenteossa, esim. rakennusvalvonnassa ja ympäristöterveydessä.
3. Kaikki työpaikkojen ja muiden oleskelutilojen radonpitoisuuden toimenpidearvojen alituksetkin ilmoitetaan kansalliseen radontietokantaan, jotta siitä tulisi mahdollisimman edustava. Tämä edellyttää STUKissa tietojärjestelmien kehittämistä.
4. Kehitetään kaikille avoin työpaikkojen radontietokanta osana valtionhallinnon toimintojen digitalisaatiota. Lisätään STUKin www-sivuille asuntojen radonpitoisuudet postinumeroalueittain ladattavana tiedostona.
5. Liitetään läpäisevien maalajien digitaalinen kartasto nykyistä selvemmin osaksi radonvalvontaa ja -riskiviestintää. Paikalliset viranomaiset voivat hyödyntää enemmän GTK:n maankamara-aineistoa, jossa läpäisevät maalajit esitetään.
6. Pyritään hyödyntämään entistä paremmin kansallista radontietokantaa väestön radonaltistumisen kuvaamisessa ja ennustamisessa. Tätä varten STUKissa osana ympäristön säteilyvalvontaohjelmaa kehitetään malleja, jotka huomioivat sen, että tietokanta on painottunut keskimääräistä suurempiin radonpitoisuuksiin johtuen suuremmasta mittausaktiivisuudesta korkeiden radonpitoisuuksien alueilla. Pyritään kehittämään portaali, josta korjattuja alueellisia radontietokannan tilastoja voi käydä

tutkimassa.

7. Suomen asuinalueita ei edelleenkään ole syytä jaotella erilaisiin radonriskialueisiin (matala tai korkea radonriski). Perusteluna on se, että viitearvon ylityksiä voi esiintyä missä tahansa päin Suomea ja luokittelu saattaa johtaa riskin vähättelyyn tai liioitteluun.

4. Radonvalvonta ja viitearvot

Työpaikkojen sisäilman radonpitoisuuksien valvova viranomainen on STUK. STUK tekee valvontamittauksia työpaikoilla sekä maanalaisissa kaivoksissa ja louhintatyömailla. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen radonvalvonta kuuluu terveydensuojeluviranomaisille. Radonvalvonta tulee kohdentaa erityisesti korkeimman radonriskin alueille ja rakennuksiin ja viranomaisten väliseen tiedonvaihtoon tulee kehittää sujuvat käytännöt. STUKilla ei ole käytössä rekisteriä suomalaisista työpaikoista joten kohdentaminen on tällä hetkellä hankalaa. STUKin tulisi saada Työsuojeluvalvonnan Vera-tietokannasta radonvalvontaa hyödyttävät tiedot kuten työpaikan osoite, työntekijöiden määrä ja tieto siitä, onko radon mitattu.

Mittausvelvoitteet ja –suositukset

Säteilylainsäädännön mukaan sisäilman radonpitoisuus on selvitettävä kaikissa maanalaisissa työtiloissa, muissa oleskelutiloissa, kaivoksissa ja yli kaksi kuukautta kestävillä maanalaisilla louhintatyömailla. Työpaikkojen ja muiden oleskelutilojen radonpitoisuus tulee lisäksi selvittää ns. mittausvelvoitekunnissa, joista Säteilyturvakeskus ylläpitää luetteloa. Vuonna 2016 mittausvelvoitekuntia oli 59. Mittausvelvoitekuntalistaa päivitetään muutaman vuoden välein. Kuntaliitosten myötä on kuitenkin syntynyt pinta-alaltaan hyvin suuria kuntia, joissa osassa aluetta radonpitoisuudet ovat korkeita, mutta 10 %:n kriteeri (10 % STUKissa tehdyistä pientaloasuntomittauksista ylittää 400 Bq/m^3) ei täyty kunnassa. Esim. Helsingissä, missä on paljon kerrostaloja, radonpitoisuudet ovat keskimäärin asunnoissa pieniä, vaikka alue onkin potentiaalista radonriskialuetta. Lisäksi asunnot ja työpaikat ovat usein keskittyneet eri alueille, joten asuntomittauksiin perustuva kuntien luokittelu saattaa johtaa väärään työpaikan radonriskiluokitteluun. Työpaikan radonmittausvelvoitteen aluejaottelua olisikin syytä kehittää.

Radonpitoisuus on mitattava myös työpaikoilla, jotka sijaitsevat harjuilla tai muilla hyvin ilmaa läpäisevillä sora- tai hiekkamuodostumilla koko maassa. Radonpitoisuus on mitattava siis koko maassa myös kaikissa maan alla osittain tai kokonaan sijaitsevissa työtiloissa ja julkisissa tiloissa.

Radonmittausvelvoite työpaikoilla tai muissa oleskelutiloissa ei ole selvästikään hyvin tiedossa, mistä esimerkkinä on päiväkotien radonhanke vuonna 2015 (Kojo ym. 2015). Huomattavassa osassa (61 %) päiväkoteja ei ennen hankkeen aloittamista oltu mitattu radonpitoisuutta, vaikka kyseessä oli ns. mittausvelvoitekunta.

STUK suosittelee, että radonmittaus tehtäisiin vähintään 10 vuoden välein. Lisäksi STUK suosittelee uusintamittausta rakennuksissa, joissa on tehty merkittäviä remontteja. STUKin tiedossa on tapauksia, missä radonimuri on rikkoutunut kenenkään sitä huomaamatta. Tämän seurauksen ihmisten radonaltistuminen on ollut samalla korkealla tasolla kuin ennen radonkorjausta. Jos rakennukseen on tehty radonkorjaus, STUK

suositteleekin radonmittauksia viiden vuoden välein tai soveltuvaa omavalvontaa, jotta radonkorjauksen pysyvyys voidaan varmentaa.

Sisäilman radonpitoisuuksien viitearvot

Nykyiset säädökset

Nykyisen säteilylain perusteella on annettu sosiaali- ja terveysministeriön päätös asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista (944/1992). STM:n päätöksessä asunnon huoneilman radonpitoisuuden ei tulisi ylittää 400 Bq/m^3. Samassa päätöksessä todetaan, että asunto tulee suunnitella ja rakentaa siten, että radonpitoisuus ei ylittäisi 200 Bq/m^3 (rakennuksen suunnittelun ja toteutuksen tavoitearvo). Sama tavoitearvo annetaan myös Suomen Rakentamismääräyskokoelman ilmanvaihto-osassa D2.

YM:n asetuksessa (465/2014) pohjarakenteista määrätään, että rakennuspaikan radonriskit on otettava huomioon suunnittelussa ja rakentamisessa. Siihen liittyvää rakentamismääräyskokoelman osaa valmistellaan.

Asumisterveysasetuksessa (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista, 23.4.2015) ei mainita radonia, vaan sisäilman radonpitoisuuden viitearvoihin liittyvä pohdinta ja keskustelut jätettiin meneillään olevan Säteilylain uudistuksen yhteyteen.

Sisäilman radonpitoisuuden toimenpidearvo työpaikoilla säännöllisessä työssä on 400 Bq/m^3 (Säteilyasetus 27 §). Jos toimenpidearvo ylittyy altistusta rajoittavien toimenpiteiden jälkeenkin, työntekijöille on järjestettävä säteilyaltistuksen seuranta altistuksen optimoimiseksi (ks. myös kappale Radonin aiheuttama annos).

Viitearvot BSS-direktiivissä

Viitearvolla (reference level) tarkoitetaan säteilysuojelun perusnormidirektiivin 2013/59/EURATOM määritelmän (artikla 4, kohta 84) mukaan: ”vallitsevassa altistustilanteessa sitä efektiivisen annoksen tai ekvivalenttiannoksen tai aktiivisuuspitoisuuden tasoa, jota suuremman altistuksen aiheutumista tuossa altistustilanteessa ei ole asianmukaista sallia, vaikka se ei olekaan raja-arvo, jota ei saa ylittää”. Kansallisesti on arvioitava, miten sitovaksi viitearvot on tarkoituksenmukaista säätää. Radonista johtuva säteilyaltistus tulee pitää niin pienenä kuin se on käytännöllisesti mahdollista (As Low As Reasonably Achievable, ALARA-periaate). ALARA-periaate tarkoittaa käytännössä siis myös alle 300 Bq/m^3 radonpitoisuuksien alentamista, jos siihen on mahdollisuudet.

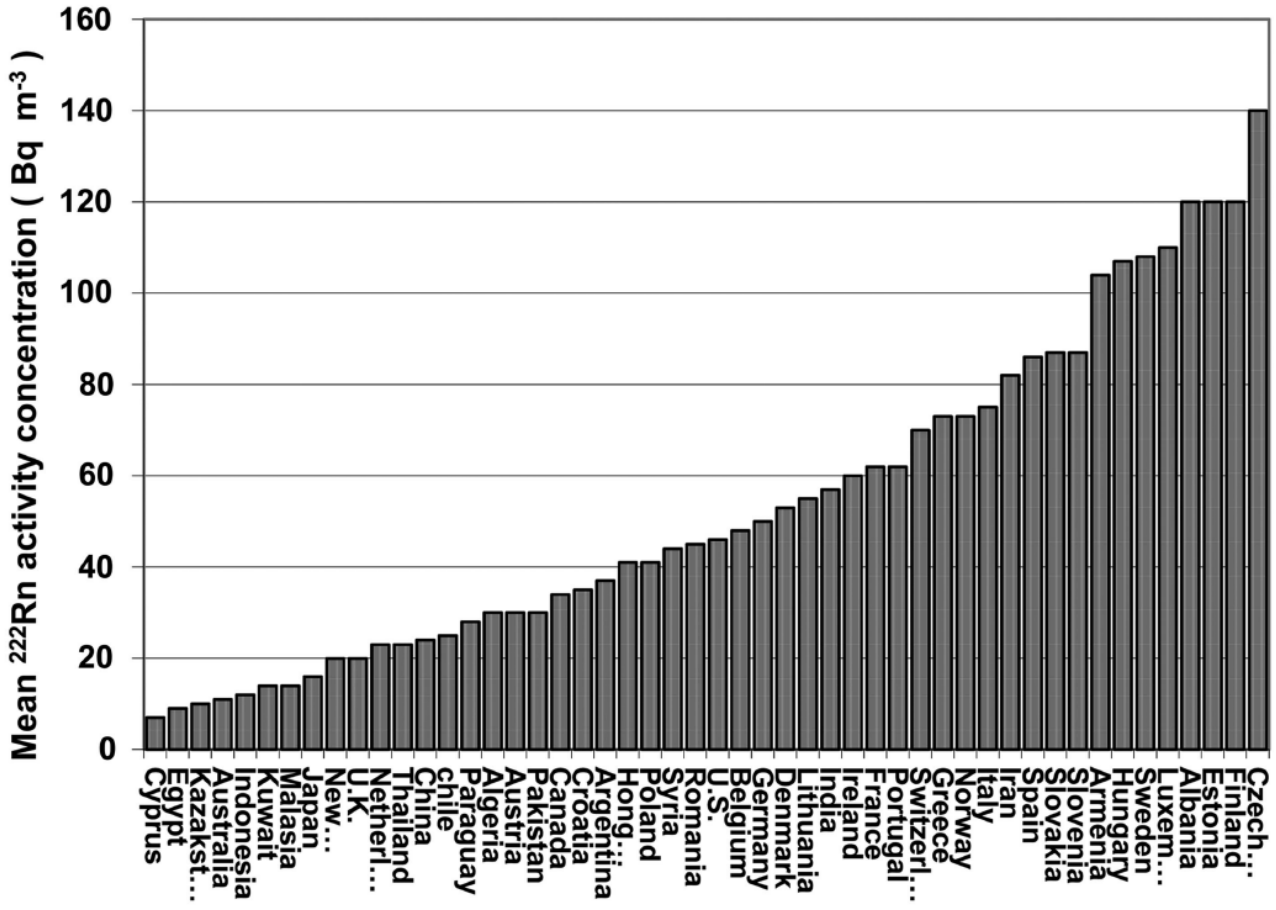
Direktiivi edellyttää, että kansallisesti asetetaan työpaikkojen radonpitoisuudelle viitearvo, joka ei saa olla suurempi kuin 300 Bq/m^3. Viitearvo ei saa olla suurempi, elleivät kansalliset olosuhteet edellytä tätä. Asunnoille vastaavaa poikkeamamahdollisuutta viitearvoon ei ole direktiiviin kirjattu, eli asunnoissa radonpitoisuuden viitearvo ei saa olla suurempi kuin 300 Bq/m^3.

Mahdollisia kansallisia olosuhteita, joiden perusteella työpaikkojen radonpitoisuuden viitearvo pitäisi olla Suomessa direktiivin esittämää korkeampi, voisivat olla se, että Suomessa sisäilman radonpitoisuudet ovat

osin korkeita, koska:

- Suomen maa- ja kallioperässä on uraania keskimäärin 33 Bq/kg, kun taas maapallon keskiarvo on noin puolet, eli 17 Bq/kg.
- Suomalainen rakennustapa, etenkin maavaraiset laatat, aiheuttaa rakennuksiin radonvuotoja maaperästä.
- Kylmä ilmasto aiheuttaa asuntoihin alipainetta, mikä lisää rakennusten sisäilman radonpitoisuutta.

Toisaalta rakennuksia pitäisi pystyä suunnittelemaan ja rakentamaan niin, että sisäilman radonpitoisuudet pysyvät mahdollisimman pieninä. Lisäksi Suomessa mitattuja sisäilman radonpitoisuuksia vastaavia pitoisuuksia löytyy monista muistakin EU-maista (Kuva 12).



Kuva 12. Keskimääräinen asuntojen sisäilman radonpitoisuus 50 maassa (ICRU 2012).

Vaikutusarviot ehdotettujen viitearvojen vaikutuksista

Vaikutusarvioiden tarkastelun lähtökohdaksi otetaan :

- Olemassa olevien asuntojen radonpitoisuuden viitearvoksi asetetaan 300 Bq/m^3 ja uusien rakennusten sisäilman radonpitoisuuden suunnittelun ja toteutuksen tavoitearvoksi asetetaan 150 Bq/m^3. Myös muissa oleskelutiloissa, joihin kansalaisilla on pääsy, noudatetaan asunnoille asetettuja radonpitoisuuden viitearvoja.
- Työpaikkojen radonpitoisuuden viitearvoksi asetetaan 300 tai 400 Bq/m^3.

Olemassa olevien asuntojen viitearvo

Pääsääntöisesti rakennuksen omistaja vastaa radontorjunnan aiheuttamista kustannuksista. Kustannukset yksittäiselle taloudelle ovat alle 3 000 €. Arvelan ym. vuonna 2010 radonpitoisuuden eri viitearvoille tekemissä vaikutusarviointilaskelmissa on keskitytty asuntojen sisäilman radonpitoisuuden mittaamis- ja korjauskuluihin (Taulukko 7). Näiden laskelmien perusteella, jos olemassa olevien rakennusten sisäilman radonpitoisuuden viitearvoksi asetetaan:

- 300 Bq/m^3, korjattavia asuntoja on arviolta 100 000 (88 000 pientaloissa ja 10 000 kerrostalojen alimmissa kerroksissa)
- 200 Bq/m^3, korjattavia asuntoja on arviolta 220 000 (204 000 pientaloissa ja 16 000 kerrostalojen alimmissa kerroksissa)

Laskelmissa oletettiin, että korjattavista kohteista 70 %:ssa asennetaan radonimuri tai -kaivo. Korjattavista kohteista 30 %:ssa arvioidaan tehtävän vain ilmanvaihtoteknisiä toimia ja/tai tiivistystöitä. Ylläpitokustannuksia ei huomioitu. Etsintäkuluilla tarkoitetaan sisäilman radonpitoisuuden mittaamiskuluja. Etsinnän tavoitteeksi asetettiin se, että yli 75 % viitearvon ylittävistä asunnoista löydetään ja korjataan.

Taulukko 7. Asuntojen sisäilman radonpitoisuuden eri viitearvojen kokonaiskustannusarviot (Lähde: Arvela ym. 2010).

Viitearvo (Bq/m^3) olemassa oleville asunnoille	Korjattavien asuntojen määrä	Korjauskulut (miljoonaa €) [1)]	Etsintäkulut (miljoonaa €) [2)]
200	220 000	510	48
300	100 000	250	35

[1)] 2000–2500 €/asunto
[2)] 60 €/asunto, Jos viitearvo on 200 Bq/m^3, on mitattava 800 000 jotta tarpeellinen määrä viitearvon ylittäviä asuntoja löydetään.

Suomessa käytetään 6 miljardia euroa kiinteistöjen kaikkiin korjauksiin vuosittain ja kiinteistöjen ja tonttien arvo Suomessa on 775 miljardia euroa (http://www.stat.fi/til/rak.html). Mikäli kaikki yli 200 Bq/m3 etsittäisiin ja korjattaisiin hinnaksi tulisi arviolta noin 500 miljoonaa euroa. Jos radonkorjaukset jakautuisivat

20 vuodelle, vuosikustannuksiksi tulisi 25 miljoonaa euroa, mikä nostaisi kaikkia vuosittaisia kiinteistöjen korjauskuluja vain 0,4 %.

Uusien asuntojen suunnitteluarvo

Eurooppalaisen RADPAR-hankkeen (http://web.jrc.ec.europa.eu/radpar/documents.cfm) laskelmien mukaan Suomessa uusien talojen radontorjunnan kokonaiskustannukset olisivat 34 000 € jokaista säästettyä laatupainotettua elinvuotta (QALY) kohden. Laskelmissa uusien talojen suunnitteluperusteeksi oli oletettu 200 Bq/m^3. Yhden talon radontorjunnan kustannuksiksi arvioitiin 2 6 000 €, joka sisälsi myös ylläpitokustannuksia. Väestön elinikäinen keuhkosyöpäriski laskisi uusien talojen radontorjunnan seurauksena 4,46 %:sta 4,07 %:iin. Tupakoijien keuhkosyöpäriski laskisi 26,3 %:sta 24,3 %:iin ja tupakoimattomien 0,96 %:sta 0,87 %:iin.

Jokaisella 1000 uudella radonturvallisella talolla (<200 Bq/m^3) arvioitiin säästettävän Suomessa 53 tupakoivan ja 2 tupakoimattoman keuhkosyöpäkuolema (RADPAR WP7 2012 Table 7.6).

Säteilysuojelun optimointiperiaatteen mukaisesti uudisrakentamisen radontorjunnan tavoitteena kannattaa olla mahdollisimman pieni radonpitoisuus, joka on kohtuullisilla kustannuksilla saavutettavissa.

Uusien rakennusten radonpitoisuuden tavoitearvolla 150 Bq/m^3 voidaan alentaa merkittävästi radonin aiheuttamia syöpätapauksia. Maailman terveysjärjestö (WHO) on suositellut asuntojen sisäilman radonpitoisuuden viitearvoksi 100 Bq/m^3 (WHO handbook on indoor radon, 2009). Noin kolmannes radonin aiheuttamista keuhkosyövistä Suomessa syntyy pienillä alle 100 Bq/m^3 radonpitoisuuksilla, koska radoniin liittyvän keuhkosyöpäriskin annosvaste on nykyisen tutkimustiedon perusteella lineaarinen ja ilman kynnysarvoa. Näissäkin syöpätapauksissa tupakoitsijoiden osuus on kuitenkin noin 80 %. Säteilyaltistumisen pienentämiseksi myös alle 100 Bq/m^3 radonpitoisuuksia on hyvä tavoite silloin, kun se on järkevästi mahdollista.

Kerrostalojen ylempien kerrosten asuntojen radonpitoisuuden keskiarvo on 42 Bq/m^3 (Mäkeläinen ym. 2009). Tämä kuvastanee hyvin myös betonirakenteisten pientalojen rakennusmateriaaleista aiheutuvaa radonpitoisuutta. Siten sisäilman pieni radonpitoisuus on betonirakenteisissa pientaloissa hankalampaa saavuttaa kuin puurunkoisissa taloissa. Osassa kivitaloista radonpitoisuus saattaa kohota yli 50 Bq/m^3 jo pelkän rakennusmateriaalien radontuoton takia, erityisesti, jos kiviaines on peräisin uraanipitoisesta kivilajista.

Yleensä radontorjunta uusissa rakennuksissa alentaa radonpitoisuuksia noin 60 %. STUKin uudisrakentamisotannan (Kojo ym. 2016) mukaan korkeiden radonpitoisuuksien maakunnissa radonputkisto oli asennettu 98 %:ssa omakotitaloista. Muualla maassa radonputkisto oli asennettu noin 60 %:ssa omakotitaloista.

Edellä mainittujen seikkojen takia ja jotta radontorjunnan sekä viranomaistoiminnan kustannukset pysyisivät kohtuullisina, uuden rakennuksen radonpitoisuuden tavoitearvo olisi hyvä olla realistinen ja luonteeltaan ohjeellinen, ei sitova.

Työpaikkojen radonpitoisuuden viitearvo

Nykykäytäntö työpaikkojen radonpitoisuusmittauksissa on seuraava:

Ensimmäinen radonmittaus työpaikalla tehdään integroivalla mittarilla eli radonpurkilla, joka antaa tulokseksi mittausajan radonpitoisuuden keskiarvon. Jos ilmanvaihto on energiansäästön vuoksi pienellä öisin ja viikonloppuisin, radonpitoisuus voi olla suurempi kuin työaikana. Tällöin purkkimittaus yliarvioi radonpitoisuuden, mutta suurimmalla osalla työpaikoista saadaan varmistus sille, että radonpitoisuus on pienempi kuin viitearvo. Jos ensimmäisen radonpurkkimittauksen radonpitoisuustulos on 400–500 Bq/m^3, voidaan tehdä purkkimittaus myös kesällä, jolloin saadaan arvio radonpitoisuuden vuosikeskiarvosta. Jos tämä on pienempi kuin toimenpidearvo, voidaan olettaa, että myös työnaikainen radonpitoisuus on pienempi kuin toimenpidearvo. Jos purkkimittauksen tulos on yli 500–1600 Bq/m^3, kannattaa selvittää todellinen työnaikainen radonpitoisuus, erityisesti jos rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto-järjestelmä.

Jos työnaikainen radonpitoisuus on suurempi kuin toimenpidearvo tai jos purkkimittauksen tulos on suurempi kuin 1600 Bq/m^3, työpaikalla tulee tehdä radonkorjaus. Työpaikkojen radonkorjauksiin käyvät samat perusmenetelmät kuin asunnoillekin eli radonimuri, radonkaivo, ilmanvaihdon tehostus ja säätö sekä lattiarakenteiden ja lattian läpimenojen tiivistykset. Korjausten kustannukset vaihtelevat hyvin paljon rakennuksen koon ja rakenteiden mukaan (Taulukko 8).

Taulukko 8. Arvio STUKin määräämien radonpitoisuuteen liittyvien toimenpiteiden kustannuksista työpaikoille Suomessa. Viitearvon ylittävien työpaikkojen lukumäärä perustuu työntekijöiden määrään, jotka työskentelevät viitearvoa suuremmassa radonpitoisuudessa. N = työpaikkojen lukumäärä.

Toimenpide	hinta €/toimenpide	Viitearvo 300 Bq/m^3		Viitearvo 400 Bq/m^3	
		N	hinta yht. (€)	N	hinta yht. (€)
Radonmittaus kesällä (noin 2 mittausta)	100	300	30 000	100	10 000
Työnaikainen mittaus	1 500	900	1 350 000	300	450 000
Ilmanvaihdon tehostus ja säätö	500	600	300 000	200	100 000
Tiivistyskorjaukset	5 000	600	3 000 000	200	1 000 000
Radonimuri tai radonkaivo	10 000	600	6 000 000	200	2 000 000
Yhteensä		3000	10 680 000	1000	3 560 000

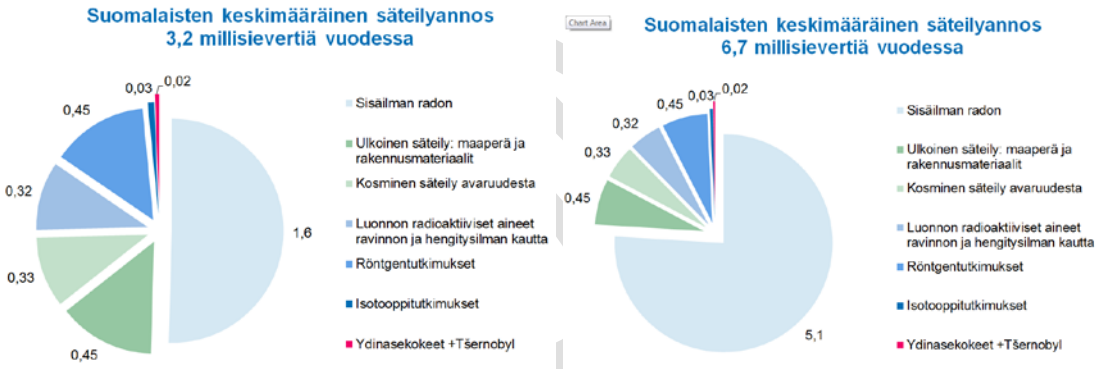
Viitearvojen alentumisesta johtuvat muut vaikutukset

Kun viitearvot alentuvat, radonmittauksia on tehtävä enemmän ainakin radonkorjausten jälkeen, mistä aiheutuu kuluja toiminnanharjoittajille. Toisaalta mittausten kysyntä lisää radonmittausfirmojen palveluiden kysyntää. Rakennussuunnittelijat, rakennusyritykset ja isännöitsijät tarvitsevat lisäkoulutusta radonturvallisten perustusten suunnitteluun, rakentamiseen ja torjuntamenetelmiin. Radonkorjauksia on tehtävä enemmän ja niistä aiheutuu kuluja rakennusten omistajille. Toisaalta radonkorjausfirmoille tulee olemaan jatkossa suurempi kysyntä. Radontorjunta ja –korjaukset voivat vaikuttaa positiivisesti rakennusten kosteusongelmiin. Työpaikkojen radonvalvonnassa ns. mittausvelvoitekuntia tulee olemaan enemmän. Myös

suoraan säteilyaltistuksen seurantaan jääviä työpaikkoja tulee olemaan todennäköisesti nykyistä enemmän ja Annosrekisteriin tehdään enemmän kirjauksia työpaikan radonille altistuneista työntekijöistä. Työpaikkojen radonvalvonnasta vastaavalle STUKille valvottavia työpaikkoja tulee olemaan entistä enemmän. Myös kuntien ympäristöterveydelle tulee olemaan enemmän valvottavia kouluja, päiväkoteja ja muita oleskelutiloja. Radonriskiviestinnän tarve kasvaa ja kaikkien osapuolten on huolehdittava viestinnästä.

Radonin aiheuttama annos

Suomalaisten keskimääräistä säteilyannosta kuvataan niin sanotulla annoskakulla. Viimeisimmässä annoskakussa radonin aiheuttama keskimääräinen efektiivinen annos arvioitiin olevan 1,63 mSv vuodessa (Kuva 13). Radonin aiheuttama efektiivinen annos on nykyään laskettu ICRP:n vuonna 1993 julkaisemien annosmuuntokertoimien perusteella (Liite 3). Annosmuuntokerroin muutetaan, jotta radonista saatava annos arvioitaisiin samalla tavalla kuin muusta säteilystä saatava annos. Kun annoksen arviointitapa muuttuu (ICRP:n ennakkotiedon mukaiseksi), saadaan samalla altistustasolla annosarvioksi 5,1 mSv vuodessa (Kuva 13, Taulukko 9). Radonin aiheuttama terveyshaitta arvioidaan kuitenkin radonpitoisuuksista epidemiologisten tutkimusten perusteella (ei siis annoksesta) ja efektiivisen annoksen laskutavan muutos ei vaikuta arvioon radoniin liittyvistä keuhkosyövistä.



Kuva 13. Vuoden 2014 annoskakku vanhalla ja uudella annosmuuntokertoimella laskettuna.

Taulukko 9. Sisäilman radonpitoisuuksien aiheuttama efektiivinen annos eri altistustilanteissa käyttäen ICRPn ennakkotiedon mukaista kerrointa (ja vuoden 1993 annosmuuntokerrointa).

Oleskeluaika työssä tai asunnoissa	Annos ICRP:n ennakkotiedon mukaisesti (*suluissa nykyiset annokset*) (mSv/v)			
	Radonpitoisuus (Bq/m^3)			
	100	300	400	1500
Työssä / 2000 h/v	1,5 (*0,6*)	4,5 *(1,9)*	6,0 (2,5)	23 *(9,5)*
Työssä / 1650 h/v (Tilastokeskus, realistisempi työaika)	1,2 (*0,5)*	3,7 *(1,6)*	*5,0 (2,1)*	19 *(7,9)*
Asunnoissa / 7000 h/v	5,3 *(1,7)*	16 *(5,1)*	21 (6,8)	79 *(26)*
Asunnoissa / 8760 h/v (henkilö ei poistu kodistaan)	6,6 *(2,1)*	20 *(6,4)*	26 (8,5)	99 *(32)*

Jos korjaustoimista huolimatta radonpitoisuus työpaikalla on suurempi kuin viitearvo, joutuu toiminnanharjoittaja järjestämään työntekijöille radonaltistuksen seurannan. Säteilyaltistuksen seuranta määrätään jo ensimmäisen mittauksen perusteella niille työpaikoille, joissa radonpitoisuus on yli 3000 Bq/m^3, koska vuotuinen annos ei saa ylittää annosrajaa 20 mSv/v. Kun uudet annosmuuntokertoimet otetaan käyttöön, radonaltistuksen seuranta täytyy järjestää nykyistä useammalla työpaikalla. Uudella laskentatavalla annosraja tulee vastaan huomattavasti pienemmällä työpaikan sisäilman radonpitoisuudella. Efektiivinen annos 20 mSv/v vakituisessa työssä (1650 tuntia/v) vastaa uudella tavalla laskettuna radonpitoisuutta 1600 Bq/m^3. Eli välitön altistuksen seuranta joudutaan aloittamaan huomattavasti nykyistä useammin. Tapauksissa, joissa 1600 Bq/m^3 ylittyy, joudutaan määräämään myös tiukemmat aikarajat radonkorjauksille, jottei vuotuinen annosraja ylity.

Toistaiseksi toiminnanharjoittajat ovat järjestäneet säteilyaltistuksen seurannan siten, että STUK on määrännyt radonmittaukset kaksi kertaa vuodessa ja määrännyt toiminnanharjoittajat ilmoittamaan työajat STUKiin kolmesti vuodessa. STUKin tarkastajat ovat arvioineet näiden perusteella annokset ja lähettäneet ne STUKin ylläpitämään annosrekisteriin.

Tämä on osoittautunut hankalaksi menettelyksi, sillä monet toiminnanharjoittajat eivät itsenäisesti muista teettää määrättyjä mittauksia ja raportoida työaikoja. STUKin tarkastajat joutuvat useissa tapauksissa muistuttamaan raportoinnista useita kertoja ja pyytämään lisätietoja toiminnanharjoittajien puutteellisiin raportteihin. Tämä on myös hankala käytäntö siitä syystä, että sama STUKin yksikkö tai jopa tarkastaja määrää toiminnanharjoittajan järjestämään säteilyaltistuksen seurannan ja sitten laskee nämä annokset toiminnanharjoittajan puolesta. Muissa kuin radonvalvonnassa säteilytyöntekijöiden altistuksen seurannan hoitaa kaupalliset mittauspalvelut tai toiminnanharjoittaja itse.

Radon ympäristön säteilyvalvontaohjelmassa

STUK toteuttaa valtakunnallista säteilyvalvontaohjelmaa, johon myös asuntojen ja julkisten oleskelutilojen sisäilman radonpitoisuuksien selvittäminen kuuluu. Valvonta on luonteeltaan pitoisuustasojen seurantaa, eikä sen perusteella määrätä toimenpiteitä asuntoihin. Ympäristön säteilyvalvontaohjelman puitteissa toteutetaan myös erillishankkeita, joilla kartoitetaan muiden kuin asuntojen, esim. päiväkotien, ulkoilman ja koulujen radonpitoisuuksia (esim. Kurttio ym., 2014; Kojo ym., 2015). Erilaiset otannat ovat myös osa ympäristön säteilyvalvontaa. Esimerkiksi uusien asuntojen otannalla selvitetään radontorjuntatoimien yleisyyttä ja uusien rakennusten radonpitoisuuksia (Kojo ym. 2016).

Paikallisella tasolla terveydensuojeluviranomainen toteuttaa asuntojen ja muiden oleskelutilojen radonvalvontaa.

Toimintasuositukset

1. Julkisissa tiloissa, etenkin tiloissa, joissa lapset oleskelevat, sisäilman radonpitoisuudet tulee tietää. Kuntien on huolehdittava siitä, että tarvittavissa kouluissa ja päiväkodeissa sisäilman radonpitoisuudet mitataan ja tarvittavat radonkorjaustoimet aloitetaan.
2. STUK tekee päivitetyn arvion työssään radonille altistuvien työntekijöiden altistumisesta.
3. STUK varautuu siihen, että työpaikkojen radonvalvonnassa altistuksen seurantaa vaativia työpaikkoja on jatkossa enemmän uuden annosmuuntokertoimen vuoksi. Tämä johtuu siitä, että altistuksen seurantaan tulee ryhtyä nykyistä pienemmillä sisäilman radonpitoisuuksilla ja Annosrekisteriin tullaan kirjaamaan arviolta kymmenien radonille altistuneen työntekijän annoksia.
4. Terveydensuojeluviranomaisten tulee varautua radonvalvonnan lisääntymiseen muissa oleskelutiloissa.
5. Toiminnanharjoittajien tulee raportoida radonista johtuvat annokset (pitoisuuksien ja oleskeluaikojen lisäksi) STUKiin. Toiminnanharjoittajat, jotka eivät pysty ilmoittamaan annoksia, voisivat mahdollisesti tulevaisuudessa hyödyntää STUKin hyväksymiä annosmittauspalveluita, joilta voisi ostaa tarvittavat mittaukset, laskennan ja raportoinnin. Tämä edellyttää, että kaupallisia annosmittauspalveluita radonaltistukseen perustetaan ja niille saadaan STUKin hyväksyntä.
6. Viranomaisyhteistyön ja digitalisaation edistämisen puitteissa STUKin olisi hyvä saada STM:n työsuojelun vastuualueen Vera-tietokantaan riittävät käyttöoikeudet, jotta työpaikkojen radonvalvontaa voidaan hoitaa tehokkaasti (norminpurku).
7. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen radonvalvontaa ja siitä tiedottamista toteutetaan nykyistä enemmän Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskuksessa Valvirassa, AVI:ssa sekä kuntien ympäristöterveysvalvonnassa.
8. Pohditaan, voidaanko asunto-osakeyhtiöitä velvoittaa mittamaan ilman radonpitoisuus pohjakerroksen asunnoista.
9. STUK päivittää työpaikkojen ja muiden oleskelutilojen radonmittausvelvoitealueiden määritelmän ja velvoittavuuden. Lähestymistapaa kehitetään niin, että potentiaaliset radonriskirakennukset löytyvät

suurella todennäköisyydellä.

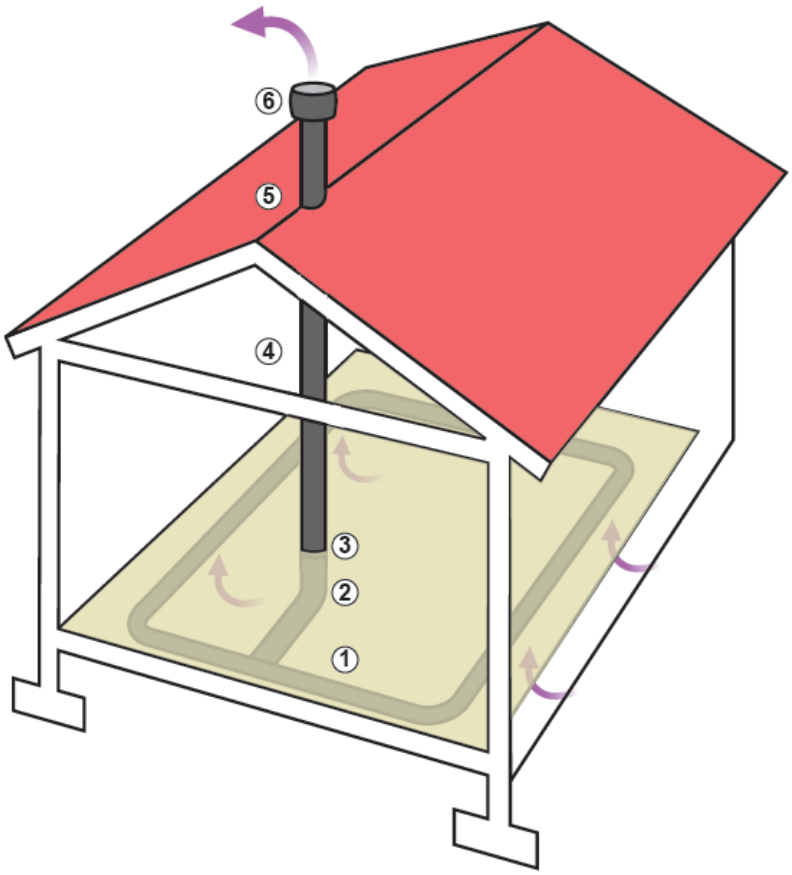
10. Olemassa olevien asuntojen radonpitoisuuden viitearvoksi asetetaan 300 Bq/m^3. Myös muissa oleskelutiloissa, joihin kansalaisilla on pääsy, sovelletaan asunnoille asetettuja radonpitoisuuden viitearvoja.
11. Uusien rakennusten sisäilman radonpitoisuuden ohjeelliseksi suunnittelun ja toteutuksen tavoitearvoksi asetetaan 150 Bq/m^3. Viitearvoa pienempää tavoitearvoa ei pidä poistaa, koska se voisi aiheuttaa uusien rakennusten radonpitoisuuksien kasvua. Nykyiset määräykset, ohjeet ja käytännöt toimivat hyvin. Jos radonpitoisuus uudessa talossa on suuri, radonputkiston poistoputkeen on helppo kytkeä huippuimuri. Tämä tehdään usein takuutyönä.
12. Työpaikkojen radonpitoisuuden viitearvoksi asetetaan 300 tai 400 Bq/m^3. Jos päädytään korkeampaan viitearvoon, STM tekee Komissiolle direktiivin säätämän perustelumuistion.
13. Selkeytetään sitä, miten vuokralaiset voivat saada tietoonsa kiinteistön omistajalta vuokratun tilan sisäilman radonpitoisuudet. Viitearvot ylittäviä tiloja ei pitäisi voida vuokrata eteenpäin asunnoksi, työtiloiksi tai muiksi oleskelutiloiksi.
14. Valtakunnallisessa ympäristön säteilyvalvontaohjelmassa selvitetään rajattujen kohteiden ja ryhmien, kuten uusien rakennusten, koulujen, maanalaisten tilojen, terveydenhuollon rakennusten, sekä vuokra- tai opiskelija-asuntojen, radonpitoisuuksia.

5. Sisäilman radonpitoisuuden pienentäminen

Uusiin rakennuksiin tehty radontorjunta on kustannustehokasta, helpompaa ja halvempaa kuin olemassa oleviin rakennuksiin jälkikäteen tehdyt radonkorjaukset. Radonturvallisista rakennuksista hyötyvät eniten tupakoijat. Radonkorjauksen maksaa yleensä kiinteistön omistaja.

Uusien rakennusten radonturvallisuus

STUK suosittelee radonin torjuntaa kaikkiin uusiin rakennuksiin. Rakennustieto Oy julkaisee uudisrakentamisen radonin torjuntaohjeistusta (RT 81-11099, 2012). Taloissa, joissa on tuulettuva alapohja ja reunavahvistettu laattaperustus, on yleensä pieni sisäilman radonpitoisuus ja radontorjunnaksi riittää alapohjassa olevien putkien ja johtojen läpivientien tiivistäminen. Jos rakennukseen tehdään maanvarainen lattialaatta, radonin torjunta tehdään asentamalla radonputkisto (Kuva 14), tiivistämällä alapohja kumibitumikermillä ja tiivistämällä läpiviennit. Jos radonpitoisuus ylittää suunnittelun tavoitearvon, radonputkisto aktivoidaan kytkemällä sen poistoputkeen katolle huippuimuri, jolloin radonpitoisuus pienenee yleensä 70 - 90 %. Tyypilliset kustannukset uusien rakennusten radontorjunnassa ovat pientaloissa joitain satoja euroja. Uudisrakentamisen radontorjuntakäytännöt ovat maassamme jo vakiintuneet ja niillä on ollut selkeä pienentävä vaikutus sisäilman radonpitoisuuksiin.



Kuva 14. Radonputkisto tehdään salaojaputkesta (1), joka yhdistetään (2) muoviseen poistoputkeen (4). Laatan läpivienti (3) tiivistetään huolellisesti. Poistoputki viedään vesikatolle (5) ja sen päähän laitetaan hattu (6).

Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan rakennuspaikan radonriskit on otettava huomioon suunnittelussa ja rakentamisessa. Vuonna 2009 tehdyn uusien talojen otantatutkimuksen mukaan toimenpiteitä oli tehty kuitenkin vain puolessa pientaloista. Korkeiden radonpitoisuuksien maakunnissa radonin torjuntaa oli tehty 90 %:ssa uusista pientaloista. Muualla Suomessa radonia oli torjuttu vain 40 %:ssa uusista pientaloista. Vuonna 2016 valmistuvassa uusien talojen otannassa radonputkisto on asennettu huomattavasti yleisemmin korkeiden radonpitoisuuksien maakuntien omakotitaloihin (98 %) kuin muille alueille (61 %). Sen sijaan sekä sokkelin ja lattialaatan liitoksen tiivistämisen että putkiston asentaneiden osuus oli lähes sama korkeiden radonpitoisuuksien alueilla ja muilla alueilla.

On tärkeää, että uusien rakennusten sisäilman radonpitoisuus mitataan, kun rakennukset on otettu käyttöön. Radonpitoisuus riippuu monista olosuhdetekijöistä, mm. ilmanvaihdon käyttötottumuksista. Siksi rakenteiden, sokkelin ulkopuolisten maatäyttöjen, ilmanvaihdon ja lämmityksen pitää olla täysin valmiit ennen radonmittauksen suorittamista. Toisaalta nykyisten ohjeiden mukaan radonmittauksen kesto pitää olla vähintään kaksi kuukautta ja se tehdään 1.11.–30.4. välisenä aikana. Näiden seikkojen takia radonmittauksen tulos ei ole aina saatavilla loppukatselmuksen aikaan eikä sitä ole kohtuullista siihen vaatiakaan. Loppukatselmuspöytäkirjaan olisi esim. mahdollista merkitä, että radonmittaus pitää teettää seuraavalla mittauskaudella. Toinen vaihtoehto on velvoittaa radonmittaukseen käyttöönottokatselmuksen yhteydessä.

Uudisrakentamisen radontorjunnalla on saavutettu hyvin myönteisiä tuloksia (Arvela ym. 2010, Kojo ym. 2016). Kun asuntokanta uudistuu ja jos radontorjuntatyöt yleistyvät, väestön kokonaisaltistus ja radonista johtuvien keuhkosyöpien määrä vähenee.

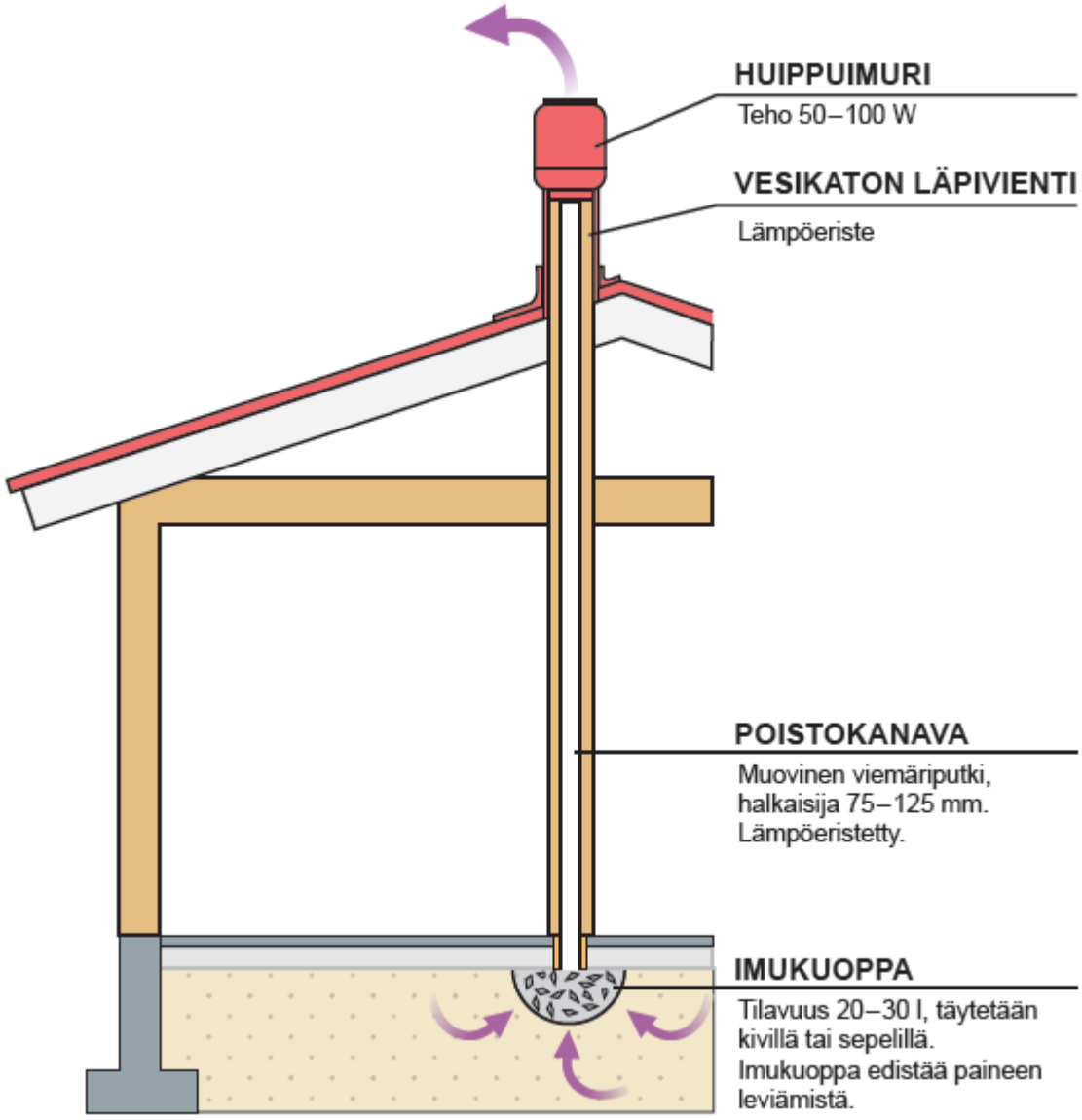
Matalaenergiarakentaminen voi tuoda uusia haasteita radonin torjuntaan. Koneellisen ilmanvaihdon ja hyvän ilmatiiviyden yhteisvaikutuksena rakennuksen alipaineisuus voi kasvaa merkittävästi. Tämä saattaa johtaa sisäilman kohonneisiin radonpitoisuuksiin. Hyvinkin pienet ilmavuodot alapohjassa voivat lisätä radonpitoisuuksia sisäilmassa, myös siinä tapauksessa, että ne eivät merkittävästi huononna rakennuksen kokonaisilmatiiviyttä. Vuonna 2016 valmistuneen (Kojo ym. 2016) uudisasuntojen otannan mukaan rakennusten ilmatiiveyden ja sisäilman radonpitoisuuden välillä havaittiin yhteys vain niissä pientaloissa, joissa radontorjuntatoimia ei oltu tehty. Ilmatiiveyden kasvaessa, myös mitattu radonpitoisuus nousi. Tämä havainto korostaa ilmatiiviiden talojen radontorjunnan tärkeyttä.

Radonkorjaukset

Ensimmäiset radonkorjaukset tehtiin Suomessa 1980-luvun alkupuolella. Radonkorjausten keskeinen tavoite on maaperästä tulevien ilmavuotojen estäminen tai vähentäminen. Tehokkaita radonkorjausmenetelmiä ovat radonimuri ja radonkaivo, joilla talon alla olevasta maaperästä ja täyttösorasta imetään radonpitoista huokosilmaa. Näin radonpitoisen huokosilman virtaaminen rakennukseen vähenee (Kuva 15). Radonkaivon ja -imurin avulla radonpitoisuus pienenee tyypillisesti 65–90 %. Alapohjan vuotokohtien tiivistäminen sekä ilmanvaihdon tehostaminen vähentävät sisäilman radonpitoisuutta harvoin yli 50 %. (Arvela ym. 2012). Radonkorjaus on STUKin kyselyjen mukaan maksanut keskimäärin 2 500 euroa (www.stuk.fi).

STUKin radonkorjausopas on ladattavissa STUKin www-sivuilta www.stuk.fi (Arvela ym. 2012). STUK on järjestänyt vuosittain radonkampanjoihin liittyvän radonkorjauskoulutuksen eri puolilla Suomea.

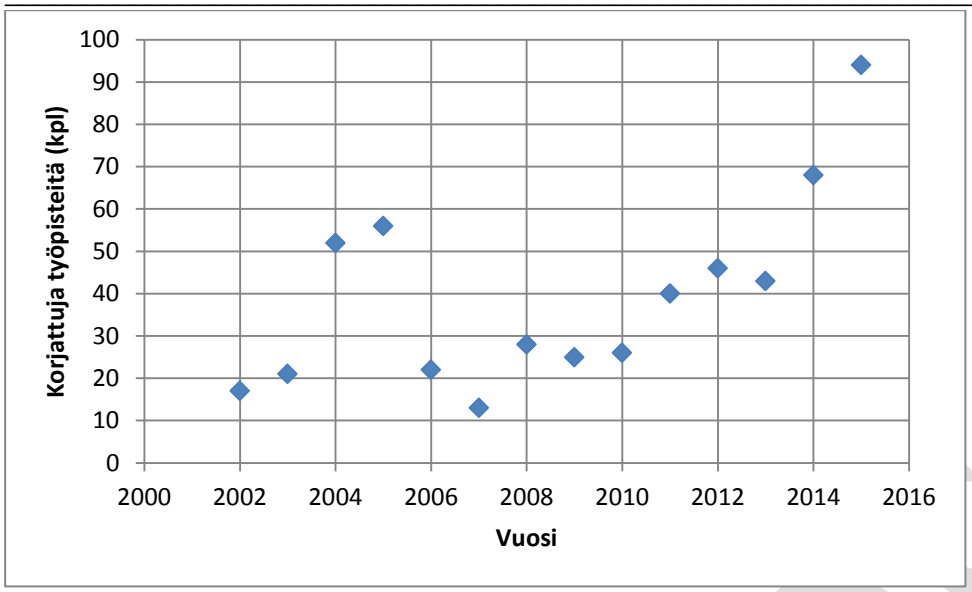
LUONNOS



Kuva 15. Radonimurilla imetään ilmaa lattian alta, joka tehokkaasti pienentää sisäilman radonpitoisuutta.

Toimiva radonimuri poistaa radonin lisäksi kosteutta rakennuksen alla olevasta täyttösorasta ja estää muidenkin haitallisten kaasumaisten aineiden pääsyä maaperästä sisätiloihin.

Kansallisen radontietokannan perusteella voidaan suoraan arvioida, että vuoden 2015 loppuun mennessä radonkorjauksia on tehty Suomessa noin 6000 pientaloasunnossa. Tämä on 12 % pientaloasunnoista, joissa radonpitoisuuden 400 Bq/m^3 arvioidaan ylittyvän. Kaikkia asuntojen radonkorjauksia ei ole kuitenkaan kirjattu tietokantaan. Radonkampanjoiden korjauskyselyjen mukaan korkeiden radonpitoisuuksien kunnissakin noin puolet 400 Bq/m^3 ylittävistä asunnoista on korjattu. Kansallisessa radontietokannassa 400 Bq/m^3 ylityksiä on löytynyt noin 15 000. Kansallisesta radontietokannasta löytyy noin 600 radonkorjattua työpisteessä (23 % mitatuista työpisteistä, joissa radonpitoisuus 400 Bq/m^3 on ylittynyt). Työpaikkojen radonkorjaukset näyttävät yleistyneen viime vuosina (Kuva 16).



Kuva 16. Työpisteiden lukumäärä, joissa rakennukseen tehtiin radonkorjaus (Lähde: kansallinen radontietokanta RAMI).

Vuonna 2011 tehdyn kyselyn mukaan yleisin syy radonkorjauksen laiminlyöntiin oli korjauksen hinta (53 %) (Taulukko 10). Osa ei löytänyt riittävästi ohjeita tai korjausyrityksiä. Vain 9 % ei pitänyt korjausta tarpeellisena.

Taulukko 10. Syitä, jotka estävät tai haittaavat radonkorjauksen tekemistä. Kyselyn kohteena oli 400 Bq/m^3 ylittäneet talot radonkampanjoissa vuosina 2008 ja 2009. N = vastausten määrä.

	Ei korjattu (N=451)	**Korjaus tehty (muu kuin radonputkiston aktivointi, N=354)**	**Radonputkisto aktivoitu (N=120)**
Hinta	53%	35%	23%
Ei riittävästi ohjeita	19%	10%	8%
Korjausyritysten puute	12%	11%	3%
En pidä tarpeellisena	9%	5%	4%
Muu	40%	18%	12%
Ei valittu mitään	11%	44%	63%

Radonkorjaajien pätevyys ja hyväksyntämenettely

STUKin nettisivuilta löytyy lista radonkorjauksia tekevistä yrityksistä. Listalle pääsee ilmoittautumalla tai kun on käynyt STUKin järjestämän päivän radonkorjauskoulutuksen. STUK ei vastaa yritysten työn laadusta. Tällä hetkellä radonkorjauksia tekeviltä yrityksistä ei edellytetä akkreditointia, sertifiointia tai muuta hyväksyntää. Radonmittaajien ja radonkorjaajien sertifioinnilla olisi hyviä ja huonoja puolia.

Huonoja puolia ovat:

- Sertifiointi lisää turhaa byrokratiaa ja kustannuksia. Tärkeintä on se, että asiakas ja palveluntarjoaja kohtaavat. Nykykäytäntö toimii hyvin, alalla ei ole riskejä ja väärinkäytökset ovat harvinaisia.
- Sertifiointi ei saa maksaa liikaa. Sertifioinnin hinta menee tuotteen kustannuksiin ja hinta on jo nyt yleisin syy tekemättömille radonkorjauksille.
- Radonkorjaus on tavallisesti vain lisäbisnes, joten kallis sertifiointi voi karkottaa osan potentiaalisista radonkorjaajista.

Hyviä puolia:

- Sertifioinnin kautta pystytään vaatimaan säännöllinen kertauskoulutus.
- Sertifiointi kertoo kuluttajalle, että tekijä on käynyt koulutuksen. Tämä ei kuitenkaan aina kerro työn tai palvelun laadusta. Sertifikaatti kertoo sen, että sen haltija on käynyt koulutuksen ja hänellä on perustiedot hallussa.
- Samalla tulee luoduksi koulutuspaketti, jota eri oppilaitokset voivat käyttää omassa opetuksessaan.

Yhteenvetona voidaan todeta, että nykyisessä norminpurkamisen hengessä Suomessa ei ole tarvetta sertifiointijärjestelmälle.

Nykykäytäntönä on se, että Säteilyturvakeskus järjestää radonkorjauskoulutuksia. Koulutuksen käyneillä on mahdollisuus saada yhteystietonsa listalle, joka sijaitsee STUKin nettisivuilla. Käytäntöä voisi laajentaa niin, että jos koulutuksen tarjoajia tulee muitakin, myös heidän kouluttamansa henkilöt ja yritykset listattaisiin keskitetysti.

Rakennusmateriaalit ja talousvesi sisäilman radonin lähteenä

Rakennusmateriaalin radioaktiivisuutta valvotaan Suomessa. Kun markkinoille tulee uudentyyppisiä rakennusmateriaaleja, niiden radioaktiivisuus mitataan. Jotkin rakennusmateriaalit voivat sisältää radium-226-isotooppia niin paljon, että sen tuottaman radonin vuoksi vertailutaso sisäilmassa voi ylittyä. Betonirakenteisten kerrostalojen ylimmissä kerroksissa radonpitoisuus on keskimäärin 44 Bq/m^3 ja tämä pitoisuus on peräisin betonirakenteista (Mäkeläinen ym. 2009).

Suomessa porakaivovedet voivat olla merkittävä sisäilman radonin lähde. Yksityiskaivoille suositeltu radonpitoisuuden enimmäisarvo on 1000 Bq/l . Arviolta 6000 taloudessa talousvesi sisältää radonia yli 1000 Bq/l, mikä aiheuttaa sisäilmaan keskimäärin vähintään 40 Bq/m^3 radonpitoisuuden lisäyksen (Turtiainen ja Salonen, 2010).

Toimintasuositukset

1. Radonin torjunta tehdään kaikkiin uusiin asuin- ja työpaikkarakennuksiin sekä julkisiin rakennuksiin koko maassa.
2. Kaikissa viitearvon ylittävissä rakennuksissa tehdään radonkorjaus.

3. Suositellaan ja tiedotetaan siitä, että asuntokaupan kuntotarkastuksen yhteydessä olisi hyvä esittää sisäilman radonpitoisuustulokset.

4. STUK jatkaa yhteistyötä yliopistojen, ylempien ammattikorkeakoulujen ja muiden toimijoiden kanssa rakennusterveysasiantuntijoiden ja rakennusvalvojien koulutuksessa pyrkien hyödyntämään digitalisaatiota.

5. Sisäilman radonpitoisuudet mitataan uusissa rakennuksissa.

6. STUK jatkaa toistaiseksi alueellisia radonkorjauskoulutuksia kunnes mahdollista muiden tahojen järjestämää koulutusta on saatavilla.

7. Pyritään kehittämään rakennushankkeeseen ryhtyville jaettavaa ohjeistusta radonin torjunnasta.

8. Rakentamiseen liittyvissä säädöksissä ja käytännöissä radontorjunta on huomioitava, samoin kuin suunnittelussa ja toteutuksessa radon on aina osa terveellistä sisäilmaa ja rakennusterveyttä.

9. Radontorjunnan ja -korjausten pitkän ajan pysyvyydestä tehdään selvitys.

10. Suomessa radonin torjunta- ja korjaustutkimuksiin pyritään varaamaan resursseja ja radoniin liittyvää laadukasta koulutusta pyritään järjestämään ammattikouluissa, ammattikorkeakouluissa sekä yliopistoissa.

11. Suomessa ei ole tarvetta radonmittaajien tai radonkorjaajien sertifiointijärjestelmälle.

6. Riskiviestintä ja kannustimet sekä liittymäpinnat muihin kansallisiin ohjelmiin

Radonriskien vähentäminen on kansanterveydellisesti tärkeää ja riskiviestintään tulee varata riittävästi resursseja. Huolimatta suuresta merkityksestään radonaltistuminen ei monia tunnu huolettavan. Toisaalta on niitä, jotka kokevat radonin hyvin ahdistavana ja pelottavana. Radoniin liittyvät riskikäsitykset siis vaihtelevat.

Vaikuttaville, radonriskitietoisuutta lisääville, kampanjoille on suuri tarve. Yhdysvaltojen ympäristönsuojelutoimisto (Environmental Protection Acency, EPA) on laatinut koosteen erilaisten radonkampanjoiden vaikuttavuudesta. (http://www.epa.ie/pubs/reports/research/health/Research_170_wrapped.pdf). Koosteessa suositellaan erilaisia keinoja, jotta radonkampanja olisi vaikuttava. Mm. yhtenä keinona suositeltiin, että radonmittausten tekemistä ei jätetäisi asunnon omistajan vastuulle, vaan valtiollista sääntelyä radonmittauksissa lisättäisiin.

Radonmittauksiin, -torjuntaan ja –korjauksiin kannustaminen ja rahoitus

Yksityisiä ihmisiä on vaikea motivoida radonmittauksiin ja -korjauksiin. Usein korjauskustannusten pelko johtaa siihen, että radonmittaus jätetään tekemättä. Rahallinen tuki radonmittauksien ja -korjauksien tekemisessä voisi edistää aktiivisuutta tällä alueella. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA) on myöntänyt avustuksia terveyshaitan poistamiseen vain erittäin poikkeuksellisissa tapauksissa ja radonkorjauksen kustannukset ylittävät harvoin korvausrajan vähimmäismäärää. ARA:n terveyshaitta-

avustuksen lopettaminen on parhaillaan eduskunnassa käsittelyssä. Radonkorjauksien työkustannuksien vähentämiseen voi käyttää kotitalousvähennystä.

Suomessa olisi tarve miettiä korjausavustusjärjestelmä, jota voitaisiin käyttää hyvin korkeiden radonaltistumisten pienentämiseen. Korjausavustusta tulisi saada, jos sisäilman radonpitoisuus on erittäin suuri ja perheet tulot pienet. Avustusta voisi myötää vain harvoissa tapauksissa (budjetti esim. 30 x 1000 €). Järjestelmän ehtoja tulee kuitenkin miettiä huolella. Esim. Tšekissä on jaettu kaikille korjausavustusta, jos radonpitoisuus on ollut yli 1000 Bq/m^3. Tämä on johtanut siihen, että korjausaktiivisuus on laskenut niiden joukossa, joilla asunnon radonpitoisuus on ollut 400 ja 1000 Bq/m^3 välillä.

Radonmittausten ja -korjausten kustannukset ovat pieniä verrattuna kiinteistön tai asunnon hintaan. Radonmittausten ja -korjausten määrä voisi nousta, jos sisäilman radonpitoisuudet tulisi esittää rakennusta myytäessä. Asunnon ostajan kannattaa aina vaatia tiedot radonpitoisuuksista. Jos pitoisuuksia ei ole mitattu, voi mahdollisiin radonkorjauskustannuksiin varata tietyn summan.

Radonkorjausten edistämiseksi Irlannin esimerkkiä noudattaen Suomessakin voisi harkita järjestelmää, missä radonkorjauksen jälkeen rakennuksen omistaja voisi saada ilmaisen radonmittauksen, millä korjauksen onnistuminen varmennetaan. Mittaustulokset tulisi raportoida kansalliseen radontietokantaan.

Kenelle radonriskiviestintää kohdennetaan?

Riskiviestinnän suunnittelussa on hyvä tuntea kohdeyleisön lähtötietojen taso. Tätä varten STUK teki radonista yleisen riskitietoisuuskyselyn, jonka tulokset julkaistaan vuonna 2016 (Kojo ym. 2016). Kyselyn mukaan 93 % vastaajista oli kuullut radonista ja valtaosa piti sitä haitallisena, vaikka monet yhdistivätkin radonaltistukseen vääriä sairauksia tai oireita. Peräti 37 % vastaajista suhtautui kotinsa radonmittaukseen joko välinpitämättömästi tai kielteisesti. Tupakointistatus ei ollut yhteydessä radonmittaukseen suhtautumiseen. Myös THL (Ung-Lanki ja Lanki 2013) ja on tehnyt kyselyn suomalaisten suhtautumisesta elinympäristön riskeihin. Kyselyn mukaan näkemyksissä radoniin liittyy eniten epätietoisuutta. Yleistä riskiä arvioitaessa muiden ympäristöaltisteiden osalta en osaa sanoa -vastausten osuus oli alle 6 %, mutta radonin kohdalla epävarmoja oli 26 % vastaajista. Ko. tutkimuksessa 50 % vastaajista koki myös tietävänsä melko vähän tai ei mitään radoniin liittyvistä terveysriskeistä. Lisäksi sisäilman radonia pidettiin kohtalaisen pienenä riskinä terveydelle.

Radoniin liittyvän riskiviestinnän kohdeyleisö on käytännössä kaikki suomalaiset. Tiettyjä kohderyhmiä kuitenkin voidaan erotella ja heidän kanssaan voidaan tehdä riskiviestintää ratkaisukeskeisesti ryhmän omien tarpeiden lähtökohdista. Näitä ovat mm. lapsiperheet, rakennusten omistajat ja vuokralaiset, vuokranantajat, radonmittauksia ja -korjauksia tekevät yritykset, rakennusliikkeet, työpaikat, kiinteistövälittäjät, kuntien ympäristöterveysvalvonta, työsuojelu, yhdistykset (esim. Kiinteistöliitto, Omakotiliitto, Sisäilmayhdistys), koulutuslaitokset (ammattikoulut, ammattikorkeakoulut, yliopistot), toimittajat sekä ministeriöt ja tutkimuslaitokset (esim. THL, TTL, Tukes).

Tupakoimattomat henkilöt näyttävät tekevän innokkaammin radonkorjauksia, vaikka korjaukset olisivat syöpäriskin vähentämismielessä tehokkaampia tupakoijilla. Ei kuitenkaan ole syytä kannustaa vain tupakoijia radonkorjauksiin, koska kyseisessä talossa saattaa ajan myötä asua tupakoimattomia henkilöitä tai tupakoija

toivottavasti lopettaa tupakoimisen. Tavoitteena on, että kaikissa rakennuksissa radonpitoisuudet olisivat riittävän matalalla tasolla, ei pelkästään rakennukset, joissa tupakoivat oleskelevat.

Radonriskiviestintä ei saisi olla yksin STUKin asiantuntijoiden tehtävä. Kunnan rakennusvalvonnalla on keskeinen rooli uusien rakennusten radontorjunnassa ja riskiviestinnän erityinen kohde on paikallinen rakennusvalvonta, pohjatutkijat, pohja- ja rakennesuunnittelijat sekä pääsuunnittelijan tehtäviä hoitavat henkilöt. Olemassa olevien rakennusten radonmittauksiin ja -korjauksiin aktivoiminen tulee hoitaa viestinnällä, joka tavoittaa asukkaat, toiminnanharjoittajat ja työnantajat.

Sisäilman radonpitoisuudet vaihtelevat ja joillakin alueilla saattaa olla huomattavasti korkeampia pitoisuuksia kuin muualla kunnassa. Näillä korkean radonriskin alueilla kaikki asunnot ja alimpien kerrosten työpaikat ja muut oleskelutilat tulisi mitata ja korjata. Viestinnässä tulisi huomioida, että kyseiset alueet eivät kuitenkaan saisi ”vaarallisen” mainetta, mikä vaikuttaisi liikaa kiinteistöjen hintoihin.

Viestintäkanavat

STUKin verkkosivuilla on runsaasti radoniin liittyviä tietoja. Suuri osa kansalaiskysymyksistä osoitetaan STUKin radonasiantuntijoille sähköpostilla tai puhelimitse. Tällaisiin yksittäisiin viesteihin vastaaminen sitoo paljon resursseja, ja siihen olisi hyvä miettiä uusia tapoja. Perinteisiä painettuja julkaisuja tarvitaan nykyisin vähemmän, mutta avaindokumentit, kuten perustietoa radonista ja korjausoppaat, kannattaa julkaista myös painettuina. Erilaisilla ammattimessuilla radonasiantuntijat pääsevät vuorovaikutukseen yleisön kanssa ja luomaan suhteita muihin toimijoihin. Erilaisten dokumenttien julkinen kuuleminen auttaa ottamaan huomioon erilaisten ryhmien tarpeet ja näkökannat tavoitteen saavuttamisessa. Sidosryhmäkuulemiset voivat parhaimmillaan edesauttaa sitoutumista yhteisiin tavoitteisiin. Sosiaalinen media on tärkeä viestintäkanava ja sitä pitäisi pystyä hyödyntämään nykyistä paremmin.

Alueellisesti Suomessa STUK on kuntien ja STM:n kanssa järjestänyt radonkampanjoita, joissa väestön radontietoisuutta on pyritty edistämään. STUKin ei välttämättä aina tarvitse olla osallisena radonkampanjoissa, koska paikalliset ympäristöterveysasiat pitäisi kunnissa tuntea kokonaisuudessaan hyvin.

Kansainvälisen mallin mukaisesti Suomessakin voitaisiin nimetä tietty päivä tai kuukausi radonturvapäiväksi tai -kuukaudeksi, jolloin radonasioita viestittäisiin tehokkaasti. Ammattilaisille olisi syytä järjestää Radonturvapäivät, missä esiintyisivät muutkin kuin STUKin radonasiantuntijat.

Riskiviestintä on asiantuntemusta vaativa työ, johon radonasiantuntijoilla ei tyypillisesti ole koulutusta. Syöpäjärjestöt viestivät tupakoinnin vastaista kampanjointia, johon radon olisi hyvä sisällyttää. Nykyaikainen riskiviestintä ajatellaan vuoropuheluna osallisten kesken. Siihen kuuluu oleellisesti prosessi, jossa riskien hallintaan liittyvät tiedot ja mielipiteet otetaan huomioon. Tällainen viestintätapa on luonnollisesti aikaa vievä ja vaatii resursseja.

Liittymäpinnat muihin kansallisiin ohjelmiin

Euroopan parlamentin ja neuvoston rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (EPBD) edellyttää jäsenmailta kansallisia ohjaustoimia rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi. Ympäristöministeriö on asettanut

hankkeen valmistelemaan lähes nollaenergiarakentamista koskevaa lainsäädäntöä. Matalaenergia- ja passiivirakentamisen ominaispiirteitä ovat lisääntynyt lämmöneristys, rakennuksen vaipan hyvä ilmatiiviys sekä koneellinen ilmanvaihto. Hyvinkin pienet ilmavuodot perustuksessa voivat vaikuttaa radonpitoisuuteen, myös siinä tapauksessa, että ne eivät merkittävästi huononna rakennuksen kokonaisilmatiiviyttä. Energiatehokkaissa rakennuksissa tulee huomioida sisäilman laatu mm. radonpitoisuudet. Aihe koskettaa uusia taloja sekä vanhoja taloja, joissa tehdään uudet energiamääräykset täyttävä peruskorjaus.

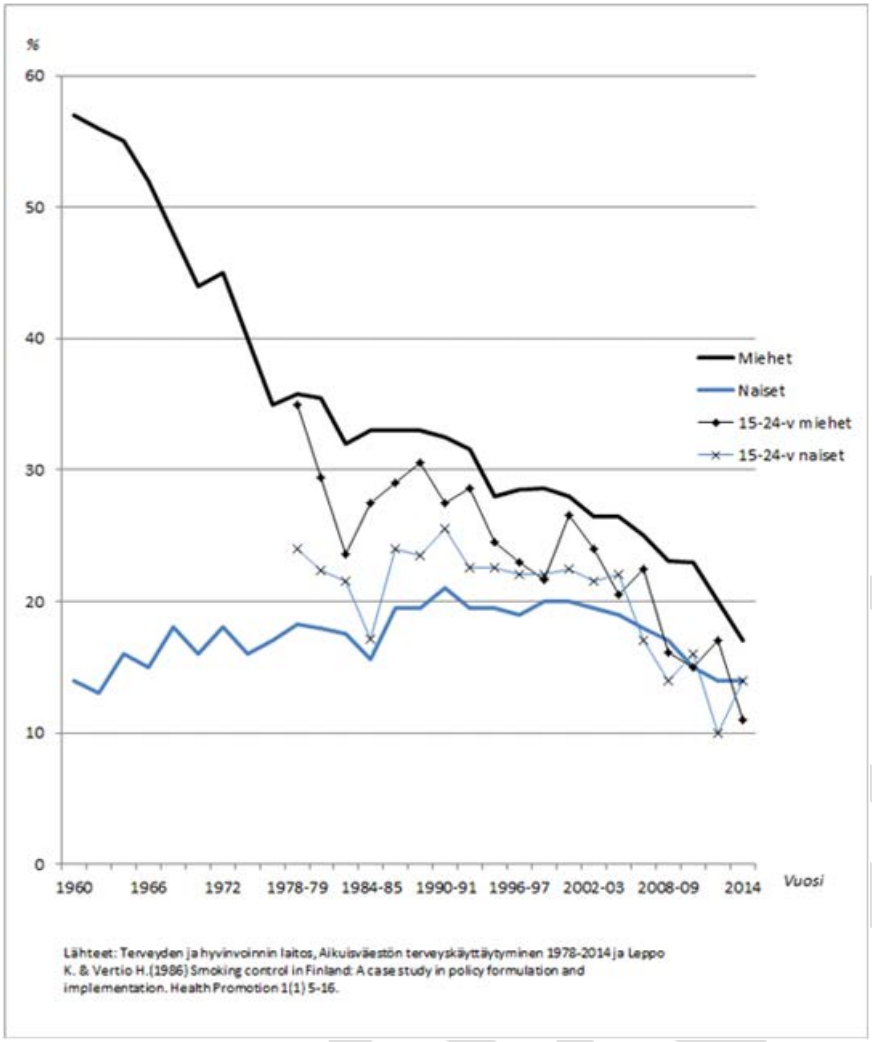
Ammattikouluissa, ammattikorkeakouluissa ja yliopistoissa annetaan vaihtelevasti radonkorjauksiin liittyvää opetusta.

Suomessa radontorjuntaan ja -korjauksiin liittyvä tutkimus on vähentynyt huomattavasti 2000-luvulla. Etenkin uusien energiatehokkaiden rakennusten radonturvallisuuteen liittyvää tutkimus- ja kehitystyölle olisi kuitenkin tarvetta. Kansallinen säteilyturvallisuustutkimuksen ohjelman mukaan radonkorjauksiin liittyvää tutkimusta pitäisi jatkossa tehdä yliopistoissa (Salomaa ym. 2015).

Kansallisen allergiaohjelman 2008–2018 yhtenä tehtävänä on vähentää sisäilmaongelmaisten asuntojen määrää. Työkaluina käytetään neuvontaa, tiedostusta, vaikuttamista rakennusteollisuuteen ja rakennusmääräysten uusimiseen. Toiminta on hyvin samankaltaista kuin radononglemien vähentämisessä.

Neljännessä European Code Against Cancer -julkilausumassa sisäilman radonpitoisuuden pienentäminen mainitaan yhtenä tärkeimmistä tavoista, joilla voi vähentää henkilökohtaista syöpäriskiään (https://www.ilmansyopaa.fi/tunne-syopariskit/ ja http://www.europeancancerleagues.org/).Tupakointi on viime vuosina koko ajan vähentynyt (Kuva 17), joten tupakoinnin vastustusohjelmat, kuten Savuton Suomi 2030 -ohjelma, vähentävät suomalaisten tupakointia ja siten myös radoniin liittyvien keuhkosyöpien määrää. Radonin tupakoijille aiheuttaman lisäriskin olisi syytä olla osa tupakoinnin vastaisia kampanjoita.

LUONNOS



Kuva 17. Tupakoinnin yleisyys Suomessa eri vuosina.

Toimintasuositukset

1. STUK toteuttaa radonviestintäsuunnitelmaa yhdessä muiden toimijoiden kanssa.
2. Hyödynnetään digitalisaatiota radonriskiviestinnässä. Käytännössä tämä tarkoittaa esim. sitä, että STUKin sivuilta voisi selvittää työpaikkojen ja julkisten tilojen radonpitoisuuksia kansallisesta radontietokannasta; alueellisesti ja kunnissa radonriskialueet olisivat kuntalaisten nähtävillä; tai radoniin liittyvää opastusta voisi saada entistä tehokkaammin paikallisesti on-line.
3. STUK toteuttaa STM:n osittain rahoittamia paikallisia radonkampanjoita. Radonmittaajia ja -korjaajia otetaan kampanjoihin säännöllisesti mukaan.
4. Kunnan terveydensuojeluviranomaiset järjestävät jatkossa itse useammin viestinnällisiä radonkampanjoita, koska heillä on tärkeää paikallistason tuntemusta.
5. Kansalaisneuvonta radonasioissa pyritään siirtämään enemmän paikallistasolle, koska STUKin resurssit eivät yksittäisten kansalaisten palvelemiseen riitä.
6. STUK julkaisee radonriskitietoisuusraportin, jonka pohjalta kehitetään viestintää eri kohderyhmille.
7. Aletaan järjestää Radonturvapäiviä radonammattilaisille ja viranomaisille.

8. Aletaan järjestää valtakunnallisia Radonpäiviä tai Radonkuukausia kansalaisille.
9. Selvitetään, onko mahdollista tarjota taloudellista apua radonkorjauksiin vähävaraisille perheille, jotka asuvat rakennuksessa, jossa on hyvin korkeat sisäilman radonpitoisuudet.
10. STUK tekee tietopaketin sisäilman radonista asunnon- ja kiinteistönvälittäjien koulutusta varten.
11. Tehostetaan yhteistyötä sisäilma- ja rakennusterveysohjelmien sekä muiden vastaavien tutkimusalueiden kanssa niin, että myös radonasiat huomioidaan. Esim. homekorjaushankkeissa voisi radononongelman hoitaa samalla kertaa.
12. STUK ja STM jatkavat viestintäyhteistyötä Sisäilmayhdistyksen ja muiden sisäilma- ja rakennusterveystoimijoiden kanssa.
13. Radonriskiviestintää tehdään enemmän Syöpäjärjestöjen kanssa, ja tupakoinnin ja radonin yhteisvaikutus otetaan entistä selkeämmin huomioon riskiviestinnässä.

7. Pitkän aikavälin tavoitteet radonaltistuksesta aiheutuvan keuhkosyöpäriskin pienentämiseksi

Pääosa väestön radonaltistumisesta tulee kotoa, joten keuhkosyöpälaskelmia on tehty asuntojen radonpitoisuuksien muutosten vaikutuksesta keuhkosyöpäkuolemiin. Joissakin työpaikoissa työilman korkeat radonpitoisuudet aiheuttavat kuitenkin merkittävästi kohonneen keuhkosyöpäriskin, jollei pitoisuuksia saada pienennettyä. Tupakoinnin lopettamisella pystytään ehkäisemään suurin osa myös radonin aiheuttamista keuhkosyövistä.

Sisäilman radonpitoisuus lisää väestön keuhkosyöpäriskiä 16 %:lla jokaista 100 Bq/m^3 lisäystä kohti (Darby ym. 2005). Arvelan ym. (2010) mukaan, jos kaikki Suomen radonpitoisuuden 200 Bq/m^3 ylittävät asunnot pystyttäisiin korjaamaan keskimäärin pitoisuuteen 100 Bq/m^3, olisi kaikkien asuntojen radonpitoisuuden keskiarvo 70 Bq/m^3. Tämän seurauksena radonin selitysosuus kaikista keuhkosyövistä alenisi 16 %:sta 10 %:iin ja radoniin liittyvät keuhkosyövät vähenisivät noin 75 tapauksella vuodessa (10 tupakoimatonta ja 65 tupakoivaa) olettaen, että tupakointi pysyy nykyisellä tasolla. Tämä on 27 % radonin aiheuttamista keuhkosyövistä ja noin 4 % kaikista keuhkosyövistä. Radonpitoisuuksia ei kuitenkaan pystytä pienentämään kaikissa asunnoissa, joten tavoite on hyvä, mutta luultavasti liian optimistinen.

Keuhkosyövän kehittymiseen menee altistumisesta vuosikymmeniä. Sisäilman radon on merkittävin keuhkosyövän aiheuttaja tupakoimattomilla. Tupakointi on edelleen merkittävin keuhkosyövän aiheuttaja, ja tupakoinnin yleisyyden muutokset näkyvät keuhkosyöpätilastoissa. Tupakoinnin yleisyys vaihtelee eri puolilla Suomea. Radonaltistumisen vähenemisen vaikutusta keuhkosyövän ilmaantuvuuteen on sen vuoksi mahdotonta nähdä syöpätilastoissa alueellisesti tai valtakunnan tasolla.

Viitteet

Arvela H, Mäkeläinen I ja Castrén O: Otantatutkimus asuntojen radonista Suomessa. STUK-A108. Säteilyturvakeskus. Helsinki: 1–49. 1993

LUONNOS

Arvela H, Mäkeläinen I, Holmgren O ja Reisbacka H: Radon uudisrakentamisessa, Otantatutkimus 2009. STUK-A244. Säteilyturvakeskus. Helsinki: 1–94. 2010

Arvela H, Mäkeläinen I, Valmari T, Holmgren O, Reisbacka H: Sisäilman radonpitoisuuden enimmäisarvouudistus. Perusteraportti. 2010

Arvela H, Holmgren O ja Reisbacka H: Asuntojen radonkorjaaminen. STUK-A252. Säteilyturvakeskus. Helsinki: 1–141. 2012

Arvela H, Holmgren O, Hänninen P: Effect of soil moisture on seasonal variation in indoor radon concentration: modelling and measurements in 326 Finnish houses. Radiation Protection Dosimetry 168 (2), 277-290. 2016

Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. British Medical Journal, 330, 23–227, 2005

Darby S, Hill D, Deo H, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, Bochicchio F, Falk R, Farchi S, Figueiras A, Hakama M, Heid I, Hunter N, Kreienbrock L, Kreuzer M, Lagarde FC, Mäkeläinen I, Muirhead C, Oberaigner W, Pershagen G, Ruosteenoja E et al. Residential radon and lung cancer – detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14 208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health; 32 Suppl 1: 1–84. 2006

Gray A, Read S, McGale P, Darby S: Lung cancer deaths from indoor radon and the cost effectiveness and potential of policies to reduce them. BMJ; 338:215-218. 2009

Hänninen O ja Knol A: European Perspectives on Environmental Burden of Disease. Estimates for Nine Stressors in Six European Countries, Helsinki, Finland, THL, 2011

ICRP 65. Protection Against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65. Ann. ICRP 23(2), 1993

ICRP 115. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. ICRP Publication 115. Ann. ICRP 40(1), 2010

ICRP 126. Radiological Protection against Radon Exposure. ICRP Publication 126. Ann. ICRP 43(3), 2014

ICRP:n ennakkotieto: https://www.eurosafe-forum.org/sites/default/files/Eurosafe2015/Seminar2/2.03_ICRP_Lecomte.pdf

ICRU 88. Measurement and reporting of radon exposures. Journal of the ICRU, 12 (2) Oxford university press 2012

Kojo K, Perälä M, Tarsa T, Kurttio P: Päiväkotien sisäilman radonkartoitus 2014–2015 : Ympäristön säteilyvalvonnan toimintaohjelma. http://urn.fi/URN:ISBN978-952-309-287-7 2015

Kojo K, Holmgren O, Pyysing A, Kurttio P: Radon uudisrakentamisessa. Otantatutkimus 2016. Ympäristön säteilyvalvonnan toimintaohjelma. LINKKI TÄHÄN 2016

Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM., Alavanja M, Catalan VS. et al. Residential Radon and Risk of Lung Cancer: A Combined Analysis of 7 North American Case-Control Studies. Epidemiology, 16, 137-145, 2005

Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM., Alavanja M, Catalan VS. et al. A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer. J Toxicol Environ Health A, 69(7), 533-97, 2006

Miles J, Howarth C ja Hunter N: Seasonal variation of radon concentrations in UK homes. J. Radiol. Prot. 32, 275–287, 2012

Mäkeläinen I: Kuka saa syövän radonista? Ympäristö ja terveys-lehti 2010; 3: 60–63 http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014120249771

Mäkeläinen I, Kinnunen T, Reisbacka H, Valmari T, Arvela H: Radon suomalaisissa asunnoissa - Otantatutkimus 2006. STUK-A242. Helsinki: Säteilyturvakeskus. 2009

Mäkeläinen I, Moisia S, Reisbacka H, Turtiainen: Indoor occupancy and radon exposure in Finland. Rad. Env. 7, 687–693, 2005.

RADPAR WP7 Analysis of cost effectiveness and health benefits of radon control strategies (Final Report) http://web.jrc.ec.europa.eu/radpar/documents.cfm viitattu 20.7.2016

RT 81-11099. Radonin torjunta. Rakennustieto Oy. 2012

Salomaa S, Muikku M, Peräjärvi K ja Siiskonen T: Kansallinen säteilyturvallisuustutkimuksen ohjelma. STUK-A260. Helsinki: Säteilyturvakeskus. 2015

Suomen virallinen tilasto (SVT): Asunnot ja asuinolot [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-6745. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 9.5.2016]. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/asas/index.html

The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden: Naturally Occurring Radioactivity in the Nordic Countries –recommendations. 2000 https://asiakas.kotisivukone.com/files/nordicnorm2015.kotisivukone.com/tiedostot/nordic_recommendations_2000.pdf

Tilastokeskus. Suomalaisen työaika Euroopan lyhyimpiä. 24.9.2012 http://www.stat.fi/artikkelit/2012/art_2012-09-24_002.html

Turtiainen T ja Salonen L: Prevention measures against radiation exposure to radon in well waters: Analysis of the present situation in Finland. Journal of Water and Health, 8(3), 500–512, 2010.

Ung-Lanki S ja Lanki T: Elinympäristöstä aiheutuviin terveysriskeihin suhtautuminen Suomessa. Yhdyskuntasuunnittelu 3:10-28. 2013

Valmari T, Mäkeläinen I, Reisbacka H, Arvela H: Suomen radonkartasto 2010 – Radonatlas över Finland 2010 – Radon Atlas of Finland 2010. STUK-A245. Helsinki: Edita Prima Oy, 2010. https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/124319/stuk-a245.pdf?sequence=1

WHO handbook on indoor radon, 2009. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44149/1/9789241547673_eng.pdf

Zhang Z-L, Sun J, Dong JY et al: Residential radon and lung cancer risk: an updated meta-analysis of case–control studies. Asian Pac J Cancer Prev 13:2459–2465. 2012

LIITE 1. Eri toimijoiden roolit/vastuut radonasioissa

Tietämystä eri toimijoiden rooleista ja vastuista pidetään parhaiten yllä sujuvalla yhteistyöllä. STUK on pitänyt yhteistyökokouksia monien eri toimijoiden kanssa viime vuosina. Jotta kaikille toimijoille muodostuisi yhtenäinen kuva riskienhallintatyöstä, järjestetään sidosryhmätilaisuus, johon kutsutaan kaikkien asianosaisten edustajia keskustelemaan mm. rooleista ja vastuista. Tässä liitteessä on esitetty tärkeimmät toimijat ja sidosryhmät sekä kirjattu niiden tämänhetkisiä rooleja ja vastuita radonin torjuntatyössä.

Viranomaiset

Sosiaali- ja terveysministeriö

Säteilylain ja terveydensuojelun yleisen suunnittelun ja valvonnan ylin johto ja ohjaus kuuluvat sosiaali- ja terveysministeriölle. STM vastaa Kansallisen toimintasuunnitelma radonriskien ehkäisemiseksi implementoinnista kansalliseen päätöksentekoon ja toimeenpanon raportoinnista komissiolle.

Ympäristöministeriö

Ympäristöministeriö hoitaa rakennusten sisäilman laadun ennakkovalvonnan rakennusmääräyksiä koskevilla säädöksillä. Ympäristöministeriö ei kuitenkaan aseta terveydellisen haitan rajoja, vaan esim. rakentamismääräyskokoelman osassa D2 (Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet 2012 ja aikaisemmat versiot) todetaan, että sosiaali- ja terveysministeriö vahvistaa haitallisiksi tunnetut pitoisuudet asetuksella.

Valvira

Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus (Valvira) ohjaa terveydensuojelulain ja sen nojalla annettujen säännösten toimeenpanoa ja valvontaa. Valviran laatii valtakunnallinen terveydensuojelun valvontaohjelman.

Säteilyturvakeskus

Säteilylain ja -asetuksen säännösten toimivaltainen valvontaviranomainen on Säteilyturvakeskus (STUK). Säteilyturvakeskus on siis työpaikkojen radonaltistusta valvova viranomainen. Jokainen työnantaja on velvollinen mittaamaan työpaikan sisäilman radonpitoisuuden, mikäli on aihetta epäillä, että toimenpidearvo ylittyy.

Sisäilman radon kuuluu osana STUKin toteuttamaan kansalliseen ympäristön säteilyvalvontaan. STUK ylläpitää kansallista radontietokantaa asuntojen ja työpaikkojen radonpitoisuudesta. STUK seuraa radonpitoisuuden muutoksia asuntokannassa ja voi tarkentaa arvioita kohdennetuilla otantatutkimuksilla. STUK julkaisee myös radoniin liittyviä tilastoja ja radonkarttoja.

STUK hyväksyy työpaikkojen ilman radonpitoisuuden mittaamiseen soveltuvat mittalaitteet. Työpaikkojen

LUONNOS

valvontamittausten lisäksi STUK tarjoaa radonmittauspalveluita yksityishenkilöille. STUK ylläpitää kansallista radonmittanormaalia ja tarjoaa kalibrointipalveluja radonmittalaitteille.

Radonin aiheuttamien annosten ja niihin liittyvien henkilö- ja väestöriskien arviointi kuuluu STUKille. STUK tarjoaa asiantuntijapalveluita mm. antamalla lausuntoja radoniin liittyvissä asioissa. STUK toteuttaa ja koordinoi olemassa olevin resurssein tutkimuksia, jotka käsittelevät radontorjuntaa, radonkorjauksia ja radonin terveysvaikutuksia.

STUK toteuttaa radonriskiviestintää laatimalla mm. tiedotteita, lehtikirjoituksia ja oppaita, ylläpitämällä kattavia radonaiheisia www-sivuja, osallistumalla yleisötilaisuuksiin ja luennoimalla viranomaisille, yrityksille ja opiskelijoille. STUK antaa myös kansalaisille radonneuvontaa.

Radonriskien hallinnassa STUKin rooli on keskeinen. STUK on yhteydessä eri viranomaisiin ja antaa asiantuntija-apua radonin haittojen torjuntaan liittyvien säädösten valmistelutyössä.

STUKin roolit radonin haittojen torjuntaan tähtäävässä työssä.

TUKES

TUKES on kaivosturvallisuudesta vastaava kaivosviranomainen.

Aluehallintoviranomainen

AVIen työsuojelun vastuualue

Työturvallisuuslaki (738/2002) sisältää työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden suojelua koskevat perussäännökset. Työturvallisuuslain 2 §:n 3 momentin mukaan sen lisäksi, mitä tässä laissa säädetään, noudatetaan, mitä työturvallisuudesta tietyssä työssä erikseen säädetään. Lainvalmisteluaineiston mukaan säteilylaki on yksi tässä tarkoitettu laki. Työsuojeluviranomainen valvoo säteilyaltistuksen rajoittamista

työturvallisuuslain 8§:n, 10 §:n, 38 §:n ja 39 §:n perusteella. Kun työnantaja on täyttänyt työturvallisuuslain tarkoittamat velvollisuutensa säteilyaltistuksen suhteen, mahdollisesti tarvittavat jatkovalvontatoimenpiteet kuuluvat erityislainsäädännön perusteella Säteilyturvakeskuksen toimivaltaan.

Säteilylaissa (592/1991) on erityiset säännökset säteilytyöstä, luonnonsäteilystä ja valvonnasta. Työturvallisuuslain perustelujen mukaan erityiset turvallisuutta koskevat säännökset eivät syrjäytä työturvallisuuslakia, vaan tulevat sovellettavaksi ja noudatettavaksi sen ohella.

Aluehallintovirastojen työsuojelun vastuualueiden työsuojelutarkastajat valvovat, että työnantaja noudattaa lakisääteisiä velvoitteitaan työntekijöiden suojelemiseksi. Sosiaali- ja terveysministeriö (STM) antaa työsuojeluvalvonnasta valvontaohjeita, joiden tarkoituksena on yhdenmukaistaa työsuojeluvalvontaa, parantaa työsuojelutarkastusten laatua ja lisätä toiminnan läpinäkyvyyttä. Tarkastuksen lähestymistapa on kokonaisvaltainen turvallisuuden ja terveellisyyden hallinnan arviointi. Työsuojeluviranomainen voi velvoittaa työnantajaa ryhtymään toimenpiteisiin haitan selvittämiseksi, poistamiseksi tai rajoittamiseksi. Työsuojeluviranomainen ei voi velvoittaa kiinteistön omistajaa ryhtymään toimenpiteisiin.

AVIen terveydensuojelu

Aluehallintovirasto ohjaa ja valvoo terveydensuojelua toimialueellaan sekä arvioi kuntien terveydensuojelun valvontasuunnitelmat ja niiden toteutumista.

Kunnat

Kunnan tehtävänä on alueellaan edistää ja valvoa terveydensuojelua siten, että asukkaille turvataan terveellinen elinympäristö. Kunnan on tiedotettava terveydensuojelusta ja järjestettävä terveydensuojelua koskevaa ohjausta ja neuvontaa. Kunnan tulee laatia ja hyväksyä säännöllistä valvontaa koskeva terveydensuojelun valvontasuunnitelma siten, että valvonta on laadukasta, säännöllistä ja terveyshaittoja ehkäisevää.

Kunnan terveydensuojeluviranomainen

Kunnan terveydensuojeluviranomaisen tehtävänä on ylläpitää ja edistää väestön ja yksilön terveyttä sekä ennaltaehkäistä, vähentää ja poistaa sellaisia elinympäristössä esiintyviä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa. Terveydensuojelun alaisia kohteita ovat mm. asunnot, oppilaitokset, päiväkodit, terveyden- ja sosiaalihuollon laitokset ja muut kokoontumistilat. Kunnan terveydensuojeluviranomainen voi velvoittaa kiinteistön omistajaa ryhtymään tarvittaviin toimenpiteisiin silloin, kun haitan aiheutuminen katsotaan olevan kiinteistön omistajan vastuulla. Terveydensuojeluviranomaiset ovat vastuussa sisäilman radonin ja muiden asuntojen terveydellisten olosuhteiden valvonnasta. Kunnan terveydensuojeluviranomainen voi antaa yleisiä määräyksiä terveyshaitan ehkäisemiseksi ja terveydellisten olojen valvomiseksi.

Rakennusvalvonta

Paikallisten rakennusvalvontaviranomaisten työ on keskeisessä asemassa uudisrakentamisen

LUONNOS

radontorjuntatyössä. Hyviin käytäntöihin kuuluu radontorjuntatyön vaatiminen rakennuslupaan liittyvissä suunnitteluasiakirjoissa.

Muut kuin viranomaiset

Kiinteistön omistajat

Kiinteistön omistajan vastuu rakennuksen kunnosta ja sitä kautta sisäympäristöongelmista on kirjattu maankäyttö- ja rakennuslakiin. Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL 166 §) edellyttää, että rakennus täyttää terveellisyyden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset. Terveydensuojelulain (1237/2014, laki terveydensuojelulain muuttamisesta 27 §) mukaan haitan poistamisesta vastaa rakennuksen omistaja, jos haitta aiheutuu asuinhuoneiston tai muun oleskelutilan rakenteista, eristeistä tai rakennuksen omistajan vastuulla olevista perusjärjestelmistä. Jos terveyshaitta aiheutuu kuitenkin asunnon tai muun oleskelutilan käytöstä, joka ei ole tavanomaista, terveyshaitan poistamisesta vastaa asunnon tai muun oleskelutilan haltija.

Asukkaat

Asukas tekee aina viime kädessä päätöksen tehdäänkö asuntoon radonkorjaus, mikäli viitearvo ylittyy. Asukas voi pientalonsa suunnitteluvaiheessa jo vaikuttaa, käytetäänkö rakennusvaiheessa tehokkaita radonintorjuntamenetelmiä.

Vuokranantajat/omistajat

Vuokranantaja vertautuu toiminnanharjoittajaksi vuokratessaan kiinteistöjä työpaikoiksi. STUK voi määrätä kiinteistön omistajan tekemään kiinteistöön radonkorjauksen, mikäli siinä on työpaikka ja toimenpidearvo ylittyy. Mikäli rakennus on vuokrattu asuinkäyttöön, voi asukas terveydensuojelulain nojalla vaatia kiinteistöön radonkorjauksia. Tässä on apuna paikallinen ympäristöterveysviranomainen.

Työnantajat, työntekijät, muiden oleskelutilojen käyttäjät

Työnantajan tulee huolehtia siitä, että työolot eivät aiheuta haittaa tai vaaraa työntekijöiden terveydelle ja turvallisuudelle. Työturvallisuuslain mukaan työnantajan tulee arvioida työhön liittyviä haittoja ja vaaroja. Tilojen käyttäjät ovat omalta osaltaan vastuussa tilojen oikeasta käytöstä. Tiloja tulee käyttää suunnitellussa käyttötarkoituksessa ja annettujen ohjeiden mukaan. Työntekijä on velvollinen ilmoittamaan esimiehelleen havaitsemistaan haitoista ja puutteista sisäympäristöön liittyen. Säteilylain mukaan työnantajan on selvitettävä työpaikan radonpitoisuus, jos on syytä epäillä, että toimenpidearvo voi ylittyä.

Työntekijöiden ja tilojen muiden käyttäjien (esim. potilaiden, koululaisten, asiakkaiden) käytössä olevien tilojen sisäilmasto-ongelmien ratkaisuprosesseissa on otettava huomioon sekä työnantajaa ja työntekijöitä koskevat työterveys-, työsuojelu- ja työturvallisuusmääräykset että tilojen muita käyttäjiä koskeva, sisäympäristöön liittyvä terveydensuojelulainsäädäntö. Tilojen valvonta kuuluu sekä työsuojelu- että terveydensuojeluviranomaisille sekä STUKille esimerkiksi kouluissa, päiväkodeissa ja terveyden ja sosiaalihuollon toimitiloissa.

LUONNOS

Työterveyshuolto

Työturvallisuuslain mukaan työterveyshuollon rooli sisäilmasto-ongelmien selvittämisessä ja erityisesti niiden terveydellisen merkityksen arvioinnissa työpaikalla on tärkeä. Terveydellisen merkityksen arviointi on työturvallisuuslain mukaista toimintaa, josta työpaikalla vastaa työnantaja. Se kuuluu myös työterveyshuollon perustehtäviin.

Radonmittausten tekijät

Suomessa on yrityksiä, jotka tarjoavat radonmittauspalveluita. Osalla yrityksistä on käyttämilleen mittausmenetelmille STUKin hyväksyntä ja niiden tuloksia STUK voi käyttää työpaikkojen radonvalvonnassa. Kaikilla mittaajilla on vastuu tulostensa oikeellisuudesta.

Radonkorjaajat

Viime vuosina useat yritykset ovat ottaneet radonkorjaukset tuotevalikoimaansa. Myös joitain radonkorjauksiin erikoistuneita yrityksiä on tullut markkinoille. Radonkorjauksia tekevien yritysten vastuulla on noudattaa voimassa olevia rakennusmääräyksiä sekä toteuttaa radonkorjaukset siten, että radonpitoisuus korjauksen jälkeen on sisäilman radonpitoisuudelle asetetun tavoitetason mukainen.

Asumisterveysasiantuntijat

Asumisterveysasiantuntijoiden koulutukseen kuuluu koulutusta radonista. Radon on yksi sisäilman epäpuhtauksista.

Yhdistykset

Sisäilman hyvään laatua edistäviä yhdistyksiä ovat mm. Sisäilmayhdistys ry, Asumisterveysliitto ry, Hengitysliitto ry, Allergia- ja astmaliitto ry ja Rakennustietosäätiö RTS. Yhdistyksillä on paljon radontietoutta, jota he jakavat viestinnässään. Suomen omakotiliitto ja paikalliset omakotiyhdistykset antava mm. pientalojen korjauksiin liittyvää korjausneuvontaa jäsenilleen. Monilla aluilla toimii myös asukasyhdistyksiä, jotka voivat toimia esim. tärkeinä tiedonjakokanavina.

LUONNOS

LIITE 2. Ehdotus sidosryhmäkuulemisista

1. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisäilman radonpitoisuudet

Aiheita:

- Asuntojen ja muiden oleskelutilojen radonpitoisuuden viitearvot
- Radonpitoisuustodistus kiinteistöä myytäessä
- Avustukset hyvin korkeiden radonpitoisuuksien korjaamiseen
- Ilmainen radonmittaus radonkorjauksen jälkeen
- Voidaanko asunto-osakeyhtiöitä velvoittaa mittamaan radon pohjakerroksen asunnoista
- Miten vuokralaiset voivat saada tietoonsa kiinteistön omistajalta vuokratun tilan sisäilman radonpitoisuudet
- Miten otetaan huomioon kesä/talvi –vaihtelu, vuosikeskiarvon määrittäminen ja mittaustulokseen liittyvä epävarmuus
- Onko syytä pidentää radonpurkkimittauksen pituutta kolmeksi kuukaudeksi?
- Pidennetäänkö radonmittauskautta?
- Viitearvot muille oleskelutiloille, joiden käyttö on vähäistä?

Osallistujat:

- STM
- STUK
- YM
- Valvira
- AVIen terveydensuojelu
- Kuntien terveydensuojelu, ympäristöterveys
- Kuntaliitto
- Kiinteistöliitto
- Omakotiyhdistys
- Kiinteistönvälittäjät
- Vuokranantajat
- Vuokralaiset
- ARA
- Kirkkohallitus
- Senaattikiinteistöt
- Syöpäjärjestöt
- kunta- ja valtiopäättäjät, kansanedustaja

2. Työpaikkojen radonvalvonta

Aiheita:

- Työpaikkojen sisäilman radonpitoisuuden viitearvo
- Työsuojeluviranomaisen rooli työpaikkojen radonvalvonnassa (työsuojelutarkastukset, Vera-tietokanta)
- Radonista aiheutuva annos työntekijöille
- Mittausmenetelmät työpaikoilla
- Altistuksen arviointimenetelmät
- Omavalvonta maanalaisiin kaivoksiin ja louhintatyömaille?
- Edellytykset radonmittauspalveluille (mittaukset, annosten laskeminen ja oikeellisuuden tarkistaminen, ilmoitukset Annosrekisteriin)

Osallistujat:

- STM, Työsuojeluosasto

LUONNOS

- STUK (myös ADO)
- AVI, Työsuojelun vastuualue
- Työterveyshuolto
- PK-yritykset, perheyritykset
- Radonmittausfirmat
- Työmarkkinajärjestöt SAK, STTK, Akava, EK, Kuntatyönantajat

3. Radontorjunta ja –korjaukset

Aiheita:

- Koulutus
- Korjaajien ja rakentajien sertifiointi, pätevyys
- Tutkimus
- Miten radonkorjauksiin liittyvää tutkimusta käytännössä jatketaan yliopistoissa ja muissa tutkimuslaitoksissa?
- Miten radonkorjaamisen ohjeistuksen ylläpito ja kehittäminen tehdään jatkossa yhteistyössä eri toimijoiden kanssa?
- Tarvitaanko radonkorjaajille sertifiointijärjestelmä?

Osallistujat:

- YM
- STM
- STUK
- Tampereen TKK
- Yliopistot
- Ammattikorkeakoulut
- Sisäilmafirmat
- Korjausfirmat
- Koulutusorganisaatiot
- Rakennusteollisuus RT

LUONNOS

LIITE 3. Taustatietoa annoslaskennasta

Radonin aiheuttama efektiivinen annos on nykyään laskettu ICRP:n vuonna 1993 julkaisemien annosmuuntokertoimien perusteella. Annosmuuntokerroin halutaan muuttaa, jotta radonista saatava säteilyannos arvioitaisiin samalla tavalla kuin muusta säteilystä saatava annos. ICRP on vuonna 2015 esittänyt, että annosmuuntokertoimena käytettäisiin 12 mSv/WLM, mutta tätä ei ole julkaistu ICRP:n julkaisusarjassa.

Radonin aiheuttama säteilyhaitta perustuu sen lyhytikäisiin, kiinteisiin hajoamistuotteisiin ja niiden lähettämään alfasäteilyyn. Sen vuoksi altistuksen laskennassa pitoisuutta ilmaistaan usein hajoamistuotteiden potentiaalisena[2] alfaenergiakonsentraationa (MeV L^{-1} tai J h m^{-3}) tai working level –yksikkönä (WL). WL on määritelty hajoamistuoteseoksen potentiaalisena alfaenergiapitoisuutena 130 000 MeV/l. Radonaltistuksen suureen yksikkönä käytetään yleisesti WLM-yksikköä eli working level month -yksikköä. WLM on määritelty 170 tunnin oleskeluksi yhden WL:n pitoisuudessa. Jos hajoamistuotteiden potentiaalinen alfaenergiapitoisuus on 40 % sekulaaritasapainoa vastaavasta tilanteesta, 1 WLM vastaa radonkaasulle altistusta 1,6 MBq h m^{-3}.

Vuonna 1993 julkaistut annoskonversiokertoimet radonille (ICRP 65) arvioitiin epidemiologisten tutkimusten perusteella. Säteilyhaitan riskin arvioitiin tuolloin olevan $2{,}8 \cdot 10^{-4}$ $(WLM)^{-1}$. Vuoden 1990 suosituksissaan ICRP oli antanut säteilyhaitan ja efektiivisen annoksen välille muuntokertoimet 0,056 Sv^{-1} (työntekijät) ja 0,073 Sv^{-1} (väestö) (ICRP 60). Näin ollen radonin annosmuuntokertoimiksi annettiin:

- 3,88 mSv/WLM (väestö)
- 5,06 mSv/WLM (työntekijät)

Näin aikaansaadut annosmuuntokertoimet perustuivat haitan samanarvoisuuteen eivätkä ne perustuneet dosimetriseen arviointiin (tätä myös korostettiin raportissa). Kuitenkin muille radionuklideille annosmuuntokertoimet arvioitiin dosimetrisin menetelmin (imeytyminen, kulkeutuminen kehossa, biologinen ja fysikaalinen puoliintumisaika, kohdekudokset, luovutettu energia, säteilytyypin painotus, ym.).

Vuonna 2009 ICRP ilmoitti julkilausumassaan, että uusien epidemiologisten tutkimusten perusteella säteilyhaitan riski on $5{,}0 \cdot 10^{-4}$ $(WLM)^{-1}$ eli reilut kaksinkertainen aiempaan arvioon nähden. Vuoden 2007 suositusten (ICRP 103) mukaan säteilyhaitan ja efektiivisen annoksen väliset muuntokertoimet olivat 0,041 Sv^{-1} (työntekijät) ja 0,055 Sv^{-1} (väestö) (ICRP 60). Näin ollen vastaavalla muuntokonventiolla annosmuuntokertoimiksi tulisi:

- 9 mSv/WLM (väestö)
- 12 mSv/WLM (työntekijät)

Samassa julkilausumassa korostettiin, että radonin aiheuttama annos tulisi laskea samalla periaatteella kuin muiden radionuklidien kohdalla menetellään, eli dosimetrisin menetelmin. Tätä korostettiin myös ICRP 115:ssa (2010) ja ICRP 126:ssa (2014), joista jälkimmäinen esitti uusimmaksi dosimetriseksi

[2] Radonin lyhytikäiset hajoamistuotteet ovat: [Rn-222 →] **Po-218 → Pb-214 → Bi-214 → Po-214 →** [Pb-210, pitkäikäinen]. Vain poloniumin isotoopit ovat alfa-aktiivisia. Kuitenkin myös beeta-aktiivisilla hajoamistuotteilla (Pb-214, Bi-214) on *potentiaalista* alfaenergiaa, sillä ne hajoavat polonium-214:n kautta lyijy-210:ksi.

annosmuuntokertoimeksi 13 mSv/WLM. Uusia dosimetrisiin menetelmiin perustuvia annosmuuntokertoimia ei edelleenkään annettu.

Huhtikuussa 2015 ICRP:n pääkomitean kokouksen yhteenvedossa todetaan, että ICRP aikoo suositella yhtä annosmuuntokerrointa radonille, joka kattaa valtaosan altistumistilanteista ja sen arvo tulee olemaan **12 mSv/WLM**.

LUONNOS

LIITE 4. Miten kansallinen toimintasuunnitelma radonriskien ehkäisemiseksi vastaa Neuvoston direktiivi 2013/59/Euratom (BSS direktiivin) liitteen XVIII edellyttämiä kohtia

Kansallinen toimintaohjelma radonriskien ehkäisemiseksi	**BSS direktiivin liite XVIII**
Kappale ja otsikko	**Listan kohta**
3. Radonkartoitus	1) Strategia sisäilman radonpitoisuuksien tai maaperän kaasupitoisuuksien kartoittamiseksi, sisäilman radonpitoisuuksien jakautumisen arvioimiseksi, mittaustulosten hallinnoimiseksi ja muiden asiaankuuluvien muuttujien (kuten maaperä- ja kalliotyyppien, maaperän läpäisevyyden ja kallion tai maaperän radium-226-pitoisuuden) määrittämiseksi.
3. Radonkartoitus	2) Lähestymistapa, tiedot ja kriteerit, joita käytetään alueiden rajaamisessa tai muiden sellaisten parametrien määrittelyssä, joita voidaan käyttää erityisindikaattoreina tilanteista, joissa voidaan mahdollisesti altistua merkittävästi radonille.
4. Radonvalvonta ja viitearvot	3) Tyyppimäärittely työpaikoille ja julkisille rakennuksille, kuten kouluille, maan alla sijaitseville työpaikoille ja tietyillä alueilla sijaitseville työpaikoille ja julkisille rakennuksille, joissa edellytetään mittauksia riskinarvioinnin perusteella, ottaen huomioon muun muassa rakennuksen käyttöaste.
4. Radonvalvonta ja viitearvot	4) Peruste vertailutasojen asettamiselle asunnoille ja työpaikoille. Tarvittaessa peruste erilaisten vertailutasojen asettamiselle rakennusten erilaisille käyttötarkoituksille (asunnot, julkiset rakennukset, työpaikat) sekä olemassa oleville ja uusille rakennuksille.
LIITE 1. Eri toimijoiden roolit/vastuut radonasioissa	5) Vastuualueiden osoittaminen (viranomaisille ja muille toimijoille), koordinointimekanismit ja toimintasuunnitelman täytäntöönpanoon käytettävissä olevat resurssit.
5. Sisäilman radonpitoisuuden pienentäminen	6) Strategia radonaltistuksen pienentämiselle asunnoissa ja 2 kohdassa määriteltyjen tilanteiden käsittelyn priorisoinnille.

LUONNOS

6. Riskiviestintä ja kannustimet sekä liittymäpinnat muihin kansallisiin ohjelmiin	7) Strategiat rakentamisen jälkeisten korjaavien toimien helpottamiseksi.
5. Sisäilman radonpitoisuuden pienentäminen	8) Strategia, mukaan lukien menetelmät ja työkalut, joilla estetään radonin erittyminen uusiin rakennuksiin, mukaan lukien sellaisten rakennusmateriaalien tunnistaminen, joista radonia erittyy merkittävästi.
5. Sisäilman radonpitoisuuden pienentäminen	9) Aikataulut toimintasuunnitelman tarkistuksia varten.
6. Riskiviestintä ja kannustimet sekä liittymäpinnat muihin kansallisiin ohjelmiin	10) Viestintästrategia, jolla pyritään lisäämään yleisön tietoisuutta ja tiedottamaan paikallisille päätöksentekijöille, työnantajille ja työntekijöille radonin aiheuttamista riskeistä, myös tupakoinnin yhteydessä.
2. Radonin mittaamismenetelmät 4. Radonvalvonta ja viitearvot 5. Sisäilman radonpitoisuuden pienentäminen	11) Mittauksiin ja korjaaviin toimenpiteisiin liittyviä menetelmiä ja välineitä koskevat ohjeet. On myös harkittava kriteerejä mittaus- ja korjauspalveluyritysten akkreditointiin.
6. Riskiviestintä ja kannustimet sekä liittymäpinnat muihin kansallisiin ohjelmiin	12) Tarvittaessa rahoitustuen tarjoaminen radonselvityksiin ja korjaaviin toimenpiteisiin erityisesti sellaisia yksityisasuntoja varten, joissa esiintyy hyvin korkeita radonpitoisuuksia.
Pitkän aikavälin tavoitteet radonaltistuksesta aiheutuvan keuhkosyöpäriskin pienentämiseksi	13) Pitkän aikavälin tavoitteet radonaltistuksesta (tupakoijille ja tupakoimattomille) aiheutuvan keuhkosyöpäriskin pienentämiseksi.
6. Riskiviestintä ja kannustimet sekä liittymäpinnat muihin kansallisiin ohjelmiin	14) Tarvittaessa muiden asiaan liittyvien kysymysten ja vastaavien ohjelmien, kuten energiansäästöä ja sisäilman laatua koskevien ohjelmien, huomioon ottaminen.

LUONNOS