



## Kansallinen toimintasuunnitelma radonista aiheutuvien riskien ehkäisemiseksi



Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2020:20

## Kansallinen toimintasuunnitelma radonista aiheutuvien riskien ehkäisemiseksi

Sosiaali- ja terveysministeriö

ISBN PDF: 978-952-00-5445-8

Kannen kuvat: Tuula Holopainen, Irmeli Huhtala, Kuvatoimisto Rodeo, Shutterstock

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2020

## Kuvailulehti

<b>Julkaisija</b>	Sosiaali- ja terveysministeriö	14.8.2020
<b>Tekijät</b>		
<b>Julkaisun nimi</b>	Kansallinen toimintasuunnitelma radonista aiheutuvien riskien ehkäisemiseksi	
<b>Julkaisusarjan nimi ja numero</b>	Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2020:20	
<b>ISBN PDF</b>	978-952-00-5445-8	<b>ISSN PDF</b> 1797-9854
<b>URN-osoite</b>	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-5445-8">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-5445-8</a>	
<b>Sivumäärä</b>	73	<b>Kieli</b> suomi
<b>Asiasanat</b>	altistuminen, radon, rakentaminen, sisäilma, syöpätaudit	
<b>Tiivistelmä</b>	<p>Radon on tupakoinnin jälkeen merkittävin tunnettu keuhkosityövän aiheuttaja. Altistuminen radonille lisää erityisesti tupakoivien riskiä sairastua keuhkosityöpään. Toisaalta radon on tupakoimattomien merkittävin tunnettu keuhkosityövän aiheuttaja. Suurin osa keuhkosityövästä voitaisiin välttää lopettamalla tupakointi ja vähentämällä altistumista radonille. Tässä toimintasuunnitelmassa asetetaan pitkän aikavälin tavoitteet ja keinot, joiden avulla radonista aiheutuvaa keuhkosityöpäriskiä Suomessa voidaan pienentää. Toimintasuunnitelman pääpaino on sisäilman radonpitoisuuden vähentämisessä, koska hengitysilman radon on suomalaisille tavallisesti merkittävin säteilyaltistuksen aiheuttaja. Radonkaasu päätyy sisäilmaan joko rakennuksen alla ja ympärillä olevasta maa- ja kallioperästä, rakennustuotteista tai porakaivovedestä. Toimintasuunnitelma perustuu säteilysuojelun perusnormidirektiivin (2013/59/Euratom) 103 artiklaan, joka edellyttää, että jäsenmaat laativat kansallisen toimintasuunnitelman radonista aiheutuvien pitkän aikavälin riskien ehkäisemiseksi. Suomessa tämä velvoite on toimeenpantu säteilylain (859/2018) 159 §:ssä. Toimintasuunnitelmasta ja sen tarkemmasta sisällöstä säädetään tarkemmin valtioneuvoston asetuksessa ionisoivasta säteilystä (1034/2018, 54 § ja liite 6).</p>	
<b>Kustantaja</b>	Sosiaali- ja terveysministeriö	
<b>Julkaisun jakaja/ myynti</b>	Sähköinen versio: <a href="http://julkaisut.valtioneuvosto.fi">julkaisut.valtioneuvosto.fi</a> Julkaisumyynti: <a href="http://vnjulkaisumyynti.fi">vnjulkaisumyynti.fi</a>	

## Presentationsblad

<b>Utgivare</b>	Social- och hälsovårdsministeriet	14.8.2020
<b>Författare</b>		
<b>Publikationens titel</b>	Nationell handlingsplan för förebyggande av riskerna med radon	
<b>Publikationsseriens namn och nummer</b>	Social- och hälsovårdsministeriets publikationer 2020:20	
<b>ISBN PDF</b>	978-952-00-5445-8	<b>ISSN PDF</b> 1797-9854
<b>URN-adress</b>	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-5445-8">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-5445-8</a>	
<b>Sidantal</b>	73	<b>Språk</b> finska
<b>Nyckelord</b>	exponering, radon, byggande, inomhusluft, cancersjukdomar	
<b>Referat</b>	<p>Efter rökning är radon är den främsta kända orsaken till lungcancer. Exponering för radon ökar särskilt rökarnas risk att få lungcancer. Å andra sidan är radon den främsta kända orsaken till lungcancer bland icke-rökarna. De flesta fallen av lungcancer skulle kunna undvikas om rökandet upphörde och exponeringen för radon minskade. Denna handlingsplan innehåller långsiktiga mål och metoder inriktade på att minska finländarnas risk att få lungcancer på grund av radon. Planen fokuserar på att minska radonhalten i inomhusluft, eftersom radon i inandningsluften är den vanligaste orsaken till finländarnas exponering för strålning. Radongas i inomhusluften kommer antingen från marken eller berggrunden under eller kring byggnaden, från byggprodukter eller från borrbrunnsvatten. Handlingsplanen grundar sig på artikel 103 i direktivet om grundläggande säkerhetsnormer för strålskyddet (2013/59/Euratom), som föreskriver att medlemsstaterna ska ta fram en nationell handlingsplan för förebyggande av riskerna med radon på lång sikt. I Finland har denna förpliktelse genomförts i 159 § i strålsäkerhetslagen (859/2018). Närmare bestämmelser om handlingsplanen och dess innehåll finns i statsrådets förordning om joniserande strålning (1034/2018, 54 § och bilaga 6).</p>	
<b>Förläggare</b>	Social- och hälsovårdsministeriet	
<b>Distribution/ beställningar</b>	Sähköinen versio: <a href="http://julkaisut.valtioneuvosto.fi">julkaisut.valtioneuvosto.fi</a> Julkaisumyynti: <a href="http://vnjulkaisumyynti.fi">vnjulkaisumyynti.fi</a>	

## Description sheet

<b>Published by</b>	Ministry of Social Affairs and Health	14.8.2020	
<b>Authors</b>			
<b>Title of publication</b>	National Action Plan to Prevent Risks from Radon		
<b>Series and publication number</b>	Publications of the Ministry of Social Affairs and Health 2020:20		
<b>ISBN PDF</b>	978-952-00-5445-8	<b>ISSN (PDF)</b>	1797-9854
<b>Website address (URN)</b>	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-5445-8">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-5445-8</a>		
<b>Pages</b>	73	<b>Language</b>	Finnish
<b>Keywords</b>	exposure, radon, construction, indoor air, cancers		
<p><b>Abstract</b></p> <p>Radon is the leading known cause of lung cancer after smoking. Exposure to radon increases the risk of lung cancer, particularly for smokers. Radon is also the biggest known cause of lung cancer for non-smokers. The majority of lung cancers could be prevented by stopping smoking and reducing exposure to radon. This Action Plan sets out long-term goals and measures to reduce the risk of lung cancer from radon in Finland. It focuses on reducing radon concentrations in indoor air, because radon in respiratory air is usually the largest source of radiation exposure. Radon gas found in indoor air is released from the soil and bedrock underneath or surrounding buildings, building materials or borehole water. The Action Plan is based on Article 103 of the Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation (2013/59/Euratom). The Article obliges Member States to draw up a national action plan addressing long-term risks from radon exposure. Finland has fulfilled this obligation by enacting section 159 of the Radiation Act (859/2018). Further provisions on the Action Plan and its content are laid down in the Government Decree on Ionising Radiation (1034/2018, section 54 and Annex 6).</p>			
<b>Publisher</b>	Ministry of Social Affairs and Health		
<b>Distributed by/ publication sales</b>	Online version: <a href="http://julkaisut.valtioneuvosto.fi">julkaisut.valtioneuvosto.fi</a> Publication sales: <a href="http://vnjulkaisumyynti.fi">vnjulkaisumyynti.fi</a>		





# Sisältö

<b>LUKIJALLE</b> .....	9
<b>Käytetyt termit</b> .....	10
<b>Lyhenteet</b> .....	12
<b>1 Taustaa</b> .....	13
1.1 Maa- ja kallioperä sisäilman radonin lähteenä .....	13
1.2 Talousvesi sisäilman radonin lähteenä .....	15
1.3 Rakennustuotteet sisäilman radonin lähteenä .....	16
1.4 Radonin aiheuttama annos .....	17
1.5 Radon ja keuhkosityöpäriski .....	17
1.6 Suomen radontilanne kansainvälisessä vertailussa .....	20
<b>2 Pitkän aikavälin tavoitteet radonaltistuksesta aiheutuvan keuhkosityöpäriskin pienentämiseksi</b> .....	21
2.1 PÄÄTAVOITTEET .....	21
2.2 Radonin aiheuttamiin keuhkosityöpiin vaikuttavat muutokset elinympäristössä .....	23
<b>3 Viitearvot, säädökset ja valvonnan toimeenpanon kehittäminen</b> .....	26
3.1 Taustaa viitearvoille säteilylaissa .....	26
3.2 Uudet rakennukset .....	27
3.3 Asunnot ja muut oleskelutilat .....	28
3.4 Työpaikat ja työntekijät .....	30
3.5 Optimointiperiaate, ALARA .....	31
3.6 Talousvesi .....	32
3.7 Rakennustuotteet .....	33
<b>4 Mittaaminen</b> .....	34
4.1 Menetelmät ja laitteet .....	34
4.2 Mittausten määrä .....	36
4.3 Mittausten toistaminen .....	37
4.4 Radonmittauksen kesto ja mittauskausi .....	38
4.5 Radonpitoisuuden vuosikeskiarvon laskeminen .....	40
4.6 Maaperän radonkaasun pitoisuudet ja tuottomittaukset .....	41
4.7 Vesilaitosten sisäilman radon .....	42

4.8	Talousveden mittaaminen.....	42
4.9	Rakennustuotteiden mittaaminen.....	43
<b>5</b>	<b>Sisäilman radonpitoisuuksien kartoitus</b> .....	<b>44</b>
5.1	Kansallinen radontietokanta.....	44
5.2	Otantatutkimukset.....	45
5.3	Arvio suomalaisten radonaltistumisesta.....	46
5.4	Muut tietokannat.....	47
<b>6</b>	<b>Suurien radonpitoisuuksien kohteiden ja alueiden tunnistaminen</b> .....	<b>48</b>
6.1	Asunnot.....	48
6.2	Muut oleskelutilat.....	51
6.3	Työpaikat.....	52
<b>7</b>	<b>Suurien radonpitoisuuksien pienentäminen ja ennaltaehkäiseminen</b> .....	<b>55</b>
7.1	Uusien rakennusten radontorjunta.....	55
7.2	Radonkorjaukset.....	58
7.2.1	Asunnot.....	60
7.2.2	Muut oleskelutilat, julkiset tilat.....	61
7.2.3	Työpaikat.....	61
7.3	Rakennustuotteista sisäilmaan tuleva radon.....	62
7.4	Talousvedestä sisäilmaan tuleva radon.....	63
<b>8</b>	<b>Riskiviestintä</b> .....	<b>64</b>
8.1	Riskitietoisuus.....	64
8.2	Viestinnän kohdentaminen.....	65
8.3	Viestintäkanavat ja -tavat.....	66
	<b>LIITE 1. TOIMINTASUOSITUKSET</b> .....	<b>67</b>
	<b>LIITE 2. Radonvalvontaan osallistuvat viranomaiset ja viranomaisten valvontaroolit</b> .....	<b>69</b>
	<b>Lähteet</b> .....	<b>72</b>

## LUKIJALLE

Sisäilman radon on suomalaisille merkittävin säteilyaltistuksen aiheuttaja. Radonin arvioidaan aiheuttavan noin 300 keuhkosityöpää maassamme vuosittain. Ihmiset voivat vaikuttaa itse siihen, kuinka paljon he altistuvat radonille kotona ja työpaikoilla. Tätä varten tarvitaan kuitenkin eri tahojen yhteistyötä mm. riskiviestinnässä, rakentamisessa sekä valvonnassa. Tässä toimintasuunnitelmassa asetetaan pitkän aikavälin tavoitteet ja keinot, joiden avulla radonista aiheutuvaa keuhkosityöpärisiä Suomessa voidaan pienentää.

Toimintasuunnitelma perustuu säteilysuojelun perusnormidirektiivin (2013/59/Euratom) eli ns. BSS-direktiivin 103 artiklaan, joka edellyttää, että jäsenmaat laativat kansallisen toimintasuunnitelman radonista aiheutuvien pitkän aikavälin riskien ehkäisemiseksi. Suomessa tämä velvoite on toimeenpantu säätämällä kansallisen toimintasuunnitelman laatimisvelvoite sosiaali- ja terveysministeriön tehtäväksi säteilylain (859/2018) 159 §:n nojalla. Toimintasuunnitelmasta ja sen sisällöstä säädetään tarkemmin valtioneuvoston asetuksessa ionisoivasta säteilystä (1034/2018, 54 § ja liite 6). Asetus edellyttää toimintasuunnitelman päivittämistä vähintään viiden vuoden välein.

Kansallinen toimintasuunnitelma radonista aiheutuvien riskien ehkäisemiseksi on alun perin pääosin työstetty säteilyturvakeskuksessa. Toimintasuunnitelmasta järjestettiin v. 2017 sidosryhmäkuulemisia. Toimintasuunnitelman ohjausryhmä on koostunut viranomaisten radontyöryhmästä. Viranomaisten radontyöryhmään kuuluu jäseniä sosiaali- ja terveysministeriöstä (pj), Ympäristöministeriöstä, Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valvirasta, Aluehallintoviranomaisen terveydensuojelusta sekä työsuojelun vastuualueilta, Kuntaliitosta ja Säteilyturvakeskuksesta (siht).

Jari Keinänen  
Huhtikuu 2020

## KÄYTETYT TERMIT

**ALARA** Optimointiperiaate (ALARA-periaate, As Low As Reasonably Achievable).

**Altistus.** Altistus kuvaa numeerisesti määrää ja kestoja tilanteesta, jossa ihminen altistuu haitalliselle tekijälle. Radonin tapauksessa altistus on radonpitoisuuden keskiarvo kerrottuna ajanjakson pituudella. Esim. 1 650 tunnin altistuminen keskimääräiselle radonpitoisuudelle 300 Bq/m<sup>3</sup> vastaa 495 000 Bq h/m<sup>3</sup> altistusta. Kts. *Radonaltistus*

**Aktiivisuus, Aktiivisuuspitoisuus.** Aktiivisuus on suure, joka kuvaa ydinmuutosten määrää sekunnissa. Sen yksikkö on becquerel (Bq). Aktiivisuuspitoisuus on aktiivisuus tilavuus- tai massayksikköä kohti. Esimerkiksi radonin aktiivisuuspitoisuus (tai lyhyemmin radonpitoisuus) ilmaistaan yksikkönä becquereliä kuutiometrissä ilmaa (Bq/m<sup>3</sup>) 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 säteilyn haittavaikutuksia koko kehoon. Tässä dokumentissa 'annos' tarkoittaa efektiivistä annosta.

**Annosmuuntokerroin.** Kerroin, jolla altistus muunnetaan annokseksi. Annosmuuntokertoimen yksikkö on esim. mSv/(Bq h/m<sup>3</sup>).

**ICRP.** Kansainvälinen säteilysuojelutoimikunta kehittää ja ylläpitää kansainvälistä säteilysuojelujärjestelmää. ICRP:n säteilysuojelujärjestelmää käytetään maailmanlaajuisesti yhteisenä perustana standardeille, lainsäädännölle, viranomaisohjeille ja -ohjelmille sekä hyvälle käytännölle. Annosmuuntokertoimien ylläpito ja tarkentaminen on osa ICRP:n toimintaa.

**Kansallinen radontietokanta.** Kansallisessa radontietokannassa on STUKin tietoon tulleet asuntojen, työpaikkojen ja muiden oleskelutilojen sisäilman radonmittausten tulokset.

**Muu oleskelutila.** Muuksi oleskelutilaksi katsotaan terveydensuojelulain 13 §:n ilmoitusvelvolliset julkiset kokoontumistilat ja muut pitkäaikaiseen oleskeluun tarkoitettut tilat. Tyypillisesti tällaisessa tilassa henkilömäärä on tilojen kokoon nähden asuntoja suurempi ja niissä oleskelee muitakin kuin työntekijöitä (esim. päiväkodit, koulut ja palveluasunnot).

**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 niiden pitoisuuksille ole asetettu viitearvoja.

**Radonaltistus.** Radonpitoisuuden ja kyseisessä radonpitoisuudessa vietetyn ajan tulo (E), joka lasketaan kullekin henkilölle kaavalla:

$$E = \sum_{i=1}^n C_i T_i = C_1 T_1 + C_2 T_2 + \dots + C_n T_n,$$

missä  $C_i$  on radonpitoisuus ja  $T_i$  kyseisessä radonpitoisuudessa vietetty aika ja  $n$  on eri työpisteiden lukumäärä. Radonaltistuksen yksikkö on becquereltuntia kuutiometrissä

$$\left(\frac{\text{Bq h}}{\text{m}^3}\right).$$

- Radonimuri.* Radonkorjausmenetelmä, jossa talon alta imetään ilmaa. Tällöin radonpitoisen huokosilman virtaaminen rakennukseen vähenee huomattavasti ja sisäilman radonpitoisuus pienenee.
- Radonkaivo.* Radonkorjausmenetelmä, jossa rakennuksen ulkopuolelta 4–5 metrin syvyydestä hiekka- tai soramaasta imetään ilmaa. Tällöin radonpitoisen huokosilman virtaaminen rakennukseen vähenee huomattavasti ja sisäilman radonpitoisuus pienenee.
- Radonputkisto.* Radontorjuntamenetelmä, jossa uuden rakennuksen rakentamisen aikana lattian alle asennetaan salaojaputkea sepelikerrokseen.
- Radonriskitietoisuus.* Henkilö tai taho ymmärtää radonista aiheutuvan terveysriskin oikein ja osaa käyttäytyä järkevällä tavalla, eli mittaa radonpitoisuudet järkevissä tiloissa, korjaa tarvittaessa ja varmistaa korjauksen onnistumisen uusintamittauksella.
- Rakennustuote.* Materiaali, joka on tarkoitettu sisällytettäväksi pysyvästi rakennukseen tai sen osiin ja jonka ominaisuudet vaikuttavat rakennuksen ominaisuuksiin rakennuksessa oleskelevien ihmisten ionisoivalle säteilylle altistumisen kannalta.
- Tavanomainen työpaikka.* Työpaikka, jonka ilmanvaihto sekä lämpötila-, kosteus-, ja muut fysikaaliset ominaisuudet vastaavat tavanomaisten rakennusten sisätilojen ominaisuuksia.

## LYHENTEET

AVI Aluehallintoviranomainen terveydensuojelun ja työsuojelun vastuualueet

Bq Becquerel, kts. Aktiivisuus.

ICRP International Commission on Radiological Protection, Kansainvälinen säteilysuojelutoimikunta

STM Sosiaali- ja terveysministeriö

STMa Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä

STUK Säteilyturvakeskus

Sv Sievert, kts. *Annos*.

SätL Säteilylaki

THL Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

TTL Työterveyslaitos

TsL Terveydensuojelulaki

Valvira Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto

VN Valtioneuvosto

VNa Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä

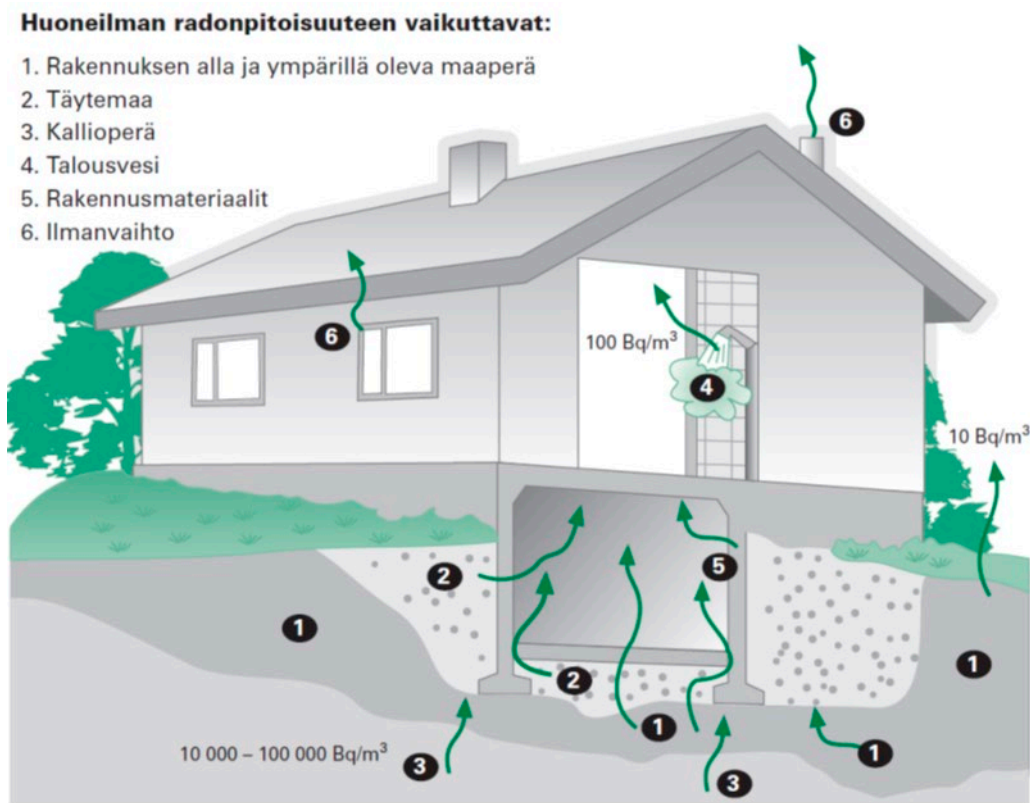
VNK Valtioneuvoston kanslia

WHO World Health Organization, Maailman terveysjärjestöYM Ympäristöministeriö

# 1 Taustaa

## 1.1 Maa- ja kallioperä sisäilman radonin lähteenä

Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) on luonnossa esiintyvä radioaktiivinen jalokaasu, jota muodostuu jatkuvasti maaperän uraanista, jota on Suomessa pieninä pitoisuuksina esimerkiksi graniitissa. Maa-perästä radon kulkeutuu sisäilmaan rakennuksen perustuksissa olevien rakojen kautta (Kuva 1). Jotkin rakennustuotteet sekä radonpitoinen talousvesi tuottavat myös radonia sisäilmaan. Suomessa rakennusten sisäilman radonpitoisuudet ovat maailman korkeimpia johtuen kallioperästä, rakentamistavasta ja ilmastosta.



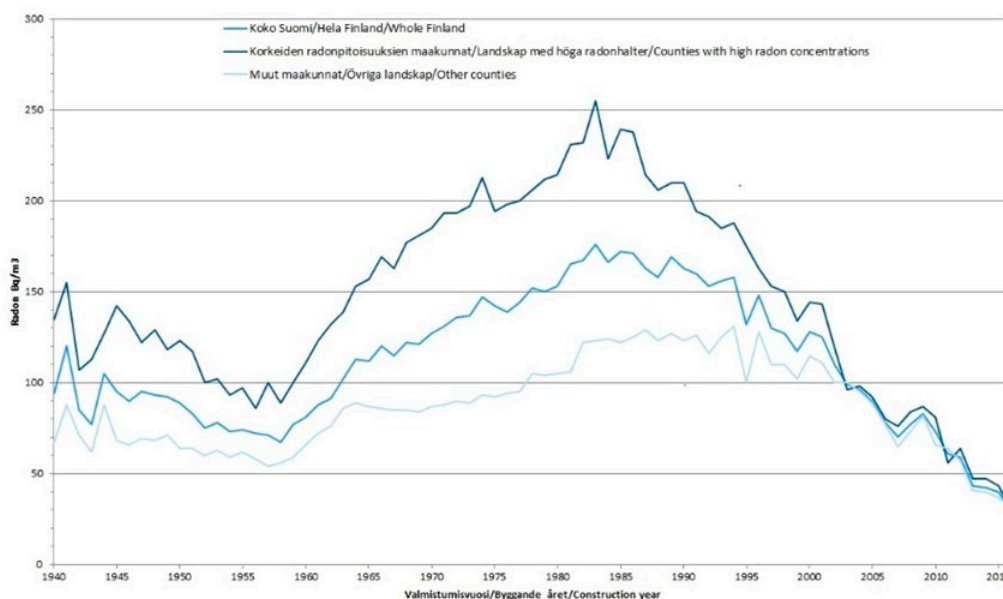
**Kuva 1. Huoneilman radonpitoisuuteen vaikuttavat tekijät**

Maanvarainen lattialaatta voi olla alapohjarakenteena riskirakenne, jos lattian ja seinän välistä rakoa ja alapohjan taloteknisiä läpivientejä ei ole tiivistetty. Myös hyvin kuivan betonirakenteen läpi saattaa kulkeutua sisäilmaan merkittäviä määriä radonia diffuusiolla (Kettunen 2019). Myös muilla alapohjarakenteilla esiintyy kohonneita radonpitoisuuksia, mutta ne ovat harvinaisempia. Suurimmat pitoisuudet on mitattu rinnetaloissa ja kellarillisissa rakennuksissa, joissa on kevytsoraharkoista tehtyjä maanvastaisia seiniä (Mäkeläinen ym. 2009).

Talonrakennuksessa maanvarainen lattialaatta alkoi yleistyä 1960- ja 1970-luvulla, mikä näkyi asuntokannan keskimääräisen radonpitoisuuden kasvuna. Samaan aikaan talojen ulkovaippoja alettiin tehdä tiiviimmiksi, eikä korvausilman saantiin kiinnitetty huomiota, jolloin ilma vaihtui asunnoissa huonommin. Painovoimainen ilmanvaihto oli yleisin ilmanvaihtotapa aina 1980-luvun alkuun asti. Koneellinen ilmanvaihto yleistyi sen jälkeen; ensin koneellinen poistoilmanvaihto ja myöhemmin koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Korvausilmaventtiilit tulivat pakollisiksi vuonna 1987, mikä pienentää sisäilman radonpitoisuuksia. Vuodesta 2004 lähtien lähes kaikkiin uusiin rakennuksiin on asennettu tulo- ja poistoilmavaihtokone rakentamismääräysten vuoksi, mikä pienentää sisäilman radonpitoisuuksia. Ensimmäiset radontorjuntatutkimukset uudisrakentamisessa tehtiin 1980-luvulla



ja ensimmäinen radontorjuntaohje julkaistiin 1993 (YM 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.** Pientaloissa mitattujen radonpitoisuuksien mediaanit rakennusvuoden mukaan korkeiden radonpitoisuuksien maakunnissa (Etelä-Karjala, Kanta-Häme, Kymenlaakso, Pirkanmaa, Päijät-Häme ja entinen Itä-Uusimaa) ja muissa maakunnissa sekä koko Suomessa. Aineisto on otettu suoraan kansallisesta radontietokannasta, joten mittaukset korkeissa radonpitoisuuksissa ovat yliedustettuja, koska mittauksia tehdään enemmän tunnetuilla korkeiden radonpitoisuuksien alueilla.

Aikaisemmin asuntojen radonista puhuttaessa käytössä ollut epävirallinen ”korkeiden radonpitoisuuksien maakunnat”-määritelmää ei enää kannata käyttää, koska alueelliset erot radonpitoisuuksissa ainakin uusissa rakennuksissa ovat hävinneet. Työpaikkojen mitausvelvoitealueista kerrotaan tarkemmin kappaleessa Suurien radonpitoisuuksien kohteiden ja alueiden tunnistaminen.

## 1.2 Talousvesi sisäilman radonin lähteenä

Suomessa pohjavedet ja etenkin porakaivovedet voivat olla merkittävä sisäilman radonin lähde. Talousveden radon aiheuttaa säteilyaltistusta kahdella tavalla. Juomaveden mukana elimistöön joutunut radon aiheuttaa säteilyaltistuksen ruansulatuselimistölle.

Toisaalta radon vapautuu vedestä sisäilmaan esimerkiksi astianpesun ja suihkussa käynnin yhteydessä. ICRP 137 -raportissa yhteen vedettyjen uusien tutkimustulosten ja mallinnusten perusteella altistuminen hengitysteitse on säteilyannoksen kannalta selvästi merkittävämpi kuin altistuminen ruoansulatuskanavan kautta (ICRP 2017).

Talousveden radonpitoisuus 1 000 Bq/l aiheuttaa sisäilmaan keskimäärin 40 Bq/m<sup>3</sup> radonpitoisuuden lisäyksen. Arviolta 6 000 taloudessa yksityisen porakaivon vesi sisältää radonia enemmän kuin 1 000 Bq/l (Turtiainen ja Salonen 2010). Luku on noin kymmenen prosenttia porakaivovettä käyttävistä talouksista. Rengaskaivoissa laatutavoitetta (300 Bq/l) suurempi radonpitoisuus on hyvin epätodennäköistä, koska rengaskaivo tuulettuu paremmin. Jos talousvesikaivon vedestä löytyy liian suuria radonpitoisuuksia, on ensisijaisesti syytä harkita korvaavaa vesilähdettä. Jos korvaavaa vesilähdettä ei voida ottaa käyttöön tai rakentaa, on mahdollista puhdistaa vedestä radioaktiiviset aineet vedenkäsittelyllä, joko ilmastuksella tai aktiivihiilisuodatuksella.

Vesilaitoksilla radonpitoisuudet sisäilmassa vaihtelevat vedenkäsittelytilassa maa- ja kallioperästä tulevan radonin sekä käsiteltävän raakaveden määrän ja veden radonpitoisuuden mukaan. Raakavedessä esiintyvä radon vapautuu osittain sisäilmaan, kun se on kontaktissa ilman kanssa. Etenkin veden ilmastuskäsittelyssä radon vapautuu ympäröivään ilmaan tehokkaasti. Kun käsitellään suuria vesimääriä, tulee raakavedestä paljon radonia ilmatilaan, vaikka itse veden radonpitoisuus olisi pieni.

### 1.3 Rakennustuotteet sisäilman radonin lähteenä

Kerrostalojen ylempien kerrosten asuntojen radonpitoisuuden keskiarvo on 44 Bq/m<sup>3</sup> (Mäkeläinen ym. 2009). Tämä kuvastanee hyvin myös betonirakennusten rakennusmateriaaleista aiheutuvaa radonpitoisuutta. Sisäilman pieni radonpitoisuus saattaa olla betonirakennuksissa hankalampaa saavuttaa kuin puurakennuksissa. Osassa kivitaloista radonpitoisuus saattaa kohota suuremmaksi kuin 50 Bq/m<sup>3</sup> jo pelkän rakennusmateriaalien radontuoton takia, erityisesti, jos kiviaineksessa on keskimääräistä enemmän uraanisarjaan kuuluvaa radium-226 -isotooppia. On mahdollista, että rakennusmateriaali sisältää radium-226 -isotooppia niin paljon, että sen tuottaman radonin vuoksi sisäilmassa radonpitoisuus on viitearvoa suurempi. Rakennustuotteiden radioaktiivisuutta on valvottu jo vuodesta 1993 alkaen, joten radonpitoisuuden viitearvon ylittyminen rakennustuotteen tuottaman radonin vuoksi on epätodennäköistä Suomessa (Ohje ST 12.2 vuoteen 2018 asti sekä säteilylaki 859/2018).

## 1.4 Radonin aiheuttama annos

Sisäilman radonista aiheutuvan annoksen arviointitapa muuttui Suomessa vuoden 2018 lopussa ICRP:n suositusten (ICRP 2017) mukaiseksi, kun ne julkaistiin VNa 1034/2018 Liitteessä 3. Suomalaisten keskimääräistä säteilyannosta on kuvattu niin sanotulla annoskaskulla. Uudella annosmuutokertoimella asuntojen sisäilman radonin aiheuttaman annoksen arvioidaan olevan 4 mSv/v. Vuoden 2012 annoskaskussa radonin aiheuttamaksi annokseksi arvioitiin 1,6 mSv/v ja se perustui ICRP:n aikaisempaan annosmuutokertoimeen (ICRP 1993). Radonpitoisuus 300 Bq/m<sup>3</sup> aiheuttaa asunnossa annoksen 14 mSv/v. Radonpitoisuus 300 Bq/m<sup>3</sup> aiheuttaa työntekijälle säännöllisessä työssä annoksen 3–4 mSv/v.

Uusi annosmuutokerroin ei vaikuta riskinarviointiin eli edelleen radonista aiheutuvien syöpäkuolemien määrää arvioidaan perustuen epidemiologisiin tutkimuksiin, ei efektiiviseen annokseen. Työpaikkojen perusvalvontaakin tehdään radonpitoisuuteen ja radonaltistukseen perustuen, ei annoksen perusteella. Kuitenkin ne työpaikat, joilla radonpitoisuutta ei korjauksista huolimatta saada viitearvoa pienemmäksi, tarvitsevat turvallisuusturvan ja siellä on järjestettävä radonista aiheutuvan annoksen säännöllinen seuranta. Annosraja 20 mSv/v tulee vastaan säännöllisessä työssä jo pitoisuudessa 1 800 Bq/m<sup>3</sup>. Aikaisemmin 20 mSv/v annosraja tuli vastaan pitoisuudella 3 800 Bq/m<sup>3</sup>. Turvallisuusturva vaativilla työpaikoilla työntekijöiden annokset kirjataan annosrekisteriin ja radonin aiheuttamat annokset ovat uuden annosmuutokertoimen vuoksi aiempaa suurempia.

## 1.5 Radon ja keuhkosityöpäriski

Sisäilman radon on yksi kansanterveydellisesti haitallisimpia ympäristöaltisteita. Nykyisen käsityksen mukaan sisäilmaan liittyvää tautitaakkaa aiheuttavat eniten ennen aikaista kuolleisuutta lisäävät radon, sisälähteiden pienhiukkaset ja passiivinen tupakointi (Hänninen ym. 2018).

Annosmuutokerroin on muutettu, jotta radonista saatava annos arvioitaisiin samalla tavalla kuin muusta säteilystä saatavaa efektiivistä annosta. Radonin aiheuttama terveyshaitta arvioidaan kuitenkin radonpitoisuuksista epidemiologisten tutkimusten perusteella, ei siis annoksesta. Näin ollen efektiivisen annoksen laskutavan muutos ei vaikuta arvioon radoniin liittyvistä keuhkosityöistä.

Pääosa väestön radonaltistumisesta tapahtuu kodeissa, joten keuhkosityöpälaskelmia on tehty asuntojen radonpitoisuuksien muutosten vaikutuksesta keuhkosityöpäkuolemiin. Joissakin työpaikoissa korkeat radonpitoisuudet aiheuttavat merkittävästi kohonneen

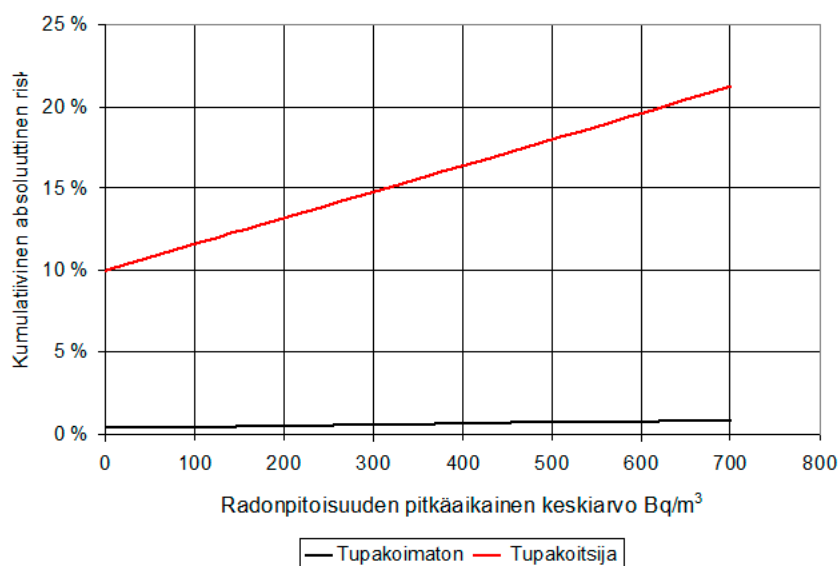
keuhkosyöpäriskin, jollei pitoisuuksia saada pienennettyä. Tupakoinnin lopettamisella pystytään ehkäisemään suurin osa myös radoniin liittyvistä keuhkosyövistä.

Keuhkosyövän kehittymiseen menee altistumisesta useita vuosia tai vuosikymmeniä. Sisäilman radon on merkittävin keuhkosyövän aiheuttaja tupakoimattomilla. Tupakointi on merkittävin keuhkosyövän aiheuttaja, ja tupakoinnin yleisyyden muutokset näkyvät keuhkosyöpätilastoissa. Sisäilman radonin ja keuhkosyövän välinen yhteys on todettu useissa kansainvälisissä epidemiologisissa yhteisanalyseissä eri puolilla maailmaa (Darby ym. 2005, Krewski ym. 2006, Zhang ym. 2012). Radonaltistumisen ja keuhkosyöpäriskin välinen yhteys on lineaarinen ilman turvallista kynnsarvoa. Mitä suurempi radonaltistuminen, sitä suurempi on keuhkosyöpäriski, mutta pienetkin pitoisuudet aiheuttavat pienen riskin.

Eurooppalaisen yhteistutkimuksen mukaan asunnoissa esiintyvän radonin aiheuttama suhteellinen riski sairastua keuhkosyöpään kasvaa 16 % jokaista 100 Bq/m<sup>3</sup> kohti (Darby ym. 2006). Eurooppalaisten tutkimusten perusteella radon aiheuttaa väestötasolla siis suhteellisen lisäriskin (ERR) 0.16 (95 % CI: 0.05–0.31) per 100 Bq/m<sup>3</sup>. Kaivostyöntekijöiden kohdalla riskiarvio poikkeaa väestötason arvioista, heille ERR arvio on 0.12 (95 % CI 0.04–0.2) jokaista 100 Bq/m<sup>3</sup> kohti. 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 3). Radonin aiheuttama efektiivinen annos ei kuvaa suoraan syöpäriskiä, koska riski riippuu voimakkaasti tupakoinnin määrästä. Sama radonaltistuminen aiheuttaa tupakoitsijalle jopa 20 kertaa suuremman riskin kuin tupakoimattomalle. Vuosikymmenien altistus kotona noin 600 Bq/m<sup>3</sup> radonpitoisuudessa kaksinkertaistaa keuhkosyöpäriskin (Darby ym. 2005).

European Code Against Cancer -julkilausumassa sisäilman radonpitoisuuden pienentäminen mainitaan yhtenä tärkeimmistä tavoista, joilla voi vähentää henkilökohtaista syöpäriskiä (<https://www.ilmansyopaa.fi/tunne-syopariskit/> ja <http://www.europeancancerleagues.org/>).



**Kuva 3.** Tupakoivien (ylempi viiva) ja tupakoimattomien (alempi viiva) kumulatiivinen absoluuttinen riski kuolla keuhkosityöpään 75 ikävuoteen mennessä suhteessa asunnon sisäilman radonpitoisuuteen. Suhteellisen riskin on oletettu kasvavan 16 % 100 Bq/m<sup>3</sup> kohti sekä tupakoivilla että tupakoimattomilla. (Darby ym. 2005)

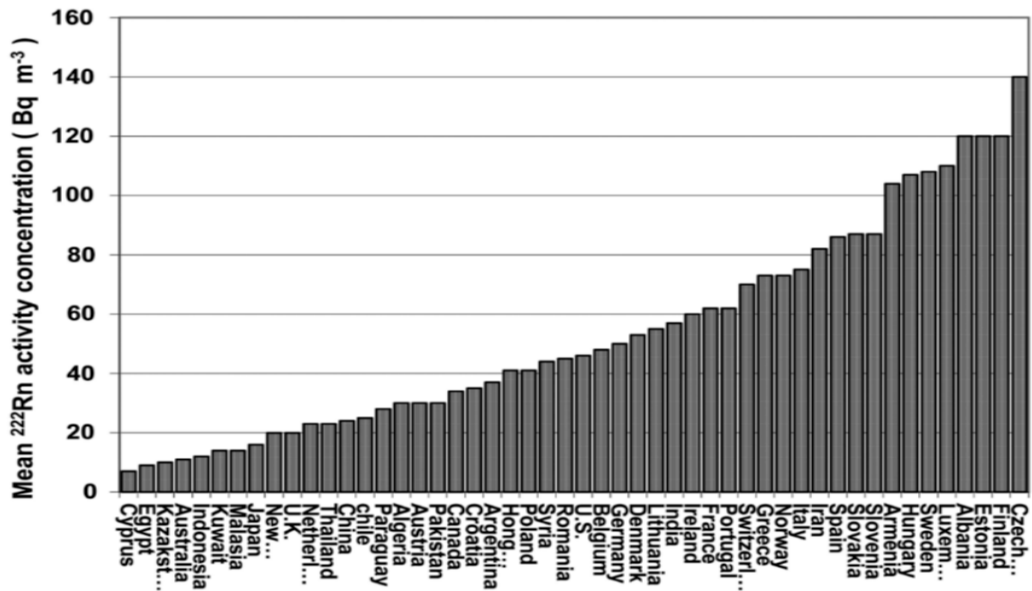
Yksittäisen keuhkosityövän syyksi voidaan olettaa joko tupakka, radon (radonin hajoamistuotteet), radonin ja tupakan yhteisvaikutus, tai muut syyt (esim. asbesti) (Taulukko 1). Suurin osa radonin aiheuttamista keuhkosityöistä ilmaantuu henkilöille, jotka ovat asuneet viitearvoa pienemmissä radonpitoisuuksissa, koska suurin osa väestöstä altistuu verrattain matalille radonpitoisuuksille. **Suomessa sisäilman radonin on arvioitu aiheuttavan tupakoimattomilla noin 40 ja tupakoivilla noin 240 keuhkosityöpäkuolemaa vuodessa** (Mäkeläinen 2010).

**Taulukko 1.** Eri syistä johtuvien keuhkosityöpien lukumäärät radonpitoisuusluokissa (Mäkeläinen 2010).

Radonpitoisuusluokka Bq/m <sup>3</sup>	Osuus väestöstä	Osuus altistuksesta	Eri syistä johtuvien keuhkosityöpäkuolemien määrä				
			Vain radon	Radon ja tupakka	Ei radon tai tupakka	Vain Tupakka	Yhteensä
<100	72 %	34 %	13	82	165	1 073	1 332
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
<b>Yhteensä</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>37</b>	<b>238</b>	<b>228</b>	<b>1 488</b>	<b>1 991</b>

## 1.6 Suomen radontilanne kansainvälisessä vertailussa

Suomessa sisäilman radonpitoisuudet ovat maailman korkeimpia. Suomessa mitattuja sisäilman radonpitoisuuksia vastaavia pitoisuuksia löytyy kuitenkin joistakin muista maista (Kuva 4) (Gaskin ym. 2018). Ko. julkaisussa Suomessa sisäilman radonaltistumiseen laskettiin liittyvän 4,1 % kaikista syöpäkuolemista, mikä on yksi suurimmista luvuista koko maailmassa. Julkaisussa on kuitenkin ilmeisesti käytetty vanhaa vuoden 1991 otannasta saatua arviota suomalaisten talojen radonpitoisuuksista, mikä on nykyistä arviota suurempi.



Kuva 4. Keskimääräinen asuntojen sisäilman radonpitoisuus 50 maassa (Gaskin ym. 2018).

## 2 Pitkän aikavälin tavoitteet radonaltistuksesta aiheutuvan keuhkosyöpäriskin pienentämiseksi

Toimintasuunnitelman tavoitteena on vähentää radonista johtuvia keuhkosyöpiä. Radonista aiheutuvaa keuhkosyöpäriskiä voidaan pienentää vähentämällä radonaltistusta ja tupakointia. **Liitteessä 1 esitetään toimintasuosituksia, joilla radonista johtuvia keuhkosyöpiä pyritään vähentämään.**

### 2.1 PÄÄTAVOITTEET

Päätavoitteet	Keinot (valvontavastuu <sup>1</sup> )	Mittarit
Radonista aiheutuvien keuhkosyöpien määrä vähenee	Radonaltistusta asunnoissa ja muissa oleskelutiloissa (TESU) sekä työpaikoilla (STUK) saadaan pienennettyä. Lisäksi tupakoinnin vähentäminen vaikuttaa tavoitteen saavuttamiseen (Valvira, STM).	Väestön ja työntekijöiden radonaltistumisen suuruus ja tupakoinnin yleisyys sekä näiden kehittyminen.

<sup>1</sup> rakennusvalvonta =kunnan rakennusvalvontaviranomainen, STM =Sosiaali- ja terveysministeriö, STUK =Säteilyturvakeskus, TESU =kuntien terveydensuojeluviranomainen, työsuoja =työsuoja- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto

Päätavoitteet	Keinot (valvontavastuu <sup>1</sup> )	Mittarit
Radonaltistuminen pienenee	<p>Rakennushankkeeseen ryhtyvä huomioi radonriskit uusien luvanvaraisten rakennusten suunnittelu- ja rakentamisratkaisuisa (rakennusvalvonta).</p> <p>Rakennushankkeeseen ryhtyvä huomioi radonturvallisuuden ja toteuttaa tarpeelliset radonkorjaukset muusta syystä toteutettavien rakennusten luvanvaraisten korjaus- ja muutostöiden yhteydessä (rakennusvalvonta).</p> <p>Olennaista on, että rakennushankkeeseen ryhtyvä on tietoinen radonriskeistä ja palkkaa hankkeeseen radontietoiset suunnittelijat ja urakoitsijan. Olennaista on lisäksi, että rakennusvalvonta valvoo lupaprosessin yhteydessä, että radonriskit on hankkeessa huomioitu asianmukaisesti osana rakentamisen turvallisuutta siten kuin mm. rakentamisen turvallisuus edellyttää.</p> <p>Rakennuksen omistaja/haltija rajoittaa radonaltistumista, jos asunnoissa ja muissa oleskelutiloissa on löytynyt viitearvoa suurempia radonpitoisuuksia (TESU). Työnantaja rajoittaa radonaltistumista työpaikoilla, jos työpaikalla on löytynyt viitearvoa suurempia radonpitoisuuksia (STUK).</p> <p>Vastuuviranomainen neuvoo ja tarvittaessa velvoittaa rakennuksen omistajan, haltijan tai työnantajan rajoittamaan radonaltistusta.</p>	Radonpitoisuudet uusissa ja olemassa olevissa rakennuksissa sekä radonkorjausten määrät ja tehokkuudet.
Sisäilman radonpitoisuudet tunnetaan paremmin	<p>Asuinrakennusten asukkaat tai rakennusten omistajat tai haltijat mittaavat pientaloasunnot ja kerrostalon alimpien kerrosten asunnot koko maassa. TESU ja STUK lisäävät tietoa mittausten tarpeellisuudesta asuinrakennuksissa Radonriskitietoisuuskohdassa mainituin keinoin.</p> <p>Työnantajat tai muut tiloista vastaavat tahot mittaavat radonpitoisuudet säteilylain edellyttämällä työpaikoilla ja muissa oleskelutiloissa (STUK, työsuojelu, TESU).</p> <p>Radonmittausten tulokset saadaan kattavasti kansalliseen radontietokantaan (STUK, STM, työsuojelu, TESU). Viranomaisilla on asiassa riittävät tekniset järjestelmät ja niihin liittyvät katselu- ja käyttöoikeudet sekä tekniset rajapinnat sekä lakisääteiset oikeudet.</p> <p>Valvontaviranomaisille säädetään riittävät keskinäiset tiedonsaanti- ja luovutus oikeudet sekä oikeudet saada radonmittauksia koskevat tiedot eri toimijoilta (STM).</p>	Rakentamisen, asuntojen, muiden oleskelutilojen ja työpaikkojen radonvalvonnan vaikuttavuusmittarit. Kansalliseen radontietokantaan tallennettujen radonmittausten määrä, edustavuus ja käytettävyys.
Radonriskitietoisuus paranee	TESU, Valvira, STUK, työsuojelu, STM, rakennusvalvonta ja Kuntaliitto toteuttavat tehokasta ja vaikuttavaa viestintää ja koulutusta erilaisille kohderyhmille. Tarvittaessa laaditaan ohjeita, oppaita tai muuta materiaalia, joka tukee tavoitteeseen pääsyä.	Radonriskitietoisuuskyselyjen tulokset.



## 2.2 Radonin aiheuttamiin keuhkosityöpiin vaikuttavat muutokset elinympäristössä

*Seuraavassa on esitetty yhteiskunnan muutoksia, jotka saattavat vaikuttaa radonista aiheutuvien keuhkosityöpien yleisyyteen.*

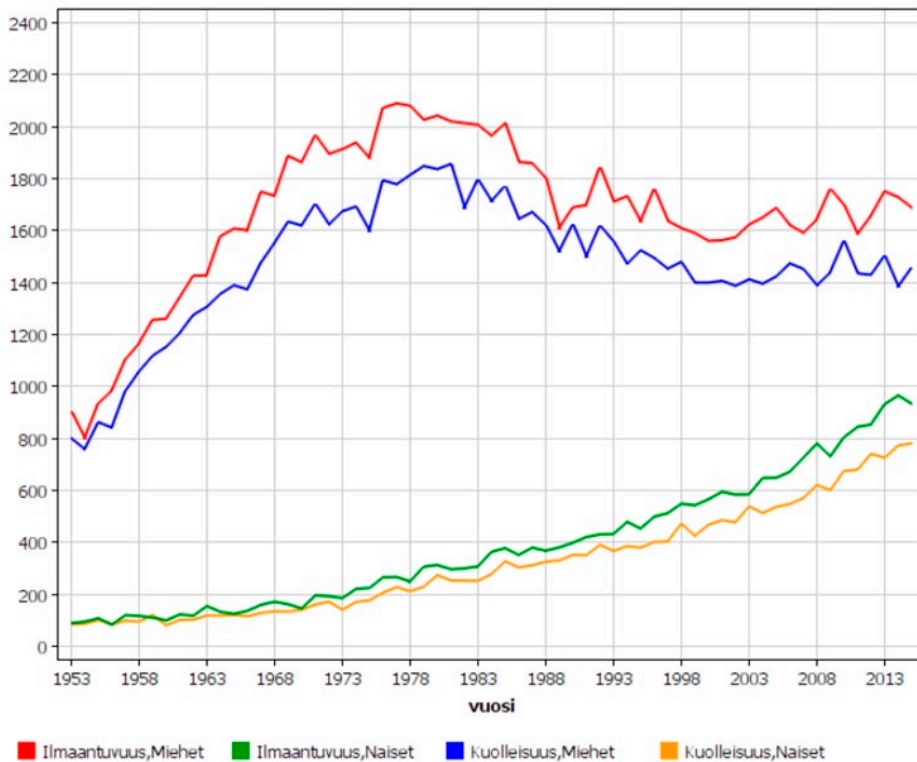
### Tupakointi vähenee

Tupakointi on viime vuosina koko ajan vähentynyt Suomessa. Tupakoinnin vastaiset ohjelmat, kuten Savuton Suomi 2030, tupakkalain muutokset ja tupakkalain valvonta sekä yleisen tupakanvastaisen ilmapiriin muutokset vähentävät suomalaisten tupakointia ja siten myös radoniin liittyvien keuhkosityöpien määrää. Koska tupakointi vähenee Suomessa, radonin aiheuttamia keuhkosityöpiä tullaan toteamaan nykyistä vähemmän. Eduskunnan Ympäristövaliokunnan lausunto säteilylakiin (YmVL 14/2018 vp–HE 28/2018 vp) kiinnitti huomiota radonin ja tupakoinnin yhteisvaikutukseen ja kannustaa jatkamaan ohjausta, neuvontaa ja muita toimenpiteitä savuttomuuden edistämiseksi.

Keuhkosityövän ylivoimaisesti tärkein riskitekijä on tupakointi. Keuhkosityövän ehkäisyssä olennaisinta on vähentää tupakointia ja tupakoinnin aloittamista väestössä. Tupakkaa koskeva lainsäädäntö Suomessa kattaa laajalti erilaisten tupakkatuotteiden käytön ja torjunnan. Tupakkalain (549/2016) tavoitteena on tupakkatuotteiden ja muiden nikotiinituotteiden käytön loppuminen vuoteen 2030 mennessä. Tupakoinnin vähentäminen kuuluu terveydenhuollon, hyvinvoinnin edistämisen ja ehkäisevän päihdetyön toimialojen sekä lukuisien järjestöjen perustehtäviin. Tupakoinnin vastaisessa työssä toimivien järjestöjen välillä on työnjakoa valistuksessa siten, että esimerkiksi Syöpäjärjestöt hoitavat lapsiin ja nuoriin kohdistuvan tupakka- ja nikotiinituotteiden aloittamisen ehkäisyvalistuksen, kun taas FILHA ry (Tuberkuloosin ja keuhkosairauksien asiantuntijajärjestö) kouluttaa terveydenhuollon ammattilaisia tupakkatuotteiden vieroitusosaamiseen. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos ja Työterveyslaitos ovat mukana lääkäreiden ja monien kolmannen sektorin yhdistysten Savuton Suomi 2030 -verkostossa. Verkoston tavoitteena on savuttomuutta edistävien toimenpide-ehdotusten esilletuominen päätöksenteon tueksi.

Tupakoinnin yleisyys näkyy syöpätilastoissa: suomalaisilla miehillä keuhkosityöpien määrä on viime vuosina pysynyt samalla tasolla, mutta naisilla ilmaantuvuus ja kuolleisuus tautiin on kasvanut (Kuva 5).

Suomi  
Keuhko  
Tapausmäärä, kaikki iät



NORDCAN © Association of the Nordic Cancer Registries (24.7.2018)

Kuva 5. Keuhkosyöpien tapausmäärät Suomessa vuosina 1953–2015. <http://www-dep.iarc.fr/NORDCAN/FI/frame.asp>

Vähentyvien keuhkosyöpien määriä ei voida asettaa tavoitteeksi, koska keuhkosyövän tärkein syytekijä, tupakointi, vaikuttaa ilmaantuvuus- ja kuolleisuuslukuihin niin merkittävästi, ja tupakoinnin vähentäminen tehdään muissa ohjelmissa. Tupakoinnin yleisyys myös vaihtelee eri puolilla Suomea (Murto ym. 2017). Radonaltistumisen vähenemisen vaikutusta keuhkosyövän ilmaantuvuuteen on tämän vuoksi mahdotonta nähdä syöpätalustoissa alueellisesti tai valtakunnan tasolla.

## Terveet tilat 2028

Valtioneuvosto hyväksyi periaatepäätöksenä 3.5.2018 Terveet tilat 2028 -toimenpideohjelman ”Kohti kokonaisvaltaista hyvinvoinnin edistämistä ja käyttäjien huomioon ottamista julkisissa rakennuksissa”. Hankkeen tavoitteena on julkisiin tiloihin liittyvän terveyden ja hyvinvoinnin edistäminen. Kestäviä rakentamis- ja ylläpitokäytäntöjä sekä

sisäilmaongelmien, mm. radonin, ennaltaehkäisyä ja käsittelyä vahvistetaan Terveet tilat 2028 -toimenpideohjelmassa, joka toimeenpannaan vuosina 2018–2028. <https://vnk.fi/terveet-tilat-2028>

### **Kaupungistuminen**

Kerrostaloasujien määrä kasvaa jatkuvasti, joten tulevaisuudessa yhä useampi asuu kerrostalon toisessa tai ylemmässä kerroksessa, missä radonpitoisuudet ovat verrattain pieniä. Siten väestön keskimääräinen altistuminen radonille saattaa pienentyä. Toisaalta tiivis pientaloasuminen on kasvattanut suosiotaan. Keskimääräinen radonpitoisuus, jolle suomalaiset altistuvat asunnoissa, ei kuitenkaan muutu kovin nopeasti, koska asuntokanta muuttuu hitaasti.

### **Ilmastonmuutos**

Lopullinen ilmastonmuutoksen kokonaisvaikutus jää todennäköisesti pieneksi, mutta aiheesta ei ole tehty tarkempaa tutkimusta. Teoriassa ilmaston lämpenemisellä voi olla vaikutusta sisäilman radonpitoisuuksiin. Aiheesta ei kuitenkaan ole tehty tarkempia tutkimuksia. Sisä- ja ulkoilman lämpötilaeron vähenemisen seurauksena radonvuodot voivat pienentyä hieman. Lämpötilaero vaikuttaa eniten painovoimaisen ilmanvaihdon taloissa. Toisaalta painovoimainen ilmanvaihto huononee, kun lämpötilaero pienenee, ja se puolestaan kasvattaa radonpitoisuutta. Kerrostalojen ylimpiin kerroksiin se ei kuitenkaan vaikuta. Lisäksi maaperän vesipitoisuus talven vesisateiden takia ja ylipäätään sateiden lisääntyminen voi puolestaan kasvattaa radonpitoisuuksia.

### **Energiatehokkaat rakennukset**

Euroopan parlamentin ja neuvoston rakennusten energiatehokkuusdirektiivi edellyttää jäsenmailta kansallisia ohjaustoimia rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi. Vuoden 2021 alusta tulee voimaan EU-direktiivi, joka edellyttää kaikkien uusien rakennusten olevan lähes nollaenergiataloja (nZEB). Matalaenergia- ja passiivirakentamisen ominaispiirteitä ovat lisääntynyt lämmöneristys, rakennuksen vaipan hyvä ilmatiiviyys sekä koneellinen ilmanvaihto. Hyvinkin pienet ilmapuodot perustus- ja alapohjarakenteiden kautta voivat vaikuttaa radonpitoisuuteen, myös siinä tapauksessa, että ne eivät merkittävästi huononna rakennuksen kokonaisilmatiiviyttä.

Myös energiatehokkaissa rakennuksissa tulee huomioida sisäilman laatu mukaan lukien radon. Esim. ulkoilmavirran mitoituksen minimivaatimus annetaan asetuksessa 1009/2017 ja se koskee myös lähes nollaenergiataloja. Aihe koskettaa uusia taloja sekä erityisesti vanhoja taloja, joissa tehdään uudet energiamääräykset täyttävä peruskorjaus, koska alapohjan huolellinen tiivistys on tällöin erittäin tärkeää.

## 3 Viitearvot, säädökset ja valvonnan toimeenpanon kehittäminen

Radonturvallisuuden toteutumista valvotaan sosiaali- ja terveysministeriön ja ympäristöministeriön hallinnonaloilla. STM:n hallinnonalalla radonturvallisuuden valvontaan osallistuvat Säteilyturvakeskus, kuntien terveydensuojeluviranomaiset ja aluehallintovirastojen työsuojeluviranomaiset. Ympäristöministeriön hallinnonalalla valvontavastuu on kunnan rakennusvalvontaviranomaisella. Paikallistason vastuu ympäristö- ja asuntoasioista on kunnilla. Radonturvallisuuden valvonta perustuu useaan eri lakiin, joissa sääntelyn tavoite, kohde ja keinot poikkeavat toisistaan. (Liite 2)

Radoniin liittyviä säädöksiä löytyy mm.:

Säteilylaki (859/2018)

Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä (1034/2018)

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä (1044/2018)

STUKin määräys luonnonsäteilylle altistavasta toiminnasta (S/3/2019)

Talousvesiasetus (1352/2015)

Pieni talousvesiasetus (401/2001)

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)

Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista (465/2014)

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017)

### 3.1 Taustaa viitearvoille säteilylaissa

Säteilylaissa (859/2018) viitearvolla tarkoitetaan säteilyannoksen, altistuksen tai aktiivisuuspitoisuuden arvoa, jota suurempaa säteilyannosta, altistusta tai aktiivisuuspitoisuutta ei ole asianmukaista sallia vallitsevassa altistustilanteessa. Määritelmä vastaa asiasisällöltään sitä, miten vertailutason käsite määritellään säteilyturvallisuusdirektiivissä (2013/59/

Euratom). Vallitsevalla altistustilanteella säteilylaissa tarkoitetaan ionisoivan säteilyn aiheuttamaa altistustilannetta, joka ei ole säteilyvaaratilanne tai säteilytoimintaa. Viitearvo koskee asiayhteydestä riippuen esimerkiksi työperäistä tai väestön altistusta ja se voidaan ilmaista esim. radonpitoisuutena hengitysilmassa tai radonaltistumisena. Lähtökohtaisesti viitearvo ei ole raja-arvo, jota suurempi pitoisuus tai altistus ei missään olosuhteissa saa olla. Esimerkiksi, kun kyse on radonpitoisuudesta yksittäisissä asunnoissa, viitearvoa suurempi radonpitoisuus voidaan perustelluista syistä sallia. Toisaalta, kun kyse on työntekijöiden altistuksesta radonille, viitearvoa suurempi altistus velvoittaa työnantajaa toimiin säteilyaltistuksen pienentämiseksi ja/tai seuraamiseksi.

BSS-direktiivi (2013/59/Euratom) edellyttää, että kansallisesti asetetaan työpaikkojen radonpitoisuudelle viitearvo, joka ei saa olla suurempi kuin 300 Bq/m<sup>3</sup>. Viitearvo ei saa olla suurempi, elleivät kansalliset olosuhteet edellytä tätä. Asunnoille vastaavaa poikkeamahdollisuutta viitearvoon ei ole direktiiviin kirjattu, eli asunnoissa radonpitoisuuden viitearvo ei saa olla suurempi kuin 300 Bq/m<sup>3</sup>. Mahdollisia kansallisia olosuhteita, joiden perusteella työpaikkojen radonpitoisuuden viitearvo pitäisi olla Suomessa direktiivin esittämää korkeampi, olisivat voineet olla se, että:

- Suomen maa- ja kallioperässä on uraania keskimäärin 3 mg/kg, kun taas maapallon keskiarvo on noin 2 mg/kg.
- Suomalainen rakennustapa, etenkin maavarainen laattaperustus, aiheuttaa rakennuksiin radonvuotoja maaperästä.
- Kylmä ilmasto aiheuttaa asuntoihin alipainetta, mikä lisää rakennuksen sisäilman radonpitoisuutta.

Rakennuksia voidaan nykytekniikalla suunnitella ja rakentaa niin, että sisäilman radonpitoisuudet pysyvät mahdollisimman pieninä. Lisäksi Suomessa mitattuja sisäilman radonpitoisuuksia vastaavia pitoisuuksia löytyy monista muistakin maista (Kuva 4). Suomessa päädyttiin näin ollen siihen, että työpaikkojen radonpitoisuuden viitearvo on 300 Bq/m<sup>3</sup>, eikä suurempi.

## 3.2 Uudet rakennukset

STMa:n (1044/2018) 21 §:ssä säädetään, että uuden rakennuksen suunnittelua ja toteutusta koskeva sisäilman radonpitoisuuden viitearvo on **200 Bq/m<sup>3</sup>**. Uuden rakennuksen viitearvoa sovelletaan silloin, kun arvioidaan sitä, onko rakennus suunniteltu ja rakennettu radonturvalliseksi. YM:n asetuksen (1009/2017) 21 §:ssä veloitetaan, että rakennus on suunniteltava siten, että vältetään radonin siirtymistä sisäilmaan. YM:n asetuksen

pohjarakenteista (465/2014) 4 §:ssä säädetään, että rakennuspaikan radonriskit on otettava huomioon suunnittelussa ja toteutuksessa.

Tilastokeskuksen mukaan vuosina 2000–2018 on valmistunut noin 74 900 pientaloa. STUKin radontietokantaan on tallennettu 6 040 pientalon mittaustulokset, jotka on rakennettu ko. vuosina ja mitattu viiden vuoden sisällä rakennuksen valmistumisesta. Tämän perusteella ei voi arvioida, kuinka monessa uudessa pientalossa mitataan sisäilman radonpitoisuudet. Tämä sen vuoksi, että radontietokantaan on tallennettu vain STUKin radonmittauspurkeilla tehdyt asuntomittaukset ja usein rakennusvuotta ei ole annettu.

### 3.3 Asunnot ja muut oleskelutilat

STMa:n (1044/2018) 20 §:ssä säädetään, että asunnon ja muun oleskelutilan sisäilman radonpitoisuuden viitearvo on **300 Bq/m<sup>3</sup>**. Asunnon radonpitoisuus määritetään radonpitoisuuden vuosikeskiarvona, joka mitataan tai mittauksen perusteella arvioidaan vuoden pituiselta yhtäjaksoiselta ajalta. Muun oleskelutilan radonpitoisuus lasketaan tai mitataan tilan käytön aikaisena radonpitoisuuden vuosikeskiarvona.

Suuri osa muista oleskelutiloista on myös työpaikkoja, jolloin asiakkaan altistus suhteessa työntekijään voi olla vähäinen (esim. kirjastot, kaupat). Muiden oleskelutilojen osalta terveydensuojelulain 13 §:n mukaan ilmoitusvelvolliset toiminnot ovat pääsääntöisesti kunnan viranomaisen suunnitelmallisen valvonnan piirissä. Näiltä toimijoilta kunnan terveydensuojeluviranomainen pyytää selvitystä sisäilman radonpitoisuudesta silloin kun se on niistä sijaintinsa puolesta selvitettävä. Muiden kuin suunnitelmallisessa valvonnassa olevien oleskelutilojen osalta kunnan terveydensuojeluviranomainen valvoo sisäilman radonpitoisuutta sille tehtyjen valvontapyyntöjen perusteella.

Säteilylain siirtymäsäännöksen 202 §:n mukaan, ennen lain voimaantuloa rakennetussa asunnossa tai muussa oleskelutilassa, joka ei ole työpaikka ja jonka radonpitoisuus on ennen lain voimaantuloa mittauksin todettu olevan välillä 300–400 Bq/m<sup>3</sup>, on huolehdittava säädetyn viitearvon noudattamisesta viimeistään, kun asuntoon tai muuhun oleskelutilaan tehdään seuraava sellainen korjaustoimi, jonka yhteydessä radonpitoisuuden pienentäminen on tarkoituksenmukaista.

Tähän mennessä kansalliseen radontietokantaan kirjattujen asuntojen edustavien mittausten radonpitoisuuksien vuosikeskiarvon mediaani oli 125 Bq/m<sup>3</sup>. STUKin mittauspurkeilla tehdyissä mittauksissa radonpitoisuus on ollut suurempi kuin 300 Bq/m<sup>3</sup> vajaassa 20 %:ssa asunnoista. Suomessa arvioidaan olevan noin 100 000 asuntoa, joissa radonpitoisuus on suurempi kuin 300 Bq/m<sup>3</sup> ja niistä on löydetty noin 40 %. Noin puolet asunnoista, joissa

radonpitoisuus on viitearvoa suurempi, arvioidaan korjattavan radonturvalliseksi. Viitearvon soveltaminen realisoituu todennäköisesti asuntoa myytäessä tai vuokrattaessa.

STM:n arvion mukaan kaikista Suomen muista oleskelutiloista korkeintaan 3 %:ssa radonpitoisuus on suurempi kuin 300 Bq/m<sup>3</sup>. Tämä tarkoittaisi noin 3 000 rakennusta.

Asumisterveysasetuksessa (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksesta, 545/2015) ei mainita radonia, koska sisäilman radonpitoisuuden viitearvoihin liittyvä pohdinta ja keskustelut jätettiin säteilylain uudistuksen yhteyteen. Asumisterveysasetuksen 3 §:ssä todetaan, että terveyshaitta on arvioitava kokonaisuutena siten, että altisteen toimenpiderajaa sovellettaessa otetaan huomioon altistumisen todennäköisyys, toistuvuus ja kesto, mahdollisuudet välttää altistumiselta tai poistaa haitta sekä poistamisesta aiheutuvat olosuhteet ja muut vastaavat tekijät.

Terveysuojelulaisissa (763/1994) 26 §:ssä on määritelty asunnon ja muiden oleskelutilojen terveydelliset vaatimukset, jotka koskevat muun muassa säteilyä. Terveysuojelulain säännös ei rajoitu radoniin tai edes ionisoivaan säteilyyn, vaan koskee kaikkea terveydelle haitallista säteilyä. Tässä toimintasuunnitelmassa sitä tarkastellaan kuitenkin nimenomaan radonaltistuksen näkökulmasta. Säännös edellyttää, että maaperästä vapautuvaa radonia ei saa tunkeutua asuntoon tai muuhun oleskelutilaan siinä määrin, että siitä aiheutuu terveyshaittaa.

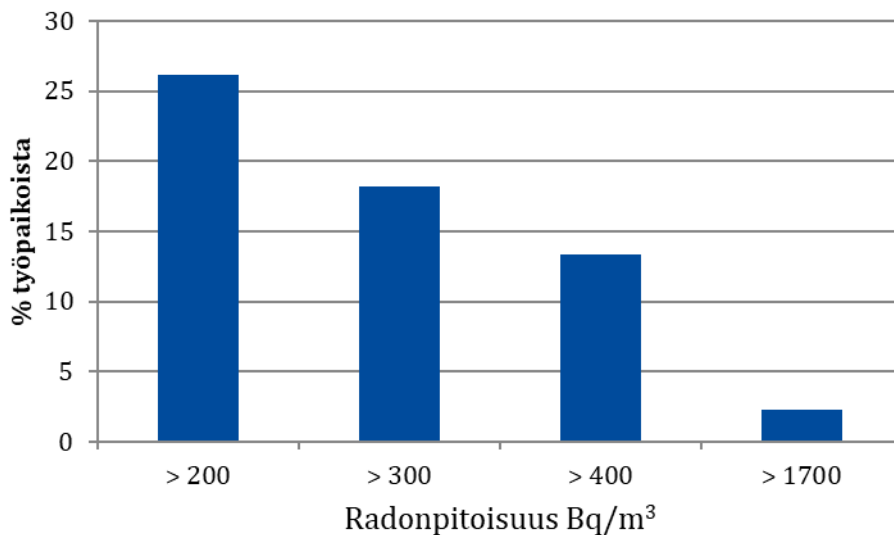
Asuntojen ja muiden oleskelutilojen osalta velvollisuus radonpitoisuuden rajoittamiseen ja poistamiseen perustuu terveysuojelulain 27 §:ään ja on sidottu terveyshaitan aiheutumiseen. Radonin osalta mahdollisen haitan selvittämisestä ja poistamisesta vastaa yleensä rakennuksen omistaja. Ellei näin kuitenkaan tapahdu, kunnan terveysuojeluviranomainen voi velvoittaa rakennuksen omistajan tai sen, jonka vastuulla haitta on, ryhtymään viipymättä tarvittaviin toimenpiteisiin terveyshaitan selvittämiseksi, poistamiseksi tai rajoittamiseksi. Jos terveyshaitta on ilmeinen ja on syytä epäillä sen aiheuttavan välitöntä vaaraa, haittaa ei voida korjata tai jos terveysuojeluviranomaisen määräystä haitan poistamiseksi ei ole noudatettu, eikä muita tämän lain mukaisia toimenpiteitä ole pidettävä riittävinä, terveysuojeluviranomainen voi kieltää tai rajoittaa asunnon tai muun oleskelutilan käyttöä.

Säteilylain uudistuksen myötä sosiaali- ja terveysministeriön päätös asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista (944/1992) on kumottu.

### 3.4 Työpaikat ja työntekijät

STMa:n 19 §:ssa säädetään, että työpaikan **radonpitoisuuden** viitearvo on **300 Bq/m<sup>3</sup>** työtilassa, jossa työaika on suurempi tai yhtä suuri kuin 600 tuntia vuodessa. Radonpitoisuus lasketaan työnaikaisen radonpitoisuuden vuosikeskiarvona.

Radontietokannan perusteella noin 18 %:lla työpaikkoja radonpitoisuus on ollut vähintään yhdessä mittauspisteessä suurempi kuin viitearvo 300 Bq/m<sup>3</sup> (Kuva 6).



**Kuva 6.** Työpaikkojen radonpitoisuuksien jakautuminen kaikkien toimittajien mittauspurkeilla mitattuna vuosina 2015–2019.

**Työperäistä altistusta** koskeva viitearvo radonille on **500 000 becquereltuntia kuutiometrissä vuodessa**. Altistus lasketaan kaikissa työtiloissa vuoden aikana kertyneiden altistusten summana. Työperäistä altistusta koskevaa viitearvoa radonille ei sovelleta, jos työntekijä työskentelee ainoastaan työtilassa, jossa radonpitoisuus on työpaikan sisäilman radonpitoisuuden viitearvoa pienempi.

STMa:n 19 §:ssä säädettyä työntekijän altistusta radonille koskevaa viitearvoa sovelletaan tilanteissa, joissa jossakin työ- tai oleskelutilassa radonpitoisuus on viitearvoa suurempi. Tällaisissa tapauksissa työntekijöiden käyttämien työ- ja oleskelutilojen radonpitoisuudet ja niissä työntekijän viettämä aika huomioidaan radonaltistukseen. Jos työ- tai oleskelutila sijaitsee maanpinnasta lukien toisessa tai sitä ylemmässä kerroksessa, sitä ei tarvitse mitata, vaan sen radonpitoisuudeksi oletetaan 40 Bq/m<sup>3</sup>.



### Turvallisuuslupa ja annostarkkailu

Jos korjaavien toimenpiteiden jälkeen työpaikan radonaltistusta ei saada pienennettyä viitearvoa pienemmäksi, toiminnan jatkamisen edellytyksenä on turvallisuuslupa (SätL 148 §). Tämä tarkoittaa mm. työntekijöiden annostarkkailua. Radonaltistumisesta aiheutuva annos lasketaan VN:n liite 3:n kohdan 1.2 mukaisesti. Jos työntekijälle aiheutuva säteilyannos voi ilman korjaavia toimenpiteitä olla työntekijän annosrajaa (20 mSv/v) suurempi, työnantajan on viipymättä järjestettävä työntekijöille henkilökohtainen annostarkkailu (VN:n 13 §).

Niissä työpaikoissa (esim. laajat tunneliverkostot, joissa on tehtävä huoltotöitä), joissa radonaltistusta ei saada viitearvoa pienemmäksi, jatketaan annostarkkailua koko toiminnan ajan.

Radonista työntekijöille aiheutuva annos on tähän asti arvioitu työtilojen radonpitoisuuden ja siellä vietettyjen oleskeluaikojen perusteella. Altistuksen seurannassa on viime vuosina ollut 5–9 toiminnanharjoittajaa ja 26–90 työntekijää.

## 3.5 Optimointiperiaate, ALARA

Radonista johtuva säteilyaltistus tulee pitää niin pienenä kuin se on käytännöllisesti mahdollista (ALARA-periaate). ALARA-periaate tarkoittaa käytännössä siis myös radonpitoisuuksien alentamista viitearvoa pienemmäksi silloin kun se on mahdollista. Maailman terveysjärjestö on suositellut asuntojen sisäilman radonpitoisuuden viitearvoksi 100 Bq/m<sup>3</sup> (WHO 2009). Radoniin liittyvän keuhkosityöpäriskin annosvaste on nykyisen tutkimustiedon perusteella lineaarinen ja ilman kynnysarvoa. Noin kolmannes radonin aiheuttamista keuhkosityövistä Suomessa syntyy pienillä, alle 100 Bq/m<sup>3</sup>, radonpitoisuuksilla. Säteilyaltistumisen pienentäminen alle 100 Bq/m<sup>3</sup>:n tasolle on hyvä tavoite silloin, kun se on järkevästi mahdollista. Toimenpiteet ovat yleensä kiinteistön omistajan vastuulla, jos halutaan optimoida radonaltistuminen viitearvoa pienemmäksi asunnoissa ja muissa oleskelutiloissa.

Asuntojen ja muiden oleskelutilojen osalta radonaltistumisskenaarion ja radonkorjauksen lopputulosta on tarkasteltava optimointiperiaatetta soveltaen. Jos radonpitoisuus on viitearvoa suurempi edelleen korjausten jälkeen, mutta radonpitoisuutta on pienennetty merkittävästi eikä kohtuullisia lisäkorjauksia pitoisuuden edelleen alentamiseksi ole, lopputulos voidaan katsoa hyväksyttäväksi. Tällaisissa tilanteissa sovelletaan tapauskohtaista harkintaa.

*Esimerkki 1: Ensimmäisessä mittauksessa asunnon radonpitoisuus on ollut suurempi kuin 2 000 Bq/m<sup>3</sup> ja radonpitoisuus on pienentynyt yli 85 % radonimurin asennuksen ja tiivistysten seurauksena. Ilmanvaihdon on todettu toimivan riittävän hyvin. Muita järkeviä korjaustoimenpiteitä ei enää ole. Tällaisessa tilanteessa terveydensuojeluviranomainen voi joutaa viitearvon tulkinnassa.*

*Esimerkki 2: Kirjaston kellarivarastossa, johon asiakkailta on pääsy, mitataan viitearvoa suurempi radonpitoisuus. Varastossa ei ole työpöytiä ja tuoleja, joten kukaan kirjaston käyttäjä ei ole varastossa pitkiä aikoja eikä merkittävää radonaltistusta synny kenellekään. Tässä tapauksessa terveydensuojeluviranomainen voi joutaa viitearvon tulkinnassa siten, että käyttäjien altistus on edelleen vähäinen (esimerkiksi 50 h/v x 1 000 Bq/m<sup>3</sup> = 50 000 Bq/m<sup>3</sup> h /v). STUK valvoo kohdetta kuitenkin niin, että työntekijän työaikainen vuosialtistus radonille ei ole suurempi kuin 500 000 Bq/m<sup>3</sup> h /v.*

### 3.6 Talousvesi

Sosiaali- ja terveysministeriö on antanut asetukset talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (1352/2015, jäljempänä *talousvesiasetus*) sekä pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (401/2001, jäljempänä *pieni talousvesiasetus*). Talousvesiasetukseen on kirjattu EU:n direktiivin (2013/51/Euratom) määrittelemät vaatimukset talousveden radioaktiivisten aineiden enimmäispitoisuuksista. Radioaktiivisuuden laatuvaatimukset on esitetty talousvesiasetuksen liitteessä 1, taulukossa 3.

Kunnan terveydensuojeluviranomainen valvoo talousvettä, jota käytetään tai toimitetaan vedenjakelualueelle käytettäväksi talousvetenä vähintään 10 m<sup>3</sup> päivässä tai vähintään 50 henkilön tarpeisiin. Talousvesiasetuksen mukaan valvotaan myös vettä, jota käytetään osana julkista tai kaupallista toimintaa tai elintarvikehuoneistossa, jolla on oma kaivo tai muu vesilähde.

Radonpitoisuuden **laatuvaatimuksen enimmäisarvo on 1 000 becquereliä litrassa** (Bq/l). Jos pitoisuus on suurempi kuin enimmäisarvo, korjaavat toimet ovat säteilyturvallisussyistä välttämättömiä aina ilman lisäarviointeja veden käyttötavasta riippumatta. Korjaaviin toimenpiteisiin on ryhdyttävä aina, kun laatuvaatimus ei täyty. Talousvesiasetuksen laatuvaatimus vastaa säteilylaissa tarkoitettua viitearvoa.

Talousvesiasetuksessa radonin **laatutavoitteen enimmäisarvo on 300 Bq/l**. Jos pitoisuus on suurempi, korjaavien toimenpiteiden tarpeellisuus harkitaan riskinarvioinnin perusteella. Jos radonin pitoisuus on vaatimusten täyttymiskohdassa (käyttäjän hana,

pullottamiskohta, kohta, jossa vesi otetaan tankista, tai kohta, jossa vettä käytetään elintarvikehuoneistossa) suurempi kuin 100 Bq/l, pitoisuus on tutkittava raakavedestä tai vedenkäsittelylaitokselta lähtevästä vedestä. Kunnan terveydensuojeluviranomainen voi pyytää riskinarviointia STUKlta.

Kunnan terveydensuojeluviranomainen valvoo pienen talousvesiasetuksen (401/2001) mukaan niitä talousvettä toimittavia laitoksia, jotka toimittavat vettä alle 10 m<sup>3</sup> päivässä tai alle 50 henkilölle. Pienen talousvesiasetuksen mukaan voidaan valvoa myös toiminnanharjoittajan vedenottamon vettä, jota käytetään osana pienimuotoista ja vähäriskistä julkista tai kaupallista toimintaa. Lisäksi pienen talousvesiasetuksen mukaan voidaan valvoa elintarvikehuoneistossa käytettävää toiminnanharjoittajan vedenottamon vettä, jos toiminta on pienimuotoista ja vähäriskistä. Yhteisessä tai yksityisessä käytössä olevat kaivot tai muut vedenottamot, joiden vettä käyttää alle 50 henkilöä, eivät ole kunnan terveydensuojeluviranomaisen valvonnassa vaan huolehtivat itse talousvetensä laadun tarkkailusta. **Yksityiskaivoja koskeva radonpitoisuuden enimmäisarvo on 1 000 Bq/l.** Pienen talousvesiasetuksen laatusuosituksissa radonin enimmäispitoisuus on 300 Bq/l. Kunnan terveydensuojeluviranomainen antaa tarvittaessa määräykset radonpitoisuuden pienentämiseksi tai määräyksen korvaavan vesilähteen käyttöönottoon.

### 3.7 Rakennustuotteet

STUK valvoo rakennustuotteiden radioaktiivisuutta Suomessa. Rakennustuotteita valvotaan niiden lähettämän gammasäteilyn perusteella. Rakennustuotteiden gammasäteilystä aiheutuvan altistuksen viitearvo on 1 mSv/v.

VNa:n 53 §:ssa säädetään, mistä rakennustuotteista luonnonsäteilystä aiheutuva säteilyaltistus on selvitettävä. Rakennustuotteen valmistaja, maahan siirtäjä tai maahantuojaa vastaa radioaktiivisuuden selvitystarpeen arvioimisesta, selvityksen ja siihen liittyvien mitausten tekemisestä ja selvityksen tulosten ilmoittamisesta STUKille. STMa:n 24 §:ssä annetaan rakennustuotteista aiheutuvan väestön altistuksen viitearvot. STUKin määräyksen 12–13 §:ssä säädetään rakennustuotteesta aiheutuvan väestön altistumisen selvittämisestä sekä ilmoittamisesta. Rakennustuotteesta aiheutuvan säteilyaltistuksen selvittämistä koskevassa säännöksessä on otettu huomioon myös rakennustuoteasetuksen vaatimukset.

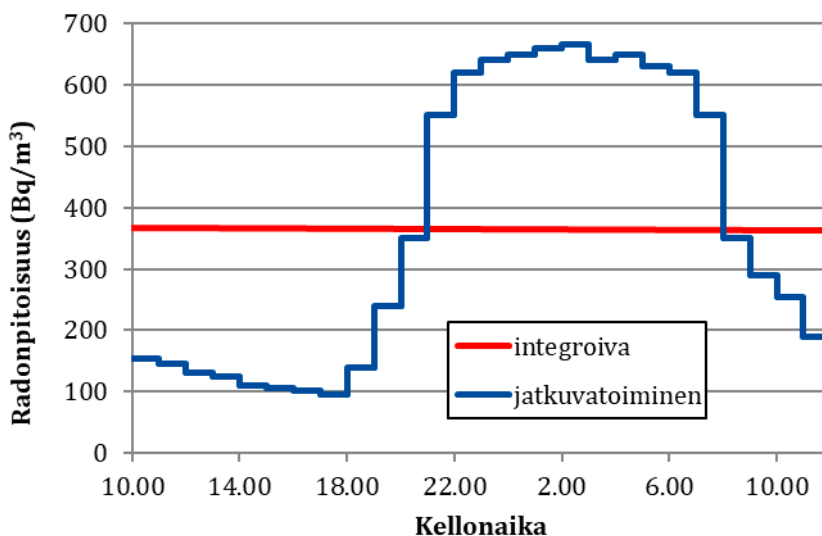
## 4 Mittaaminen

### 4.1 Menetelmät ja laitteet

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

Jatkuvatoimiset radonmittalaitteet mittaavat ja rekisteröivät muistiinsa radonpitoisuuden lyhytkestoiselta jaksolta, joka vaihtelee minuuteista muutamaan tuntiin. Muistiin tallennetuista mittaustuloksista voidaan lukea jaksojen radonpitoisuudet tai laskea radonpitoisuuden keskiarvo tutkittavalle aikavälille (Kuva 7).

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



**Kuva 7.** Esimerkki jatkovatoimisen ja integroivan radonmittauksen tulosten vertailusta tilassa, missä ilmanvaihto on pois päältä muulloin kuin työaikana. Jatkovatoimisessa mittauksessa kullekin tasatunnille on määritetty radonpitoisuus, integroivassa radonpurkkimittauksessa pitemmän ajanjakson pitoisuuden keskiarvo.

Eri mittausmenetelmiä sovelletaan eri tarkoituksiin (Taulukko 2). 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 viitearvoa pienemmät radonpitoisuudet voidaan sulkea pois. Mikäli integroiva mittauksella radonpitoisuuden keskiarvo on suurempi kuin viitearvo, kannattaa tehdä jatkovatoiminen mittaus, jotta saadaan selville radonpitoisuuden vuorokauden-aikainen vaihtelu. Varsinkin ajastetulla ilmanvaihdolla varustetuissa rakennuksissa öiseen aikaan pitoisuudet voivat olla huomattavasti suurempia kuin päivällä. Toisaalta herkkiä jatkovatoimisia radonmittauslaitteita ei voida käyttää, kun arvioidaan, tarvitseeko esim. maanalaisessa tunnelissa lisätä tuuletusta ennen muutaman viikon kestoisen asennusurakan aloittamista. Maanalaisten tilojen pölyisissä ja kosteissa olosuhteisissa, joissa muita radonmittausmenetelmiä ei voida käyttää, on mahdollista tehdä hetkellinen radonpitoisuuden mittaus. Hetkellisessä radonpitoisuuden mittauksessa otetaan ilmanäyte, jonka radonpitoisuus myöhemmin mitataan laboratoriossa.

**Taulukko 2. Radonmittausmenetelmien vertailua.**

Menetelmä	Edut	Haasteet
Integroiva (radonmittauspurkki)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edullisia</li> <li>• Mahdollistaa pitkän aikavälin keskiarvon mittaamisen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tulos kuvaa rakennuksen yleistä radonpitoisuutta, ei oleskelun- tai työaikaista radonpitoisuutta</li> </ul>
Jatkuvatoiminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mahdollistaa radonpitoisuuden ajallisen vaihtelun tuntikohtaisen selvittämisen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hinta</li> <li>• Laitteet on kalibroitava säännöllisesti</li> <li>• Eivät hintansa vuoksi sovellu pitkien mitausten tekemiseen</li> </ul>
Hetkellinen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mahdollistaa radonpitoisuuden nopean selvittämisen</li> <li>• Ei ole herkkä ympäristöolosuhteille</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tulos kuvaa vain näytteenottohetken radonpitoisuutta</li> </ul>
Pienikokoiset sähköiset ilmaisimet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittarit halvempia kuin jatkuvatoimiset mittarit</li> <li>• Radonpitoisuuden keskiarvo näkyy mittarin näytössä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herkkyys on yleensä huonompi kuin jatkuvatoimisilla mittareilla</li> <li>• Ei laitekohtaista kalibrointia, joten virhe voi olla luokkaa <math>\pm 20\%</math></li> </ul>

Asuntojen, muiden oleskelutilojen ja työpaikkojen ilman radonpitoisuus määritetään Säteilyturvakeskuksen hyväksymällä mittausmenetelmällä, jos haluaa virallisen mittaus tuloksen. Radonkorjausten välittömät tarkistukset voidaan kuitenkin tehdä muillakin mittausmenetelmillä, esim. pienikokoisilla sähköisillä ilmaisimilla. Noin vuorokauden kestoisella mittauksella saadaan yleensä riittävä määrä pulsseja ja laite ilmoittaa tämän ajankohdan radonpitoisuuden keskiarvon näytössään. Lyhytaikaisen mittauksen tulos pitää aina varmistaa pitkäaikaisella STUKin hyväksymällä mittausmenetelmällä. Lyhytaikaiset mittaukset ovat myös hyödyllisiä esimerkiksi tunneleissa työskennellessä, jolloin joillain laitteilla nähdään parissa tunnissa arvio tilan radonpitoisuudesta ja voidaan tarvittaessa tehostaa tuuletusta. Joissakin mittareissa on myös hälytys, jos pitoisuus ylittää käyttäjän asettaman rajan.

STUK on hyväksynyt myös mukana kannettavan, henkilökohtaisen radonmittalaitteen, joka mittaa työntekijän saamaa radonaltistusta. Mittaustekniikka tässä laitteessa on integroiva. Myös pienikokoiset puolijohdeilmaisimet voisivat soveltua mukana kannettaviksi henkilökohtaisiksi mittalaitteiksi.

## 4.2 Mittausten määrä

Asunnoissa, jotka ovat pienempiä kuin 100 m<sup>2</sup>, yksi radonmittaus riittää tilassa, jossa oleskellaan eniten. Suuremmissa asunnoissa tehdään yksi mittaus jokaista 100 m<sup>2</sup> kohden tiloissa, joissa oleskellaan eniten. Kaksi tai useampi kerroksisissa asunnoissa tehdään radonmittaus jokaisessa asuinkerroksessa. Kellarissa olevia pesutiloja ja varastoja ei tarvitse mitata, jos niissä ei juuri oleskella.

Tavanomaisilla työpaikoilla mittauspisteiden sijainti ja lukumäärä on oltava sellainen, että tulosten perusteella saadaan luotettava arvio työntekijöiden radonaltistumisesta. On ollut yleistä, että työpaikat mittaavat radonpitoisuutta liian harvoissa mittauspisteissä, jolloin ei saada luotettavaa kuvaa työntekijöiden radonaltistuksesta. STUKin määräyksen (S/3/2019) 5 luvussa on säädetty yksityiskohtaisesti, miten työpaikkojen radonmittaus on tehtävä ja raportoitava.

### 4.3 Mittausten toistaminen

STUKin tiedossa on tapauksia, missä radonimuri on rikkoutunut kenenkään sitä huomaamatta. Tämän seurauksen ihmisten radonaltistuminen on ollut yhtä korkealla tasolla kuin ennen radonkorjausta.

STUK suosittelee, että sisäilman radonmittaus toistettaisiin asunnoissa, muissa oleskelutiloissa ja tavanomaisilla työpaikoilla

- kymmenen vuoden välein, jos aiempi radonpitoisuus on ollut suurempi kuin  $100 \text{ Bq/m}^3$ ;
- kymmenen vuoden välein, jos radonpitoisuuden pieneneminen viitearvoa pienemmäksi on saatu aikaiseksi radonkorjauksella;
- viiden vuoden välein, jos viitearvoa pienempi pitoisuus on saatu aikaiseksi radonkorjauksella ja radonpitoisuus ennen korjausta on ollut suurempi kuin  $1\,000 \text{ Bq/m}^3$ ;
- mahdollisimman pian sen jälkeen, kun rakennuksessa on tehty oleellisia, rakenteisiin tai ilmanvaihtoon liittyviä rakennus- tai muutostöitä (esim. betonilaatan, salaojien tai ilmanvaihdon uusiminen).

Työnaikaisen radonpitoisuuden mittaus uusitaan, kun ilmanvaihdon säätöihin tehdään oleellisia muutoksia, joilla voi olla merkittävää vaikutusta painesuhteisiin ja sen myötä työnaikaiseen radonpitoisuuteen.

STUKin määräyksen (S/3/2019) 17 §:ssä on säädetty yksityiskohtaisesti, miten usein maanalaisten työpaikkojen radonmittaus on toistettava.

## 4.4 Radonmittauksen kesto ja mittauskausi

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.

Sisäilman radonpitoisuuden mittauksen on oltava asunnoissa, muissa oleskelutiloissa ja tavanomaisilla työpaikoilla yhtäjaksoinen ja kestettävä vähintään kaksi kuukautta. Mittaus on tehtävä syyskuun alun ja toukokuun lopun (mittauskausi 1.9.–31.5.) välisenä aikana.

STUKin määräyksen (S/3/2019) 5 luvussa on säädetty integroivien ja jatkuvatoimisten radonmittausten kestosta ja mittauskaudesta.

Kansainvälisten suositusten (WHO 2009, ICRU 2012) ja kotimaisen tutkimustiedon perusteella (Arvela ym. 2016) mittauksen kestoja olisi syytä pidentää kolmeen kuukauteen. Tällöin satunnaisten vaihteluiden vaikutus tulokseen pienenee merkittävästi. Turtiainen ym. (2018) analyysin mukaan mittauskaudella (syys-toukokuu) kahden kuukauden mittauksen perusteella tehtyyn vuosikeskiarvon arvioon liittyy epävarmuus, joka geometrisena variaatiokertoimena ilmaistuna on 30 %. Jos mittauksen kesto on kolme kuukautta, variaatiokertoimen arvo on 24 %. 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.

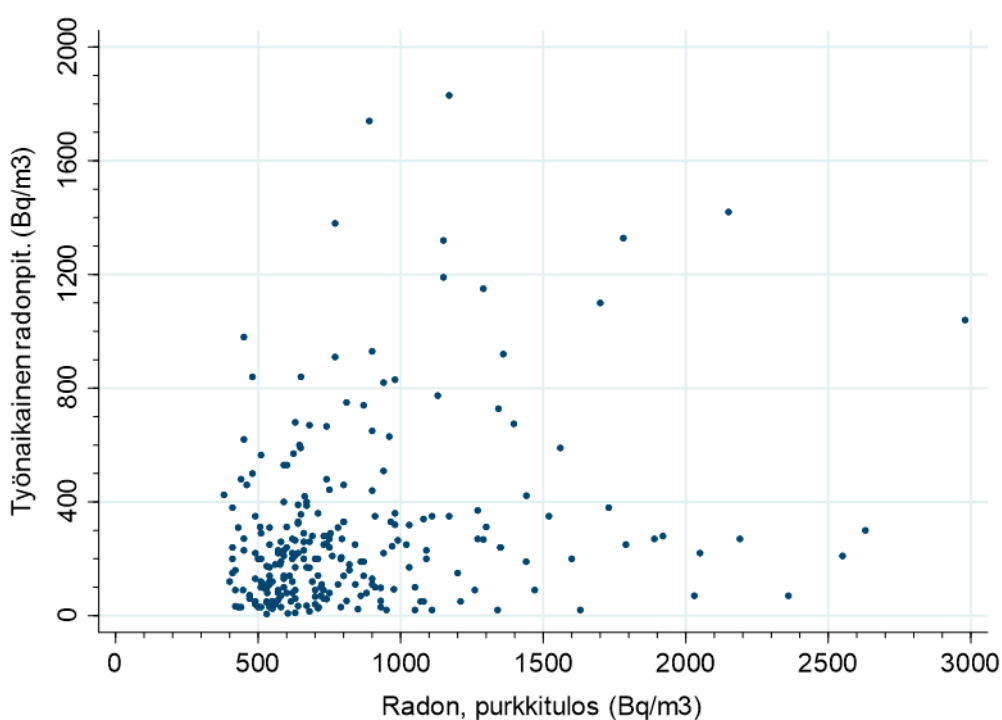
Suomessa säteilylain myötä vuoden 2018 lopussa mittauskautta pidennettiin aikaisemmasta mittauskaudesta, joka oli marras-huhtikuun välillä. Uusi mittauskausi on syyskuun alun ja toukokuun lopun välinen aika ja se edellyttää vähintään kahden kuukauden kestoista mittausta. Päätös mittauskauden pidentämisestä perustuu 329:n asunnon kuukausittain mittaustulosten analyysiin (Turtiainen ym. 2018). Analyysin mukaan vuosikeskiarvon arvioimiseen liittyvän korjauskertoimen geometrinen variaatiokerroin on 21–36 %, kun mittaus tehdään syyskuun alun ja toukokuun lopun välillä kahden kuukauden kestoisena. Jos kahden kuukauden kestoinen mittaus ajoittui kokonaan tai osittain kesä-elokuun ajalle, variaatiokertoimet olivat 37–123 %.

Talvella mitattu radonpitoisuus on keskimäärin 18 % suurempi kuin vuosikeskiarvo niissä pientaloasunnoissa, joissa talvella esiintyvä radonpitoisuus on keskimäärin suurempi kuin 100 Bq/m<sup>3</sup>. (STUK A242). Kaikille pientaloasunnoille talvipitoisuuden arvioitiin olevan 12 % vuosikeskiarvoa suurempi ja kerrostaloasunnoille 10 % suurempi. Yksittäisen asunnon tapauksessa talvi/vuosikeskiarvo -pitoisuussuhde vaihtelee ja noin 20 %:ssa



mittauksista talvimittauksen tulos on pienempi kuin vuosikeskiarvo. Kesällä tehtyä mitausta ei voida käyttää vuosikeskiarvon arvioinnissa, koska siihen liittyy suurimmat epävarmuudet (Mäkeläinen ym. 2009, Arvela ym. 2016).

Jaksotettu ilmanvaihto luo oman hankaluuden radonpitoisuuden arviointiin niissä rakennuksissa, joissa ei ole kukaan kaiken aikaa. Jos vähintään kaksi kuukautta kestävä mittauksen tulos on suurempi kuin viitearvo, on mahdollista, että työn- tai oleskelun aikaisen radonpitoisuuden keskiarvo on pienempi kuin viitearvo jaksottaisesta ilmanvaihtojärjestelmästä johtuen. Tällöin voidaan työn- tai oleskelunaikainen radonpitoisuus todentaa vähintään seitsemän päivää kestävällä jatkuvatoimisella radonmittauksella. Mittauksen tuloksissa on käytävä ilmi tasan seitsemän vuorokauden radonpitoisuuden keskiarvo ja työ- tai oleskelutuntien aikainen radonpitoisuuden keskiarvo samana aikana. Kansallisessa radontietokannassa olleista työnaikaisista radonmittauksista 79 % oli alle 400 Bq/m<sup>3</sup>, vaikka purkkimittauksen tulos oli ollut tätä suurempi (Kuva 8).



**Kuva 8.** Työnaikainen radonpitoisuus on yleensä pienempi kuin radonpurkkimittauksella saatu pitoisuus, kun työpaikalla on koneellinen ilmanvaihto. Lähde: Kansallinen radontietokanta (N=249).

Viitearvon tuntumassa olevan vuosikeskiarvon ylityksen todentaminen on käytännössä hankalaa. Radonpitoisuus vaihtelee rakennuksen eri huoneissa keskimäärin 30 %, vuosien välinen vaihtelu on keskimäärin 30 % ja kahden kuukauden perusteella arvioituu

kyseisen vuoden radonpitoisuuden keskiarvoon liittyy myös noin 30 % epävarmuus. Lisäksi itse mittaukseen liittyvä epävarmuus on noin 10 %. Kokonaisepävarmuus on siis noin 50 % (ICRU, 2012). Jos mittaustulos on esimerkiksi  $320 \pm 35 \text{ Bq/m}^3$ , voidaan vuosikeskiarvoksi arvioida  $270 \pm 140 \text{ Bq/m}^3$ . Ylityksen todentaminen <10 % tarkkuudella voidaan periaatteessa tehdä vain hyvin pitkällä, kahden vuoden kestoisella, mittauksella. Tämä ei kuitenkaan ole kovin käytännöllistä. Kun mittausaikaa lyhennetään, ympäristön satunnaisvaihtelu lisääntyy ja väärät positiiviset ja negatiiviset havainnot lisääntyvät.

## 4.5 Radonpitoisuuden vuosikeskiarvon laskeminen

STUKin määräyksen (S/3/2019) 18 §:ssä on säädetty radonpitoisuuden työnaikaisen vuosikeskiarvon laskemisesta työpaikoilla. Uusien tutkimustulosten (Turtiainen ym. 2018) perusteella radonpitoisuuden vuosikeskiarvo on parempi laskea mittauskauden aikana tehdyn vähintään kahden kuukauden mittauksen kertomalla mittaustulos luvulla 0,9, mikä antaa hieman konservatiivisemmän arvion kuin aikaisemmin käytetty tekijä. Aikaisemmin vuosikeskiarvo on arvioitu jakamalla mittauskaudella tehdyn mittauksen tulos luvulla 1,2.

Jos integroivan mittauksen tulos kerrottuna luvulla 0,9 on pienempi kuin STM-asetuksen 19 §:ssä säädetty viitearvo, myös radonpitoisuuden vuosikeskiarvon katsotaan olevan pienempi kuin viitearvo.

Vuosikeskiarvoa arvioitaessa pitää muistaa, että korjauskertoimen vaihtelee paljon eri rakennusten välillä. Korjauskertoimen luottamusväli (90 %) on kahden kuukauden mittauksella 0,6–1,5 ja kolmen kuukauden mittauksella 0,7–1,3. Keskimääräisen korjauskertoimen (0,9) käyttäminen vaikuttaa merkittävästi arvioidun vuosikeskiarvon epävarmuuteen. Vuosikeskiarvon tarkkaa määrittystä varten tarvitsee tehdä koko vuoden kestävä mittaus.

Radonkorjausta voi suositella siten myös suoraan mittaustuloksen perusteella. Otanta-aineiston (STUK A242) perusteella tällainen käytäntö toimii hyvin, koska suurin osa vuosikeskiarvoa koskevan viitearvon ylityksistä pystytään tunnistamaan mittauskaudella tehdyn mittauksen perusteella. Otannassa tehtiin kaksi peräkkäistä puolenvuoden pituista radonmittausta.

## 4.6 Maaperän radonkaasun pitoisuudet ja tuottomittaukset

Radonriskikartat perustuvat monissa maissa maaperän radonkaasumittauksiin. Suomessa maaperän radonkaasumittauksia ei enää tehdä, sillä STUKilla on verrattain hyvä käsitys 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 maaperän radonkaasumittausten ohella tehdä useita läpäisevyyksimittauksia 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.
- Radonin vapautumiseen maaperän rakeista ja sen kulkeutumiseen maaperässä vaikuttaa maaperän vesipitoisuus ja pohjaveden korkeus, jotka voivat vaihdella eri vuodenaikoina.
- 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. Mittaukset pitäisi tehdä eri vuodenaikoina ja niiden pitäisi olla pitkäkestoisia.
- Maaperän radonpitoisuudesta on käytännössä mahdotonta ennustaa tulevan rakennuksen radonpitoisuutta, koska se riippuu monista tekijöistä (ml. rakennuksen alapohjan rakenteista). Tarpeeksi luotettavia laskentamalleja ei ole olemassa. Maaperän radonpitoisuudelle ei siksi voi asettaa turvallista viitearvoa.
- Rakennuspaikalle tuotavat maa-ainekset, sorat ja sepelit tuottavat itse radonia. Lisäksi alapohjan kapillaarikatkerros helpottaa maaperässä ja täyttökerroksissa syntyneen radonin kulkeutumiseen rakennuksen sisätiloihin.

Luotettavan radonennusteen tekeminen vaatisi siis useita kenttä- ja laboratoriomittauksia (ml. täyttösoran emanaatiomittaukset, eli mittaukset siitä, kuinka paljon radonia vapautuu maaperän rakeista maaperän huokosilmaan). Tämä tulisi huomattavasti kalliimmaksi ja työläemmäksi kuin se, että radonin pääsy sisäilmaan estetään aina ja kaikkialla

rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa. Suomen rakentamismääräyskokoelman rakenteiden lujuus ja vakaus osioon kuuluvan Pohjarakenteiden suunnittelu 2018 -ohjeen kohdassa 2.6 Rakennuspaikan ja ympäristön tutkimukset kappaleessa esitetään, että rakennuspaikan radonriskit otetaan huomioon pohjatutkimusta tehtäessä. Rakennuspohjan radonriskiin vaikuttavat aina sekä alkuperäismaa että paikalle tuotavat täyttömaat ja salaojasorat. Lisäksi todetaan, että paksu täyttösorakerros voi jo yksinään tuottaa sisätiloihin sallitun enimmäisarvon ylittäviä radonpitoisuuksia.

## 4.7 Vesilaitosten sisäilman radon

Vesilaitoksilla kannattaa aina ensin selvittää, kuinka paljon raakavedestä poistuu radonia ilmaan käsittelyn aikana. Tämän voi tehdä mittauttamalla samanaikaisesti radonpitoisuus raakavedestä ja lähtevästä vedestä. Tämän jälkeen lasketaan, kuinka paljon radonia vapautuu vuorokaudessa käsittelyissä. Radonpitoisuuden lisäys työtiloissa voidaan karkeasti arvioida seuraavasti:

$$c(Rn - 222) = \frac{\text{radonia vapautuu päivässä}}{\text{työtilan ilmatilavuus} \times (\text{ilmanvaihtotermi} + 0,18 / d)}$$

Ilmanvaihtotermillä tarkoitetaan, kuinka monta kertaa työtilan ilmatilavuus vaihtuu vuorokaudessa.

*Esimerkki: Raakaveden radonpitoisuus on 45 Bq/l ja lähtevän veden 35 Bq/l. Vettä käsitellään vuorokaudessa 100 m<sup>3</sup> eli 100 000 litraa. Näin ollen radonia vapautuu vuorokaudessa 1 milj. Bq [= (45 – 35 Bq/l) x 100 000 l/d]. Työtilan tilavuus on 100 m<sup>3</sup> ja ilmanvaihtotermi 1/h = 24 /d. Tällöin radonpitoisuuden lisäys vedestä vapautuvasta radonista on arviolta:*

$$\frac{1\,000\,000 \text{ Bq/d}}{100 \text{ m}^3 \times (24 / d + 0,18 / d)} \approx 400 \text{ Bq/m}^3$$

## 4.8 Talousveden mittaaminen

Talousvesien radioaktiivisuus mitataan tutkimuslaboratoriossa, jotka täyttävät terveydensuojelulain 49a §:n edellytykset. Ruokavirasto hyväksyy laboratoriot, joiden tuloksia voidaan käyttää valvonnassa. STUKin tutkimuslaboratorio ei STM:n päätöksen mukaan tarvitse erillistä hyväksyntää talousvesien radioaktiivisuuden mittauksiin, koska laboratorio on akkreditoitu ja toimii referenssilaboratoriona.

Valvira ohjeistaa kuntien terveydensuojeluviranomaisia talousvesiasetuksen mukaisessa talousveden radioaktiivisuuden valvonnassa: [https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/talousvesi/talousvesiasetuksen\\_soveltamisohje](https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/talousvesi/talousvesiasetuksen_soveltamisohje).

## 4.9 Rakennustuotteiden mittaaminen

Tällä hetkellä Suomessa vain STUKissa tehdään rakennustuotteiden radioaktiivisuusmittauksia, joiden perusteella voidaan arvioida rakennustuotteesta aiheutuvaa säteilyaltistusta väestölle. Näissä mittauksissa määritetään torium-232, radium-226, kalium-40 ja cesium-137 -aktiivisuuspitoisuudet.

On periaatteessa mahdollista, että jonkin rakennustuotteen aktiivisuus koostuu pääosin Ra-226 -isotoopista ja gammasäteilystä aiheutuva säteilyaltistus jää hieman alle viitearvon. Tällöin on vaara, että rakennustuote tuottaa sisäilmaan merkittävän määrän radonia. Tällainen tilanne on kuitenkin harvinainen, sillä luonnon kiviaineksissa Ra-226/Th-232 -aktiivisuussuhde on tyypillisesti välillä 0,5–3. Lisäksi mineraaleissa esiintyy aina K-40 -isotooppia. Materiaali, jonka radioaktiivisuudesta valtaosa koostuu Ra-226 -isotoopista, voi olla näin ollen peräisin vain kemiallisesta prosessista, jossa eri alkuaineet erotetaan toisistaan.

Gammasäteilyä johtuvan viitearvon alittavissa luonnon kivimateriaaleissa suurin STUKin mittaama Ra-226 -pitoisuus on ollut 120 Bq/kg. Tämä on enemmän kuin pohjoismaisten säteilysuojeluviranomaisten radontuoton takia suosittelema enimmäispitoisuus, joka on 100 Bq/kg ("Flag Book", 2000).

Rakennustuotteiden valmistajat eivät välttämättä osaa pohtia materiaalin radontuotto-ominaisuuksia, koska sille ei ole asetettu viitearvoja. Näin ollen testauslaboratorioiden olisi hyvä viitata testausselosteen lausunto-osassa pohjoismaisten säteilysuojeluviranomaisten suositukseen niissä tapauksissa, joissa gammasäteilyä johtuva säteilyaltistus jää alle viitearvon, mutta Ra-226 -pitoisuus on suurempi kuin 100 Bq/kg.

## 5 Sisäilman radonpitoisuuksien kartoitus

STUKin tekemän radonkartoituksen (<http://www.stuk.fi/aiheet/radon/radon-suomessa/suomen-radonkartat>) tarkoituksena on ollut löytää alueita, joissa rakennusten sisäilmassa esiintyy korkeita radonpitoisuuksia sekä selvittää, minkälaiset rakennustekniset ratkaisut vaikuttavat sisäilman radonpitoisuuksiin. Kartoituksen avulla viranomaiset pystyvät myös kohdentamaan valvontaa korkean riskin alueille. Radonpitoisuuksien valtakunnallista ajallista kehittymistä on seurattava, koska rakennustapa muuttuu koko ajan ja uusia asuinalueita kaavoitetaan ja niillä voi olla vaikutusta sisäilman radonpitoisuuksiin.

### 5.1 Kansallinen radontietokanta

Säteilylain 19 §:n perusteella STUK ylläpitää rekisteriä asuntojen, muiden oleskelutilojen ja työpaikkojen radonpitoisuuksista. STUKilla on oman radonmittaustoiminnan sekä säteilylaissa työnantajille asetetun radonpitoisuusien ilmoittamisvaatimuksen vuoksi kansainvälisesti verrattuna kattava ja koko ajan täydentyvä sisäilman radonpitoisuuksien tietokanta. STUKissa tehdyt asuntojen sisäilman radonmittausten tulokset sekä kaikkien radonmittauksia tarjoavien toimijoiden työpaikkojen radonmittausten tulokset kerätään kansalliseen radontietokantaan, jota hyödynnetään valvonnan kohdentamisessa sekä tilastojen, radonkarttojen ja muiden radonraporttien laatimisessa. Radontietokanan tiedot pitoisuuksista kuitenkin yliarvioivat koko Suomen radonpitoisuuksia, sillä tunnetuilla korkeiden radonpitoisuuksien alueilla asuntoja mitataan enemmän kuin muualla. Korjattuja tunnuslukuja voidaan laskea huomioiden alueellinen mittausaktiivisuus, jolloin mitattujen asuntojen radonpitoisuuskeskiarvoa painotetaan alueella sijaitsevien asuntojen kokonaismäärällä.

Muualla kuin STUKissa tehtyjä radonmittauksia ei tällä hetkellä ole kattavasti kansallisessa radontietokannassa. Asuntomittausten osalta muiden toimijoiden tekemiä mittauksia tietokannassa ei ole lainkaan. Työpaikkojen osalta mittaus tuloksia on etenkin työpaikoilta, joissa mitattiin aikaisempaa toimenpidearvoa 400 Bq/m<sup>3</sup> suurempia radonpitoisuuksia. Toimenpidearvoa pienempiä radonpitoisuuksia ei ohjeen ST 12.1 perusteella tarvinnut

ilmoittaa STUKiin. Uuden säteilylainsäädännön myötä kaikkien työpaikkojen on ilmoitettava kaikki radonmittaustulokset STUKiin (SätL 146 §).

Säteilylain hallituksen esityksen lausunnossaan Eduskunnan Ympäristövaliokunta kannusti mittaustuloksia koskevan tiedon kokoamiseen radonpitoisuuksia koskevan tiedon ja sen käytettävyyden lisäämiseksi. Jotta voitaisiin paremmin tehdä radonkartoitusta, yksityisten tekemiä radonmittaustuloksia olisi arvokasta hyödyntää. Esimerkiksi Iso-Britanniassa eri toimijoiden radonmittauksen hyväksymisen ehtona on se, että mittaava yritys toimittaa kaikki mittaustulokset kerran vuodessa kansalliselle viranomaiselle. Suomessa vastaava käytäntöä ei ole.

Kansallisessa radontietokannassa on tällä hetkellä noin 249 000 radonpitoisuuden mittaustulosta noin 161 000 asunnosta ja 55 000 mittaustulosta noin 7 000 työpaikasta. Kun huomioidaan muiden mittaajien tekemät mittaukset, voidaan arvioida, että radonpitoisuuksia on Suomessa mitattu arviolta yli 10 %:ssa asuntoja ja noin 10 %:ssa työpaikkoja.

## 5.2 Otantatutkimukset

Otantatutkimusten perusteella saadaan edustavampi käsitys maan radonpitoisuustilanteesta kuin radontietokantaa 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 mittaavuoden tilanteesta. Koska radonpitoisuudet vaihtelevat samassakin tilassa eri vuosina, tämä saattaa vähentää otannasta saatavien tulosten edustavuutta.

Edustavia väestöotantatutkimuksia on Suomessa tehty vuosina 1991 ja 2006 (Mäkeläinen ym. 2009). Erikoisotantoja on lisäksi tehty vuonna 1996 (Itä-Uusimaa) sekä vuosina 2009 ja 2016 (uudet pientalot).

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. Hankkeessa lähetettiin 171 henkilölle radonmittauspurkki, jota he pitivät työpaikallaan vähintään kahden kuukauden ajan (Mäkeläinen ym. 2005).

Uusien rakennusten otantatutkimuksessa (Kojo ym. 2016) selvittiin koko Suomen uusien pientalojen (rakennuslupa myönnetty vuonna 2013) sisäilman radonpitoisuudet ja radontorjuntatoimien yleisyydet. Radonpitoisuus oli 5,6 % mittauksessa suurempi kuin uusien

asuntojen radonpitoisuuden viitearvo 200 Bq/m<sup>3</sup>. Lisäksi selvitettiin sekä radontorjunnan että kiristyneiden energiamääräysten vaikutus sisäilman radonpitoisuuksiin. Rakennuksen ilmatiiveyden kasvaessa myös radonpitoisuudet nousivat niissä pientaloissa, joissa radontorjuntaa ei oltu tehty.

### 5.3 Arvio suomalaisten radonaltistumisesta

Otantatutkimuksen mukaan (Mäkeläinen ym. 2009) asuntojen radonpitoisuuden keskiarvo oli 96 Bq/m<sup>3</sup> ja mediaani 56 Bq/m<sup>3</sup> ja keskimääräinen radonpitoisuus, jolle suomalainen altistuu kotonaan, oli noin 94 Bq/m<sup>3</sup>. Kansalliseen radontietokantaan tallennettujen mittausten (vuosina 1980–2019) painotettu vuosikeskiarvo on 102 Bq/m<sup>3</sup> ja mediaani 125 Bq/m<sup>3</sup>. Keskimääräinen radonpitoisuus, jolle suomalainen altistuu kotonaan, arvioitiin olevan vuoden 2006 otantatutkimuksen mukaan 94 Bq/m<sup>3</sup> ja vuonna 2019 radontietokantaan tallennettujen tulosten perustella 111 Bq/m<sup>3</sup>. (Taulukko 3)

**Taulukko 3.** Kansallisen radontietokannan ja vuonna 2006 tehdyn valtakunnallisen otannan (Mäkeläinen ym. 2009) tunnuslukuja sisäilman radonista pientaloasunnoissa, väestön altistumisesta ja radonpitoisuuksista.

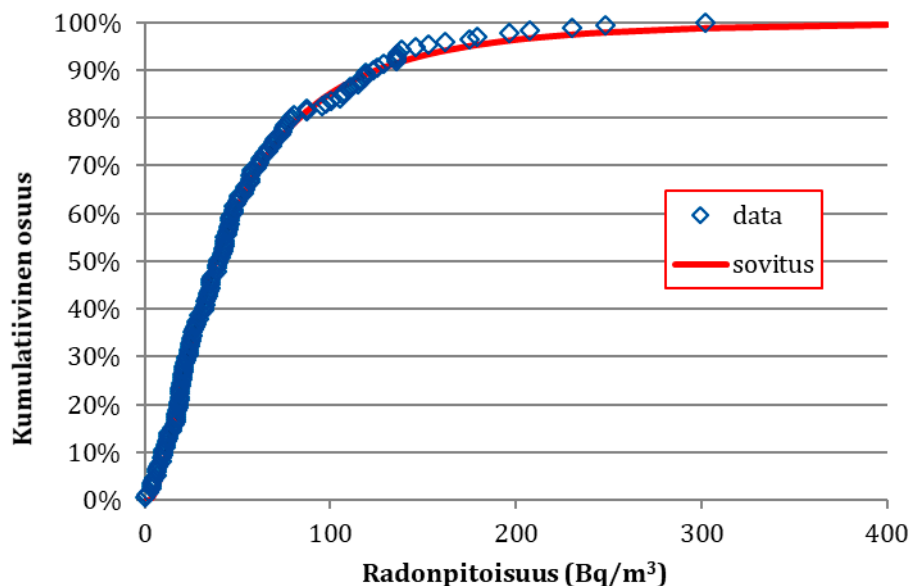
	Radontietokanta 2019	Otanta 2006
Radonpitoisuus kaikissa asunnoissa, keskiarvo	102 Bq/m <sup>3</sup> (*)	96 Bq/m <sup>3</sup>
Radonpitoisuus kaikissa asunnoissa, mediaani	125 Bq/m <sup>3</sup>	56 Bq/m <sup>3</sup>
Keskimääräinen radonpitoisuus, jolle suomalainen altistuu kotonaan <sup>1</sup>	111 Bq/m <sup>3</sup> (*)	94 Bq/m <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Arvioitu, että pientaloissa asuu keskimäärin 2,4 henkilöä ja kerrostaloissa 1,6 henkilöä.

\* Painotettu arvo, jossa on huomioitu asuntotiheys alueellisen mittausaktiivisuuden eroista johtuvan vääristymän korjaamiseksi eri Suomen alueilla. Kussakin postinumeroissa mitattujen asuntojen radonpitoisuus-keskiarvoa on painotettu postinumeroissa sijaitsevien asuntojen kokonaismäärällä.

RATVA-hankkeessa (Radon työssä ja vapaa-aikana) mitatut pitoisuudet noudattivat melko hyvin log-normaalaa jakaumaa, joten tutkimuksen perusteella voidaan karkeasti arvioida, että noin 1,3 % työntekijöistä altistuu suuremmille pitoisuuksille kuin 300 Bq/m<sup>3</sup> (Kuva 9). Koska työllisiä Suomessa on noin 2 555 000 (virhemarginaali ±33 000) (Tilastokeskus 2018b), voidaan RATVA-aineiston perusteella arvioida, että **työssään noin 30 000 työntekijää altistuu 300 Bq/m<sup>3</sup> suuremmille radonpitoisuuksille.**





**Kuva 9.** RATVA-hankkeessa mitattujen työpisteiden radonpitoisuuksien kumulaatiivinen jakauma. Log-normaalin sovituksen perusteella noin 1,3 % työntekijöistä altistuu yli 300 Bq/m<sup>3</sup> radonpitoisuuksille.

## 5.4 Muut tietokannat

Tällä hetkellä eri viranomaisilla ei ole mahdollisuutta hyödyntää suoraan toistensa tietokantoja, joissa on radonturvallisuuteen liittyviä tietoja. Tarkoituksena on lähitulevaisuudessa edistää muiden viranomaisten päästyä kansallisen radontietokannan tietoihin.

## 6 Suurien radonpitoisuuksien kohteiden ja alueiden tunnistaminen

### 6.1 Asunnot

Kaikkialla Suomessa rakennuksen omistajan, haltijan ja rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava osaltaan, että sisäilman radonpitoisuus on olosuhteet huomioiden mahdollisimman pieni. Tämän voi todentaa vain radonmittauksella. Säteilystä aiheutuvan terveyshaitan valvonnasta ja poistamisesta asunnosta ja muusta sisätilasta säädetään lisäksi terveydensuojelulaissa (763/1994).

Asuntoihin suunnatussa radonviestinnässä varsinaista alueellista radonriskijaottelua ei pitäisi käyttää, koska radonpitoisuus voi olla viitearvoa suurempi kaikkialla Suomessa. Alueellinen vaihtelu on kuitenkin suurta. Aikaisemmin asuntojen radonista puhuttaessa käytössä ollut epävirallinen ”korkeiden radonpitoisuuksien maakunnat”-määritelmää ei enää kannata käyttää, koska alueelliset erot radonpitoisuuksissa ainakin uusissa rakennuksissa ovat hävinneet.

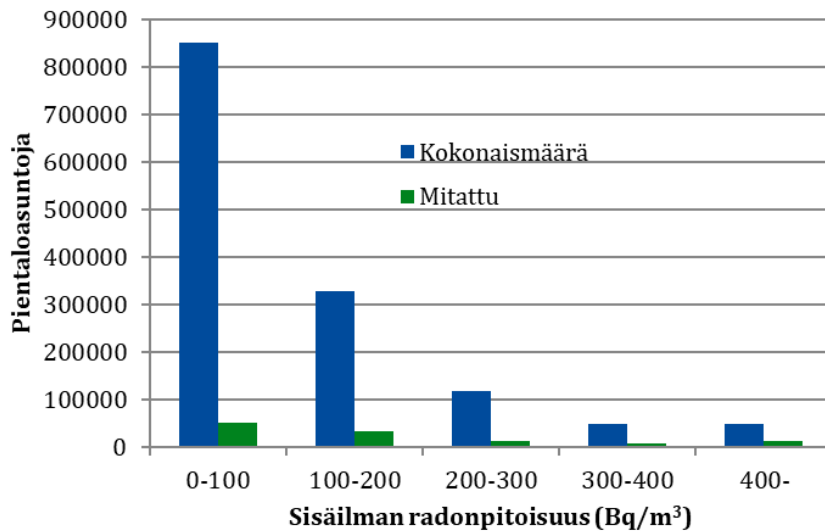
Asuntojen radonmittauksia ei suoraan vaadita tekemään terveydensuojelulaissa. Asunnon sisäilman olosuhteiden tulee kuitenkin olla sellaiset, ettei niistä aiheudu asunnossa oleskeleville terveyshaittaa. Suositeltavaa kuitenkin olisi, että radonmittaukset tehdään tietyissä tilanteissa. Esimerkiksi kiinteistön myynnin yhteydessä radonmittaustuloksen esittäminen on hyvä käytäntö. Näin ostaja saa tiedon rakennuksen radonpitoisuudesta ja samalla vältetään mahdolliset myöhemmät riitatilanteet. Asunto-osakeyhtiöiden on suositeltavaa mitata kaikki alimman asuinkerroksen huoneistot, jotta osakkaiden oikeus terveelliseen sisäilmaan toteutuu tasa-arvoisesti. Asunnon vuokraajan on hyvä mitata vuokrattavan asunnon radonpitoisuus ennen kuin asunnon antaa vuokralle ja ilmoittaa tulokset vuokralaiselle. Kerrostalojen toisen ja ylempien kerrosten asuntoja ei kuitenkaan tarvitse mitata.

Asuntojen osalta velvollisuus radonpitoisuuden rajoittamiseen ja poistamiseen perustuu terveydensuojelulain 27 §:än ja on sidottu terveyshaitan aiheutumiseen. Pääsääntöisesti

mahdollisen haitan selvittämisestä ja poistamisesta vastaa rakennuksen omistaja. Mikäli omistaja ei ryhdy toimenpiteisiin, voi terveydensuojeluviranomainen velvoittaa sen, jonka vastuulla haitta on, ryhtymään tarvittaviin toimenpiteisiin terveyshaitan ja siihen johtaneiden tekijöiden selvittämiseksi, poistamiseksi tai rajoittamiseksi. Radonin osalta terveydensuojeluviranomaisella on mahdollisuus edellyttää radonpitoisuuden mittausta niissä tilanteissa, kun viranomaisella on perusteltu epäily, että asunnon radonpitoisuus voi olla viitearvoa suurempi (esim. asunto sijaitsee alueella, joissa on mitattu korkeita radonpitoisuuksia, maaperä on hyvin ilmaa läpäisevää (kuten soraa tai hiekkaa) ja asunto sijaitsee alimmassa kerroksessa tai osittain maanpinnan alapuolella.) Käytännössä tapaukset tulevat ilmi asunnontarkastusten yhteydessä, kun asukas epäilee asunnossa ilmenevän terveyshaittaa ja laittaa asian vireille terveydensuojeluviranomaisessa. Terveydensuojeluviranomainen pyrkii yleensä ensisijaisesti ohjauksella selvittämään radoniin liittyvän terveyshaittaepäilyn. Mikäli terveydensuojeluviranomainen katsoo ohjauksen ja kokonaisarvioinnin perusteella, että asunnossa voi todennäköisesti esiintyä terveyshaittaa merkittävä radonpitoisuus, eikä radonia ole mitattu, on viranomaisella mahdollisuus käyttää myös hallinnollisia pakkotoimia. On myös huomattava, että asunnon tarkastus asukkaan tahdon vastaisesti voidaan tehdä vain, jos viranomaisella on perusteltu syy epäillä välittömiä toimia edellyttävää vakavaa terveyshaittaa (Terveydensuojelulaki 46 §). Käytännössä pelkästään radonin vuoksi ei voida tehdä tahdon vastaista tarkastusta, koska radon lisää pysyvän sairastumisen riskiä vasta vuosien aikana kerääntyneen altistumisen seurauksena. Näissä tilanteissa viranomaisen on tarvittaessa käytettävä tarkastuksen sijaan muita valvonnan keinoja kuten ohjausta ja neuvontaa.

Suomen rakentamismääräyskokoelman rakenteiden lujuus ja vakaus, Pohjarakenteiden suunnittelu -osan (YM 2018) mukaan rakenteen ja/tai toimenpiteen vaikutus sisäilman radonpitoisuuteen saadaan mittaamalla huoneilman radonpitoisuus kohteen tai toimenpiteen valmistuttua.

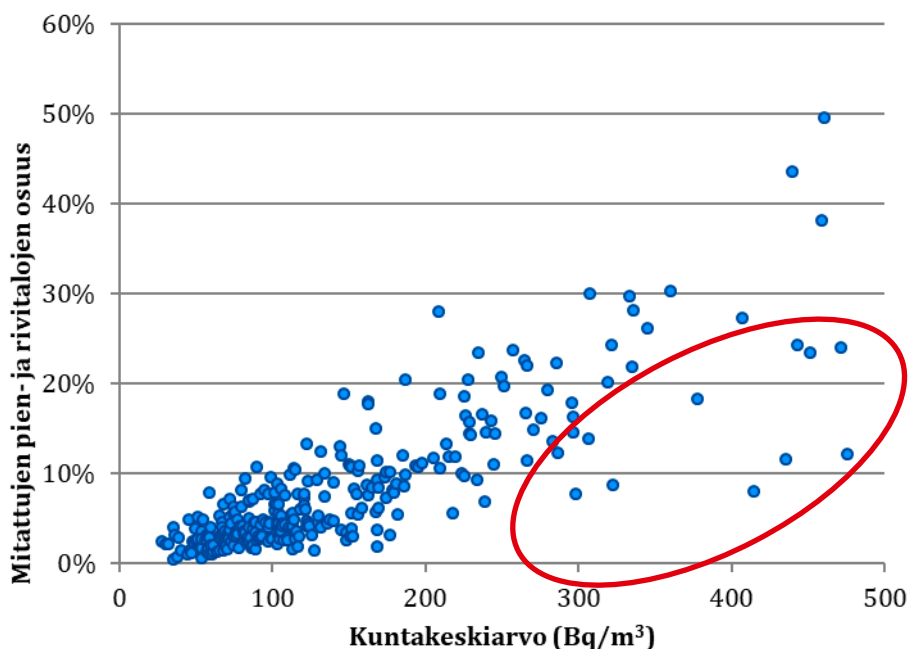
Suurin osa (arviolta vajaa 90 %) suomalaisista asunnoista on vielä mittaamatta (Kuva 10). STUKilla ei ole tietoa muiden radonmittauksia tarjoavien toimijoiden asunnoissa tekemien radonmittausten tuloksista.



**Kuva 10.** Arvio suomalaisten pientaloasuntojen määristä (Kokonaismäärä) ja sisäilman radonpitoisuuksista sekä STUKin mittauksissa löydetyt (Mitattu).

Asuntojen radonmittauksia tehdään STUKin laboratoriossa palveluna ja 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 rakennusvalvonnassa ja ympäristöterveydenhuollossa. Radontietokannan perusteella voidaan mm. arvioida, missä kunnissa radonkartoitustyötä täytyy tehostaa. Parhaimmillaan 50 % kunnan pien- ja rivitaloasunnoista on mitattu. (Kuva 11)

Tiedot alueellisista radonpitoisuuksista saattaa kuitenkin vähentää kotitalouksien mitausaktiivisuutta. Jos alueella on vain vähän mittauksista viitearvoa suurempia, voidaan tämä tulkita niin, että alueella ei esiinny radonia ja että radonpitoisuutta on turhaa mitata.



**Kuva 11.** Mitattujen pien- ja rivitalojen osuus kunnissa radonpitoisuuden kuntakeskiarvoittain. Punaisen soikion sisällä on korkeat radonpitoisuudet, mutta suhteellisesti vähän mittauksia. Toisaalta näihin radonpitoisuuden kuntakeskiarvoihin sisältyy yleensä suurempi epävarmuus vähäisten mittausmäärien vuoksi.

## 6.2 Muut oleskelutilat

Säteilylain 156 §:n mukaisesti sisäilman radonpitoisuus on selvitettävä terveydensuojelulain 7 luvussa tarkoitetussa muussa oleskelutilassa, johon yleisöllä on pääsy, siltä osin kuin tilat sijaitsevat<sup>2</sup>:

1. Säteilyturvakeskuksen määrittämällä mittausvelvoitealueilla (Kuva 12);
2. harjulla tai muulla hyvin ilmaa läpäisevällä sora- tai hiekkamaalla;
3. kokonaan tai osittain maanpinnan tason alapuolella.

<sup>2</sup> Samat alueet kuin työpaikat ja niistä on kerrottu seuraavassa kappaleessa tarkemmin

Selvitysvelvollisuutta koskevassa vastuunjaossa noudatetaan, mitä terveydensuojelulain 27 §:n 2 momentissa säädetään terveyshaitan selvittämisestä, poistamisesta ja rajoittamisesta.

Selvitystä ei tarvitse tehdä, jos tila sijaitsee maan pinnan tasosta katsottuna rakennuksen toisessa tai ylemmässä kerroksessa tai jos rakennuksen lattia ja seinät eivät ole kosketuksissa maankamaraan ja väliin jäävän tilan hyvä tuulettavuus on ilmeistä.

Muissa oleskelutiloissa, joissa oleskellaan pitkiä aikoja, kuten päiväkodit, koulut ja asunnot, radonaltistuksen selvittäminen on erityisen tärkeää sen takia, että altistuvat eivät pysty itse vaikuttamaan radonaltistuksen määrään. Lasten altistumista täytyy erityisesti rajoittaa, koska säteilyannos kertyy koko eliniän ajan ja koska yleisesti tiedetään, että lapset ovat herkempiä säteilyn haitallisille vaikutuksille.

## 6.3 Työpaikat

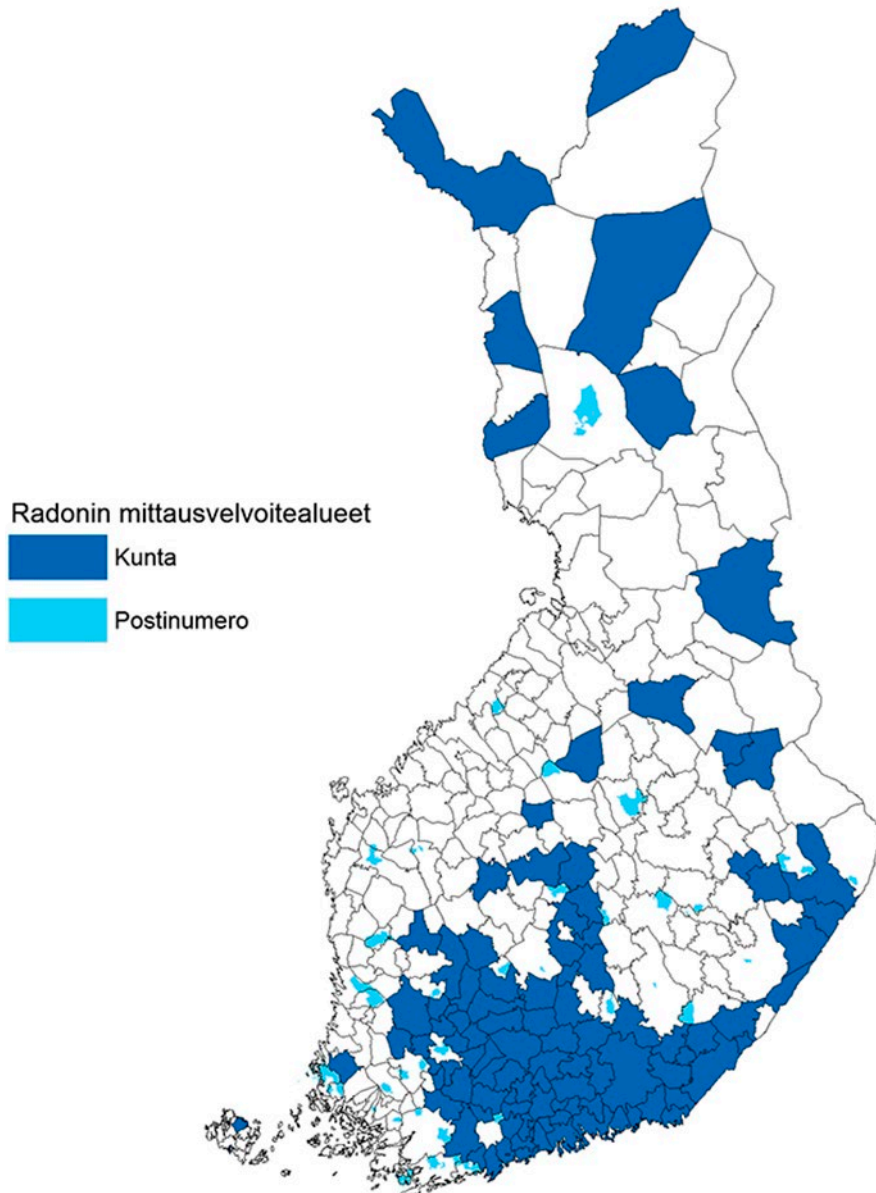
Säteilysuojelussa pyritään kohdistamaan valvontaa kohteisiin, joissa todennäköisimmin saadaan vaikuttavimmat tulokset eli saadaan pienennettyä radonaltistumista tehokkaimmin (graded approach).

Säteilylain 155 §:n mukaisesti työnantajan on mitattava työtilan tai muun työskentelypaikan sisäilman radonpitoisuus, jos tilat sijaitsevat:

1. Säteilyturvakeskuksen määrittämillä alueilla, joissa kansallisen radontietokannan radonpitoisuustietojen perusteella yli kymmenesosa edustavista radonmittaustuloksista on työpaikkojen radonpitoisuuden viitearvoa suurempia (Kuva 12);
2. harjulla tai muulla hyvin ilmaa läpäisevällä sora- tai hiekkamaalla;
3. kokonaan tai osittain maanpinnan tason alapuolella;
4. talousvettä toimittavassa laitoksessa, jonka käyttämä vesi ei ole peräisin yksinomaan pintavesimuodostumasta ja pääsee kosketuksiin sisäilman kanssa.

Selvitystä ei kuitenkaan tarvitse tehdä, jos yhdenkään työntekijän vuosittainen työaika työtilassa ei ole suurempi kuin 20 tuntia tai jos tila sijaitsee maan pinnan tasosta katsottuna rakennuksen toisessa tai ylemmässä kerroksessa tai jos rakennuksen lattia ja seinät eivät ole kosketuksissa maankamaraan ja väliin jäävän tilan hyvä tuulettavuus on ilmeistä.

Säteilyturvakeskus ylläpitää listaa alueista, joilla radonmittaus pitää tehdä työpaikoilla.



**Kuva 12.** Kunnat ja postinumeroalueet, joissa työpaikan ja muun oleskelutilan radonmittaus tulee tehdä radontietokantaan perustuen. Ko. alueiden lisäksi mittauksia on tehtävä työpaikoilla ja muissa oleskelutiloissa, jotka on rakennettu hyvin ilmaa läpäiseville maalajeille tai jotka ovat kokonaan tai osittain maanpinnan tason alapuolella.

Työpaikkojen olosuhteet vaihtelevat paljon. Esim. korkeissa halleissa ilmanvaihto säädetään henkilömäärän eikä tilavuuden mukaan, jolloin ilmanvaihtokerroin jää pieneksi.

Lisäksi saatetaan käyttää kiertoilmaa lämpötilojen tasaamiseksi. Korkeassa tilassa oleva lämmin ilma aiheuttaa myös suuremman alipaineen lattian tasolle kuin normaalikorkuisissa työtiloissa. Edellä mainitut seikat kasvattavat radonpitoisuuksia.



## 7 Suurien radonpitoisuuksien pienentäminen ja ennaltaehkäiseminen

Radonaltistukseen voidaan puuttua ennakkolisesti rajoittamalla radonpitoisuutta osana rakentamishanketta (SätL 157 §) tai jälkikäteen olemassa oleviin asuinrakennusten ja muiden oleskelutilojen (SätL 158 §) tai työpaikan (147 §) radonpitoisuutta rajoittamalla.

Radontietoisuuden lisääntymisen, valvonnan, ohjeistuksen ja rakennuskäytäntöjen kehittymisen myötä uusien rakennusten sisäilman radonpitoisuudet ovat Suomessa viime vuosikymmeninä pienentyneet. Tätä suotuisaa kehitystä on syytä edelleen seurata ja edistää. Radonaltistusta voidaan edelleen pienentää rakennuskannan uudistumisen yhteydessä, jos radonriskit otetaan uusien rakennusten suunnittelussa ja rakentamisessa asianmukaisesti huomioon kaikkialla Suomessa. Tämä edellyttää rakennushankkeeseen ryhtyvien, rakentamisen ammattilaisten sekä rakentamisen terveellisyyteen ja turvallisuuteen liittyvästä valvonnasta vastaavien viranomaisten (rakennusvalvonta) tietoisuuden lisäämistä radonturvallisista rakenneratkaisuista.

### 7.1 Uusien rakennusten radontorjunta

Uusiin rakennuksiin tehty radontorjunta on yleensä kustannustehokasta, helpompaa ja halvempaa kuin olemassa oleviin rakennuksiin jälkikäteen tehdyt radonkorjaukset. Radonkorjauksen maksaa yleensä rakennuksen omistaja. Säteilylain 157 §:n mukaisesti rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja toteutetaan siten, että sisäilman radonpitoisuus on mahdollisimman pieni.

Uusien rakennusten sisäilman radonpitoisuudet ovat jatkuvasti pienentyneet. Säteilysuojelun optimointiperiaatteen mukaisesti uudisrakentamisen radontorjunnan tavoitteena on mahdollisimman pieni radonpitoisuus, joka on kohtuullisilla kustannuksilla saavutettavissa. Uudisrakentamisen radontorjunnalla on saavutettu hyvin myönteisiä tuloksia (Arvela

ym. 2010, Kojo ym. 2016). Kun asuntokanta uudistuu ja jos radontorjuntatyöt yleistyvät, väestön altistus pienenee. Toisaalta rakennuskanta uudistuu hitaasti.

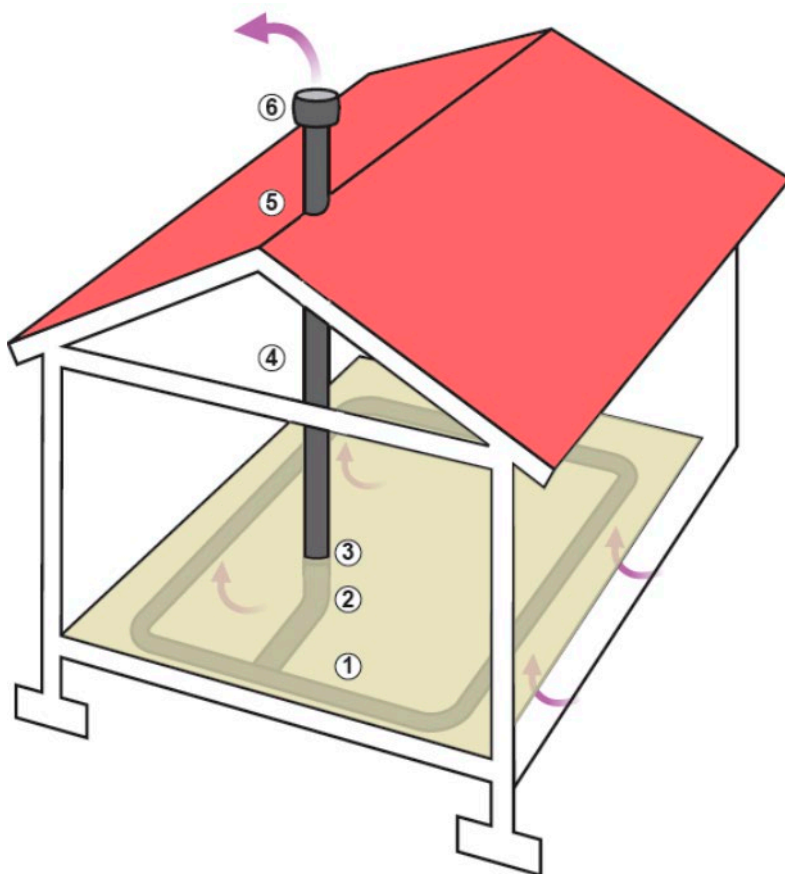
Kuntien rakennusvalvonnassa radonturvallisuus on sisällytetty kuntien rakennusjärjestyksiin. Pohjarakentamista koskevaan ohjeeseen on lisätty suositus radonmittauksen tekemisestä. Radonmittaus voisi olla syytä säätää pakolliseksi samalla tavalla kuin rakennuksen tiiviysmittaus, koska radonturvallisuutta ei pystytä muutoin varmistamaan kuin mittaamalla radonpitoisuus.

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) nojalla annetussa ympäristöministeriön asetuksessa pohjarakenteista (465/2014) 4 §:ssä säädetään, että rakennuspaikan radonriskit on otettava huomioon suunnittelussa ja toteutuksessa. [Suomen rakentamismääräyskokoelman Rakenteiden lujuus ja vakaus, Pohjarakenteiden suunnittelu -ohjeessa](#) (Ympäristöministeriö 2018) on esitetty, että radonin ja muiden terveydelle tai viihtyisyydelle haitallisten kaasujen ja epäpuhtauksien haitallinen vaikutus sisäilman laatuun estetään kyseessä olevaan suunnittelukohteeseen soveltuvalla rakenteella ja/tai toimenpiteellä. Lisäksi kyseisessä ohjeessa todetaan, että rakenteen ja/tai toimenpiteen vaikutus sisäilman radonpitoisuuteen saadaan mittaamalla huoneilman radonpitoisuus kohteen tai toimenpiteen valmistuttua.

Ympäristöministeriön asetuksen uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017) 5 §:ssä asetetaan, että sisäilmassa ei saa esiintyä terveydelle haitallisissa määrin fysikaalisia tekijöitä (mm. radon). Saman asetuksen 21 §:ssä annetaan seuraavanlaiset määräykset: ”Erityissuunnittelijan on suunniteltava rakennuksen ulko- ja ulospuhallusilmavirrat siten, ettei rakenteisiin aiheudu ylipaineen vuoksi rakenteita vaurioittavaa pitkäaikaista kosteusrasitusta eikä alipaineen vuoksi epäpuhtauksien siirtymistä sisäilmaan. Pääsuunnittelijan, erityissuunnittelijan ja rakennussuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti suunniteltava rakennuksen vaipan ja sisärakenteiden ilmanpitävyys ja hormivaikutuksen hallinta siten, että edellytykset ilmanvaihdon toiminnalle voidaan varmistaa ja vältetään rakenteissa olevien epäpuhtauksien, maaperässä olevien epäpuhtauksien ja radonin siirtymistä sisäilmaan ja vältetään kosteuden siirtymistä rakenteisiin.”

Yleensä radontorjunta uusissa rakennuksissa alentaa radonpitoisuuksia noin 40 %. Kaikkiin uusiin rakennuksiin koko maassa on suositeltavaa tehdä radontorjunta. Rakennustieto Oy julkaisee uudisrakentamisen radonin torjuntaohjeistusta (RT 103123, 2019). Taloissa, joissa on tuulettuva alapohja tai reunavahvistettu laattaperustus, on yleensä pieni sisäilman radonpitoisuus ja radontorjunnaksi riittää alapohjassa olevien putkien ja johtojen läpiviennin tiivistäminen. Jos rakennukseen tehdään maanvarainen lattialaatta, radonin torjunta tehdään asentamalla radonputkisto (Kuva 13), tiivistämällä perusmuurin ja laatan raja-kohta kumibitumikermillä ja tiivistämällä läpiviennit. Jos radonpitoisuus on suurempi kuin 200 Bq/m<sup>3</sup>, radonputkisto aktivoidaan kytkemällä sen poistoputkeen huippuimuri, jolloin

radonpitoisuus pienenee yleensä 70–90 %. Kustannukset uusien rakennusten radontorjunnassa ovat pientaloissa noin 2 000 euroa. Uudisrakentamisen radontorjuntakäytännöt ovat maassamme jo vakiintuneet ja niillä on ollut selkeä pienentävä vaikutus sisäilman radonpitoisuuksiin. Radonputkistoja on asennettu jo 1980-luvulta lähtien, eikä niillä ole osoitettu olevan haitallisia vaikutuksia alapohjan kosteusolosuhteisiin tai rakenteisiin. Päinvastoin radonputkistolla voi olla positiivisia vaikutuksia alapohjan kosteusolosuhteisiin, koska radonputkisto tuulettaa alapohjaa painovoimaisesti. Kuivattava vaikutus on yleensä hyvä asia. Jos betonilaatta kuivuu liian paljon, diffuusion osuus radonin kulkeutumisessa voi kasvaa (Kettunen 2019).



**Kuva 13.** 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).

Vuonna 2009 tehdyn uusien talojen otantatutkimuksen (Arvela ym. 2010) mukaan radontorjunta oli tehty silloin noin puolessa pientaloista. Korkeiden radonpitoisuuksien maakunnissa radonin torjuntaa oli tehty 92 %:ssa uusista pientaloista. Muualla Suomessa

radonia oli torjuttu vain 38 %:ssa uusista pientaloista. Seuraavassa uusien talojen vuosia 2015–2016 koskevassa otannassa radontorjuntaa oli tehty korkeiden radonpitoisuuksien kunnissa 98 %:ssa ja muualla Suomessa 61 %:ssa uusista pientaloista (Kojo ym. 2016).

On tärkeää, että uusien rakennusten sisäilman radonpitoisuus mitataan, kun rakennukset on otettu käyttöön. Radonpitoisuus riippuu monista olosuhdetekijöistä. Siksi rakenteiden, sokkelin ulkopuolisten maatyttöjen, ilmanvaihdon ja lämmityksen pitää olla täysin valmiit ennen radonmittauksen suorittamista. Toisaalta radonmittauksen kesto pitää olla vähintään kaksi kuukautta ja se tehdään radonmittauskaudella. Näiden seikkojen takia radonmittauksen tulos ei ole aina saatavilla loppukatselmuksen aikaan eikä sitä ole kohtuullista siihen vaatiakaan. Radonmittaus suositellaan tehtäväksi heti lopputarkastusta seuraavana virallisena mittauskautena, jolloin voidaan varmistua suunnittelun perustana olevan huoneilman radonpitoisuuden viitearvon alittumisesta.

Matalaenergiarakentaminen voi tuoda uusia haasteita radonin torjuntaan. Nykyään pyritään tasapainoon ilmamäärissä, mutta ilmanvaihtolaitteiston viat ja huollon puutteet voivat johtaa epätasapainoon. Koneellisen ilmanvaihdon ja hyvän ilmatiivyyden 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 (Arvela ym. 2015). Tästä saatiin viitteitä tutkimuksessa, missä uusissa rakennuksissa ilmatiivyyden kasvaessa radonpitoisuus nousi niissä pientaloissa, joissa radontorjuntatoimia ei ollut tehty (Kojo ym. 2016). Tämä havainto korostaa ilmatiiviiden talojen radontorjunnan tärkeyttä. Lisäksi ilmanvaihdon säätöön tulee kiinnittää huomiota, että talo ei ole liian alipaineinen.

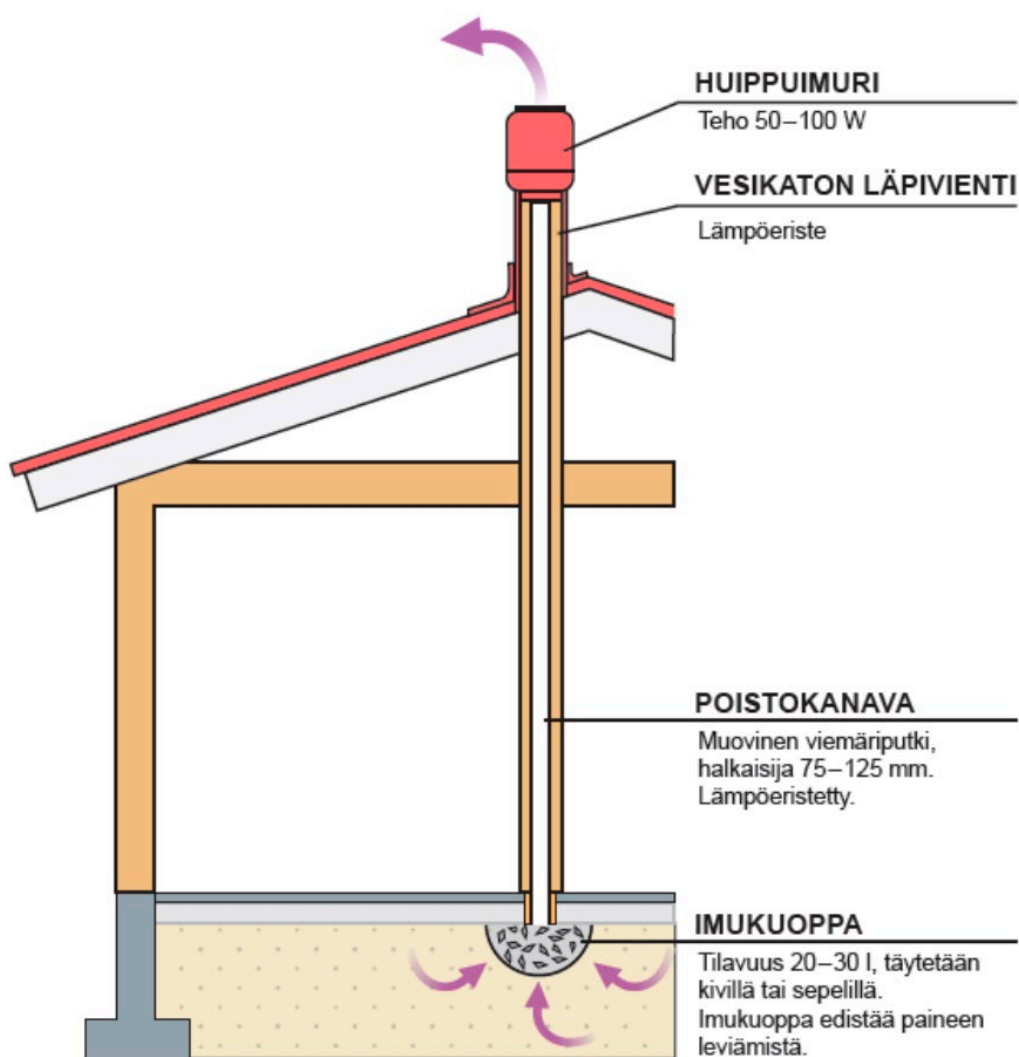
Kun huomioidaan uudisrakentamisen tuoma lisäys rakennuskantaan, kaupungistuminen, vanhojen rakennusten poistuma sekä väestöennuste, voidaan arvioida, että kuluu kuitenkin vähintään vuosikymmeniä, että puolet asuntokannasta on uusiutunut. Näin ollen myös radonkorjauksille on vielä pitkään selkeä tarve.

## 7.2 Radonkorjaukset

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 14). Radonkaivon ja -imurin avulla radonpitoisuus pienenee tyypillisesti 65–90 %. Alapohjan vuotokoh-tien tiivistäminen sekä ilmanvaihdon tehostaminen vähentävät sisäilman radonpitoisuutta

harvoin yli 50 %. (Arvela ym. 2012). Ensimmäiset radonkorjaukset tehtiin Suomessa 1980-luvun alkupuolella. Radonkorjauksiin ei tarvita yleensä rakennuslupaa.

STUKin radonkorjausopas (Arvela ym. 2012) on ladattavissa STUKin www-sivuilta [www.stuk.fi/radonkorjausopas](http://www.stuk.fi/radonkorjausopas). STUK on järjestänyt vuosittain radonkorjauskoulutuksia eri puolilla Suomea sekä webinaareina (<https://www.stuk.fi/aiheet/radon/radonkorjaukset/radonkorjauskoulutuksen-materiaalit>).



**Kuva 14.** Radonimurilla imetään ilmaa lattian alta, joka tehokkaasti pienentää sisäilman radonpitoisuutta.

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

## 7.2.1 Asunnot

Vuoden 2015 loppuun mennessä radonkorjauksia on arvioitu tehdyn Suomessa noin 6 000 pientaloasunnossa. Tämä on 40 % pientaloista, joissa mitattiin ja 12 % pientaloista, joissa arvioitiin olevan suurempi radonpitoisuus kuin 400 Bq/m<sup>3</sup> (aikaisempi toimenpidearvo). Kaikkia asuntojen radonkorjauksia ei ole kuitenkaan kirjattu tietokantaan. STUKin kyselyjen mukaan noin puolet asunnoista, joissa mitattiin toimenpidearvoa suurempia radonpitoisuuksia, on korjattu radonturvallisiksi. Vuonna 2011 tehdyn kyselyn mukaan yleisin syy asuntojen radonkorjauksen laiminlyöntiin oli korjauksen hinta. Kustannukset yksittäiselle taloudelle olivat keskimäärin 2 300 €. Osa ei löytänyt riittävästi ohjeita tai korjausyrityksiä. Vain 9 % ei pitänyt korjausta tarpeellisena. (Taulukko 4).

**Taulukko 4.** Syitä, jotka estävät tai haittaavat radonkorjauksen tekemistä. Kyselyn kohteena olivat talot, joissa radonpitoisuus oli suurempi kuin 400 Bq/m<sup>3</sup> 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 %

Pääsääntöisesti rakennuksen omistaja vastaa radonkorjausten aiheuttamista kustannuksista. Mikäli kaikki yli 300 Bq/m<sup>3</sup> etsittäisiin ja korjattaisiin, hinnaksi tulisi arviolta vajaa 300 miljoonaa euroa. Jos radonkorjaukset jakautuisivat 20 vuodelle, vuosikustannuksiksi tulisi 14 miljoonaa euroa, mikä nostaisi kaikkia vuosittaisia kiinteistöjen korjauskuluja vain 0,2 %. 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>).

## 7.2.2 Muut oleskelutilat, julkiset tilat

Valtion rakennuskanta kattaa noin 10 000 rakennusta. Erillistä selvitystä radonkorjausten tarpeesta valtion rakennuskannan osalta ei ole kuitenkaan tehty. Muiden työpaikkojen radonmittausten perusteella voidaan arvioida, että noin 10 % rakennuskannasta edellyttäisi radonkorjauksia. Julkisia tiloja, joissa radonpitoisuus on suurempi kuin viitearvo on arviolta noin 3 000 kpl. Näistä suuressa osassa on muutakin korjaustarvetta, joiden korjausten toteutuksessa myös radon pitäisi muistaa. Sisäilman radonpitoisuutta voidaan pienentää useammalla tavalla, riippuen siitä, kuinka paljon pitoisuutta pitää vähentää sekä rakennuksen rakenteellisista ja taloteknisistä ratkaisuksista. Tyypillisiä pitoisuuden pienentämiskeinoja ovat ilmanvaihdon tehostamiseen ja säätämiseen liittyvät toimenpiteet, rakenteiden tiivistäminen sekä radonimurit ja radonkaivot. Ilmanvaihdon säädön ja tehostuksen voidaan arvioida maksavan keskimäärin noin 2 000 €/rakennus, radonpitoisuuden pienentämiseen liittyvän tiivistyskorjauksen kustannukseksi julkisissa rakennuksissa voidaan arvioida olevan keskimäärin noin 20 000 €/rakennus. Radonimurin ja -kaivon kustannuksen voidaan arvioida olevan noin 20 000 €/rakennus. Julkisissa rakennuksissa tarvitaan yleensä useampia imureita ja -kaivoja. Näiden lisäksi julkisten rakennusten korjaukset sisältävät yleensä suunnittelu- ja mittauskustannuksia sekä mahdollisesti rakennuslupakustannuksia. Ainakin isoissa julkisissa rakennuksissa olisi hyvä edellyttää rakennuslupaa tai toimenpidelupaa, jotta korjaukset tehdään oikein eivätkä aiheuteta muita sisäilmaongelmia. Korjauskustannusten voidaan arvioida olevan 300 Bq/m<sup>3</sup> viitearvolla yhteensä noin 20–35 M€. Taulukossa 5 on arvio radonkorjausten kustannuksista julkisissa tiloissa, jotka ovat usein suurempia rakennuksia kuin keskimääräinen työpaikka.

**Taulukko 5. Arvio radonkorjausten kustannuksista julkisissa rakennuksissa.**

Toimenpide	hinta €/toimenpide	Viitearvo 300 Bq/m <sup>3</sup>	
		N	hinta yht. (€)
Työnaikainen mittaus	2 000	1 200	2 000 000
Ilmanvaihdon tehostus ja säätö	2 000	600	1 000 000
Tiivistyskorjaukset	10 000	600	6 000 000
Radonimuri tai radonkaivo	20 000	600	12 000 000
Suunnittelu	3 500	1 200	4 000 000
<b>Yhteensä</b>		<b>3 000</b>	<b>25 000 000</b>

## 7.2.3 Työpaikat

Jos työnaikainen radonpitoisuuden vuosikeskiarvo on suurempi kuin viitearvo, työpaikalla tulee pienentää työntekijöiden radonaltistusta. Vaihtoehtoina on yleensä radonkorjaus, myös ilmanvaihdon säätäminen tai tilan käytön rajoittaminen. 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 6). Lähtökohdaksi otettu työntekijöiden lukumäärä, jotka on arvioitu altistuvan yli 300 Bq/m<sup>3</sup> radonpitoisuudelle (1,3 % työntekijöistä) ja yritysten keskimääräinen työntekijöiden lukumäärä.

**Taulukko 6.** Arvio radonkorjausten kustannuksista työpaikoille Suomessa. Työpaikkojen lukumäärä perustuu työntekijöiden määrään, jotka työskentelevät viitearvoa 300 Bq/m<sup>3</sup> suuremmissa radonpitoisuuksissa.

Toimenpide	Hinta / toimenpide (€)	Työpaikkoja, joissa radonpitoisuus on suurempi kuin viitearvo	Radonkorjausten kustannusten hinta yht. (€)
Työnaikaisen radonpitoisuuden mittaus	1 500	1 200	1 800 000
Ilmanvaihdon tehostus ja säätö	500	600	300 000
Tiivistyskorjaukset	5 000	600	3 000 000
Radonimuri tai radonkaivo	10 000	600	6 000 000
<b>Yhteensä</b>		<b>3 000</b>	<b>11 000 000</b>

## 7.3 Rakennustuotteista sisäilmaan tuleva radon

Säteilylain 153 §:ssä tarkoitettuja rakennustuotteita, joissa luonnonsäteilystä aiheutuva säteilyaltistus voi olla viitearvoa suurempi ja joista on tehtävä radioaktiivisuusmittauksia, ovat ainakin:

1. rakennuksen runkorakenteet, jotka valmistetaan mineraalipohjaisista raaka-aineista;
2. rakennustuotteet, joiden pääasiallisena raaka-aineena on käytetty graniittia tai muita granitoideja kuten granodioriittia, tonaliittia tai gneissisiä sisältävää kalliomursketta, soraa tai hiekkaa;
3. rakennustuotteet, joiden raaka-aineena on käytetty tuhkaa tai mineraalipohjaisia luonnon raaka-aineita hyödyntäviltä teollisuudenaloilta syntyneitä väli- tai sivutuotteita tai jätteitä.

Jotkin rakennustuotteet voivat sisältää radium-226-isotooppia niin paljon, että sen tuottaman radonin vuoksi sisäilman radonpitoisuudet ovat merkittäviä. Sen, joka valmistaa, tuo tai siirtää rakennustuotteita Suomeen on säteilylain 153 §:n mukaisesti selvítettävä



tuotteesta aiheutuva säteilyaltistus. Rakennustuotteiden radioaktiivisia aineita on mitattava, jos aiotussa käyttötarkoituksessa radioaktiivisuuden aiheuttama altistus voi olla viitearvoa suurempi. Tällä hetkellä Suomessa rakennustuotteiden radioaktiivisuusmittauksia tekee vain STUKin laboratorio, josta tulokset siirtyvät rakennustuotteiden radioaktiivisuuden valvonnan tietoon mittauspalvelun toimitusehtojen mukaisesti. STUK voi tarvittaessa velvoittaa toiminnasta vastaavaa tahoa esim. käyttämään materiaalia vain maantäyttöön, mutta ei talonrakentamiseen.

## 7.4 Talousvedestä sisäilmaan tuleva radon

Suomessa porakaivovedet voivat olla merkittävä sisäilman radonin lähde. Arviolta 6 000 taloudessa talousvesi sisältää radonia yli 1 000 Bq/l, mikä aiheuttaa sisäilmaan keskimäärin 40 Bq/m<sup>3</sup> radonpitoisuuden lisäyksen (Turtiainen ja Salonen 2010). Jos porakaivovedessä on liikaa radonia, kotitalouksien suositellaan ensisijaisesti liittyvän julkiseen vedenjakeluun. Jos tämä ei ole mahdollista, markkinoilla on useita eri ilmastukseen ja aktiivihiihluodatukseseen perustuvia puhdistuslaitteita. Aktiivihiihluodattimet tulee aina sijoittaa muualle kuin asuintilojen yhteyteen, koska niihin kertyvät radonin hajoamistuotteet lähtevät gammasäteilyä.

Vesilaitokset voivat harkita korvaavaa vedenottoa ottamolta, jonka veden radonpitoisuus on pieni. Poistomenetelmistä ilmastus on vesilaitoksille taloudellisesti järkevin, koska se sopii suurten vesimäärien käsittelyyn. Ilmastus poistaa vedestä radonin lisäksi myös muita kaasuja kuten rikkivetyä ja hiilidioksidia, mikä parantaa veden makua ja hajua. Ilmastusta käytettäessä on kuitenkin huolehdittava siitä, että vesilaitoksen sisäilman radonpitoisuus ei nouse liian suureksi. Vesilaitoksilla ilmastus voi toimia kolmella eri periaatteella: hienokuplailmastuksella, suihkutustalastuksella tai torni-ilmastuksella. Aktiivihiihluodatusta ei yleensä käytetä vesilaitoksilla radonin poistoon.

## 8 Riskiviestintä

Radonturvallisuuden edistämisen edellytys on vaikuttava viestintä ja sidosryhmien koulutus. Viranomaisten radontyöryhmän tehtävänä on välittää viranomaisille tietoa radoniin liittyvistä koulutuksista sekä mieltää vaikuttavia radonviestinnän muotoja. Radonriskien vähentäminen on kansanterveydellisesti tärkeää ja riskiviestintään tulee varata riittävästi resursseja.

### 8.1 Riskitietoisuus

Huolimatta suuresta merkityksestään radonaltistuminen ei monia tunnu huolettavan. Toisaalta on niitä, jotka kokevat radonin hyvin ahdistavana ja pelottavana. Radoniin liittyvät riskikäsitykset siis vaihtelevat ja se tulee ottaa viestinnässä huomion.

STUKin tekemän radonriskitietoisuuskyselyn mukaan, 93 % vastaajista oli kuullut radonista ja valtaosa piti sitä haitallisena, vaikka monet yhdistivätkin radonaltistukseen väärä sairauksia tai oireita (Kojo ym. 2016). Peräti 37 % vastaajista suhtautui kotinsa radonmittaukseen joko välinpitämättömästi tai kielteisesti. Tupakointistatus ei ollut yhteydessä radonmittaukseen suhtautumiseen. Myös Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (Ung-Lanki ja Lanki 2013) 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 ja sisäilman radonia pidettiin kohtalaisen pienenä riskinä terveydelle.

Radonmittausvelvoite työpaikoilla tai muissa oleskelutiloissa ei ole selvästikään hyvin tiedossa, mistä esimerkkinä on päiväkotien radonhanke, missä huomattavassa osassa (61 %) päiväkoteja ei oltu mitattu radonpitoisuutta, vaikka hanke kohdistui mittausvelvoitekuntiin (Kojo ym. 2015).

Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluvirasto on laatinut koosteen erilaisten radonkampanjoiden vaikuttavuudesta ([http://www.epa.ie/pubs/reports/research/health/Research\\_170\\_wrapped.pdf](http://www.epa.ie/pubs/reports/research/health/Research_170_wrapped.pdf)). Siinä esitetään keinoja, jotta radonkampanja olisi vaikuttava. Mm. yhtenä keinona suositeltiin, että radonmittausten tekemistä ei jätettäisi asunnon omistajan vastuulle, vaan valtiollista sääntelyä radonmittauksissa lisättäisiin.

## 8.2 Viestinnän kohdentaminen

Säteilylain hallituksen esityksen lausunnossaan Eduskunnan Ympäristövaliokunta korosti neuvonnan ja tiedottamisen merkitystä pientalojen radonkorjauksissa ja uudisrakentamisessa ja että informaatio-ohjausta tulisi suunnata erityisesti niihin maakuntiin, joissa radonpitoisuus on suuri. Valiokunta totesi, että kunnan rakennusvalvonta on ratkaisevassa asemassa pientalojen rakentamiseen liittyvässä ohjauksessa ja neuvonnassa. Neuvontaa tulisi antaa varsinaisten radonkorjausten lisäksi esimerkiksi uusittaessa pientalojen ilmanvaihtoa painovoimaisesta koneelliseen ilmanvaihtoon, millä voi olla merkitystä sisätiloihin tulevan radonpitoisuuden kannalta. Valiokunta kiinnitti huomiota myös kiinteistönvälittäjien toimintaan, jotta erityisesti pientaloja myytäessä ostaja saa riittävästi tietoa mahdollisesta radonriskistä. Radonpitoisuuksia koskevan tiedon välittämisen olisi hyvä olla osa hyvää kiinteistönvälitystapaa samalla tavalla kuin esimerkiksi kuntoselvitykset ja asbestikartoitukset.

Radoniin liittyvän riskiviestinnän kohdeyleisö on käytännössä kaikki suomalaiset. Tiettyjä kohderyhmiä kuitenkin voidaan tunnistaa ja heidän kanssaan riskiviestintää voidaan tehdä ratkaisukeskeisesti ryhmän lähtökohdista. Näitä ovat mm. lapsiperheet, rakennusten omistajat ja vuokralaiset, vuokranantajat, radonmittauksia ja korjauksia tekevät yritykset, rakennusliikkeet, työpaikat, kiinteistönvälittäjät, järjestöt (esim. Kiinteistöliitto, Isännöinti, Omakotiliitto, Sisäilmayhdistys, Syöpäjärjestöt), koulutuslaitokset (ammattikoulut, ammattikorkeakoulut, yliopistot), toimittajat, some-vaikuttajat 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 tupakoimattoman taloon saattaa ajan myötä muuttua asumaan tupakoivia henkilöitä ja koska radon on tupakoimattomien merkittävin keuhkosityövän aiheuttaja. Tavoitteena on, että kaikissa rakennuksissa radonpitoisuudet olisivat riittävän matalalla tasolla, ei pelkästään rakennukset, joissa tupakoivat oleskelevat.

Valvontaviranomaiset (rakennusvalvonta, terveydensuojelu, työsuojelu, terveydenhuolto) voisivat suunnitella radonviestintää paikallisella tasolla. Kunnan rakennusvalvonnalla on keskeinen rooli uusien rakennusten radontorjunnassa ja riskiviestinnän erityinen kohde on paikallinen rakennustoiminta, pohjatutkijat, pohja- ja rakennesuunnittelijat sekä pääsuunnittelijan tehtäviä hoitavat henkilöt.

Sisäilman radonpitoisuudet vaihtelevat ja joillakin alueilla saattaa olla huomattavasti korkeampia pitoisuuksia kuin muualla kunnassa. Erityisesti 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 saattaisi vaikuttaa jopa kiinteistöjen hintoihin.

### 8.3 Viestintäkanavat ja -tavat

STUKin ja muiden viranomaisten ja asiantuntijalaitosten verkkosivuilla on runsaasti radoniin liittyviä tietoja. Nettisivut pitäisi olla niin selkeät ja helppokäyttöiset, että kansalaisten tai muiden toimijoiden ei tarvitsisi lähettää yksittäisiä viestejä asiantuntijoille.

Se, miten radonasiat ovat esillä tiedotusvälineissä, ei ole ennustettavissa eikä asiantuntijoiden päätettävissä. Perinteisiä painettuja julkaisuja tarvitaan nykyisin vähemmän, mutta avaindokumentit, kuten perustietoa radonista ja korjausoppaat, kannattaa julkaista myös painettuina. Erilaisten valmisteilla olevien suunnitelmien ja dokumenttien julkinen kuu- leminen auttaa ottamaan huomioon erilaisten ryhmien tarpeet ja näkökannat tavoitteen saavuttamisessa. Sosiaalinen media on tärkeä viestintäkanava ja sitä tulee edelleen hyödyntää.

Kansainvälisen mallin mukaisesti Suomessakin voitaisiin nimetä tietty päivä tai kuukausi radonturvapäiväksi tai -kuukaudeksi, jolloin radonasioita viestittäisiin erityisen tehokkaasti. Ammattilaisille olisi syytä järjestää Radonturvapäivät, missä radonasiantuntijat eri tahoilta jakaisivat tietoa.

Riskiviestintä pitää ajatella 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.

## LIITE 1. TOIMINTASUOSITUKSET

Suositus	Vastuutaho <sup>3</sup>
<b>Pitkän aikavälin tavoitteet radonaltistuksesta aiheutuvan keuhkosyöpäriskin pienentämiseksi</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• STUKin, kuntien hyvinvointityön, terveydensuojelun, työterveyshuollon ja terveydenhuollon yhteistyötä radonriskitietoisuudesta tehostetaan.</li> </ul>	STM, Valvira, järjestöt, THL, STUK, TTL
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liitetään sisäilman radon näkyvämmiin osaksi sisäilman terveellisyyttä ja rakennusterveyttä koskeviin ohjelmiin esim. Terveet Tilat 2028 -ohjelmaan.</li> </ul>	STM, YM, VNK, OKM
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Huolehditaan siitä, että rakennukset suunnitellaan ja toteutetaan radonturvallisesti koko maassa.</li> </ul>	Rakennusvalvonta, kaavoitus- ja rakennusala
<b>Viitearvot, säädökset ja valvonnan toimeenpanon kehittäminen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radonin viitearvo lisätään asumisterveysasetukseen sen päivityksen yhteydessä.</li> </ul>	STM
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hyödynnetään kansallista radontietokantaa viestinnässä ja valvonnan kohdentamisessa riskiperusteisesti alueellisesti tai rakennustyyppin mukaisesti.</li> </ul>	STUK, STM, Valvira
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radoniin liittyvien säädösten rajapinnoista tehdään selvitys ja valvontakäytäntöjä selkeytetään ja sujuvoitetaan sen perusteella.</li> </ul>	STM, STUK, YM, Valvira, AVI, Kuntaliitto
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radonvalvontaviranomaisten tietokantojen yhteiskäyttöä parannetaan ja kansallisen radontietokannan käyttöoikeuksia laajennetaan.</li> </ul>	STM, STUK, YM, Valvira, AVI, Kuntaliitto
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pyritään saamaan kansallinen radontietokanta kattavaksi myös yksityisten radonmittaajien tulosten osalta. Myös muiden oleskelutilojen ja asuntojen radonmittaukset pyritään saamaan kattavasti radontietokantaan. Arvioidaan lainsäädäntöä tältä osin.</li> </ul>	STM, STUK
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuntien terveydensuojeluviranomaiset huolehtivat säännöllisen valvonnan tarkastuksilla, että mittausvelvollisissa muissa oleskelutiloissa on sisäilman radonpitoisuus selvitetty.</li> </ul>	STM, Valvira, AVI/ Terveydensuojelu
<ul style="list-style-type: none"> <li>• AVI:n työsuojeluviranomainen selvittää tarvittaessa työsuojelutarkastuksen yhteydessä, onko altistus radonille huomioitu osana työn vaarojen selvittämistä ja arviointia.</li> </ul>	STM, AVI/Työsuojelu
<b>Mittaaminen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kehitetään ohjeistusta työpaikoille, jotta jatkossa niissä tehtäisiin mittaukset ja jo ensimmäisellä mittauskerralla riittävän kattavasti.</li> </ul>	STUK
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tehdään selvitys ilman radonpitoisuuksien vuosittaisesta ja vuodenaikaisesta vaihtelusta, jonka pohjalta tarkennetaan menettelyä, miten vuosikeskiarvo määritetään.</li> </ul>	STUK
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Järjestetään radonmittauskoulutusta radonmittaajille.</li> </ul>	STUK
<b>Sisäilman radonpitoisuuksien kartoitus</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomen asuinalueita ei jaotella erilaisiin radonriskialueisiin, koska kaikkialla Suomessa on mahdollista mitata korkeita radonpitoisuuksia.</li> </ul>	STM, Valvira, Kuntaliitto

<sup>3</sup> Lyhenteet: AVI Aluehallintoviranomainen terveydensuojelun ja työsuojelun vastuualueet, STM Sosiaali- ja terveysministeriö, STUK Säteilyturvakeskus, SYKE Suomen ympäristökeskus, THL Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, TTL Työterveyslaitos Valvira Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto, VNK Valtioneuvoston kanslia, YM Ympäristöministeriö.

Suositus	Vastuutaho <sup>3</sup>
<b>Suurien radonpitoisuuksien pienentäminen ja ennaltaehkäiseminen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ympäristöministeriön suositus on, että uudisrakentamisessa rakennushankkeeseen ryhtyvä huolehtii sisäilman radonpitoisuuden mittauksesta rakennuksen käyttöönoton jälkeen. Suositus koskee uusia työpaikka- ja muita julkisia rakennuksia sekä asuinrakennuksia.</li> </ul>	rakennushankkeeseen ryhtyvät
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rakennusten korjausten yhteydessä kannattaa tehdä radontorjunta samalla, silloin kun se on tarkoituksenmukaista.</li> </ul>	YM
<ul style="list-style-type: none"> <li>Edistetään sitä, että radonpitoisuuden ilmoittaminen on osa asuntokauppaa (pientaloasunnot ja kerrostalojen alimpien kerrosten asunnot).</li> </ul>	STM, STUK, YM, Valvira, AVI, Kuntaliitto
<ul style="list-style-type: none"> <li>Radontorjunnan ja -korjausten pitkän ajan pysyvyydestä tehdään selvitys. Esim. onko uusien rakennusten radontorjunnan ja olemassa olevien rakennusten radonkorjauksien tehokkuuksissa ajallista muutosta.</li> </ul>	STUK
<b>Riskiviestintä</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Huolehditaan, että saatavilla on hyviä radonoppaita ja -ohjeita.</li> </ul>	STUK, STM ja YM
<ul style="list-style-type: none"> <li>Viranomaiset lisäävät viestintää ja siten ihmisten ymmärrystä radonriskeistä ja oikeista toimintatavoista radonilta suojautumiseen. Myös tietoisuutta lainsäädännössä olevasta radoniin liittyvistä velvoitteista lisätään. Järjestetään viestinnällisiä radonkampanjoita ja kansalaisneuvontaa.</li> </ul>	STM, STUK, YM, Valvira, AVI, Kuntaliitto, terveysuojelu, rakennusvalvonta
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lisätään tietoisuutta radonin tupakoijille aiheuttamasta lisäriskistä osana tupakointiin liittyvää viestintää.</li> </ul>	STM, Valvira, järjestöt, THL, STUK, TTL
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lisätään tietoa kaivosvesien radonista.</li> </ul>	STM, Valvira, SYKE, STUK
<ul style="list-style-type: none"> <li>Järjestetään Radonturvapäiviä radonammattilaisille ja viranomaisille sekä väestölle.</li> </ul>	STUK, STM, Valvira, AVI, Kuntaliitto, radonmittaajat

## LIITE 2. Radonvalvontaan osallistuvat viranomaiset ja viranomaisten valvontaroolit

### SISÄILMAN RADON

**Ennakkovalvonta** (radonturvallisuuden valvonta osana rakentamisen lupajärjestelmää)

1) Asuinrakennukset, työpaikkarakennukset, muut rakennukset

Vastuuministeriö: Ympäristöministeriö

Valvontaviranomainen: Kunnan rakennusvalvontaviranomainen

Valvottava: Rakennushankkeeseen ryhtyvä

Sovellettava laki: Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)

Keskeiset säännökset: 117, 117 c ja 125, 153, 153 a § + Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista (465/2014), Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017)

Valvonnan kuvaus: Uusien rakennusten rakentamisen ja olemassa olevien rakennusten laajojen korjaus- ja muutostöiden lupajärjestelmä, asiakirjavalvonta ja katselmuksat.

Jälkivalvonta (radonturvallisuuden valvonta osana rakennetun ympäristön valvontaa)

1) Asunnot ja muut oleskelutilat

Vastuuministeriö: Sosiaali- ja terveysministeriö

Valvontaviranomainen: Kunnan terveydensuojeluviranomainen

Valvottava/vastuutaho: Huoneiston omistaja tai haltija

Sovellettava laki: Terveydensuojelulaki (763/1994)

Keskeiset säännökset: 26 ja 27 §

Valvonnan kuvaus: Olemassa olevia asuinrakennuksia ja muita oleskelutiloja ja niiden terveellisyttä ja turvallisuutta koskeva asiakirjavalvonta ja tarkastukset.

#### 2.1) Työpaikat

Vastuuministeriö: Sosiaali- ja terveysministeriö

Valvontaviranomainen: Säteilyturvakeskus

Valvottava/vastuutaho: Työnantaja

Sovellettava laki: Säteilylaki (859/2018)

Keskeiset säännökset: Säteilylain 18 luku; Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä (1034/2018), 12 luku; Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä (1044/2018), 6 luku; Säteilyturvakeskuksen määräys luonnonsäteilylle altistavasta toiminnasta (S/3/2019)

Valvonnan kuvaus: Olemassa olevissa työpaikkarakennuksissa työskentelevien työntekijöiden radonaltistumista koskeva asiakirjavalvonta ja tarkastukset.

## 2.2) Työpaikat

Vastuuministeriö: Sosiaali- ja terveysministeriö

Valvontaviranomainen: Työsuojeluviranomaiset

Valvottava: Työnantaja

Sovellettava laki: Työturvallisuuslaki (738/2002)

Keskeiset säännökset: 8, 10, 38 ja 39 §, työterveyshuoltolaki (1383/2001) ja työsuojelun valvonnasta ja työpaikan työsuojeluyhteistoiminnasta annettu laki (44/2006, valvontalaki)

Valvonnan kuvaus: Työsuojelutarkastuksen yhteydessä selvitetään, onko altistus radonille tarvittaessa huomioitu työn vaarojen selvittämisessä ja arvioinnissa.

## TALOUSVEDEN RADON

### 1) Talousvesiasetuksen mukaan valvottavat kohteet

Vastuuministeriö: Sosiaali- ja terveysministeriö

Valvontaviranomainen: Kunnan terveydensuojeluviranomainen

Valvottava/vastuutaho: Talousvesi, jota käytetään tai toimitetaan vedenjakelualueelle käytettäväksi talousvetenä vähintään 10 m<sup>3</sup> päivässä tai vähintään 50 henkilön tarpeisiin sekä vesi, jota käytetään osana julkista tai kaupallista toimintaa tai elintarvikehuoneistossa, jolla on oma kaivo tai muu vesilähde.

Sovellettava asetus: STM:n Asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (1352/2015)

Keskeiset säännökset: Liite 1, taulukko 3

Valvonnan kuvaus: Jos radonpitoisuus on suurempi kuin laatuvaatimus, korjaavat toimet ovat säteilyturvallisuuksista välttämättömiä aina ilman lisäarvioiteja veden käyttötavasta riippumatta. Talousvesiasetuksen laatuvaatimus vastaa säteilylaissa tarkoitettua viitearvoa. Kunnan terveydensuojeluviranomainen antaa tarvittaessa määräyksiä TsLn 20 §:n ja 51 §:n perusteella. Jos radonin laatuvaatimus ei täyty, korjaavien toimenpiteiden tarpeellisuus tarkastetaan riskinarvioinnin perusteella. Jos radonin aktiivisuuspitoisuus on vaatimusten täyttymiskohdassa suurempi kuin 100 Bq/l, pitoisuus on tutkittava raakavedestä tai vedenkäsittelylaitokselta lähtevästä vedestä. Kunnan terveydensuojeluviranomainen voi pyytää riskinarviointia STUKlta.

### 2) Pienen talousvesiasetuksen mukaan valvottavat kohteet

Vastuuministeriö: Sosiaali- ja terveysministeriö

Valvontaviranomainen: Kunnan terveydensuojeluviranomainen

Valvottava/vastuutaho: Talousvettä toimittavat laitokset, jotka toimittavat vettä alle 10 m<sup>3</sup> päivässä tai alle 50 henkilölle. Toiminnanharjoittajat, jotka käyttävät oman vedenotannon tuottamaa talousvettä osana pienimuotoista ja vähäriskistä julkista tai kaupallista



toimintaa. Elintarvikehuoneistot, jotka käyttävät oman vedenottamon vettä, jos toiminta on pienimuotoista ja vähäriskistä.

Sovellettava asetus: STM:n Asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (401/2001)

Valvonnan kuvaus: Terveydensuojeluviranomainen antaa tarvittaessa määräykset radonpitoisuuden pienentämiseksi tai korvaavan vesilähteen käyttöönottoon, jos mitataan laatusuosituksia suurempia pitoisuuksia.

## **RAKENNUSTUOTTEIDEN RADIOAKTIIVISUUS**

Vastuuministeriö: Sosiaali- ja terveysministeriö

Valvontaviranomainen: STUK

Valvottava/vastuutaho: Rakennustuotteen valmistaja, maahan siirtäjä tai maahantuoja

Sovellettava laki: Säteilylaki

Keskeiset säännökset: Säteilylain 153 §, VN:n 53§ ja STUKin määräyksen (S/3/2019) 4 luku

Valvonnan kuvaus: Rakennustuotteen valmistaja, maahantuoja tai maahan siirtävä taho mittauttaa rakennustuotteen radioaktiivisuuden STUKin laboratorioissa (mittausta edellyttävät rakennustuotteet on esitetty VN:n 53 §:ssä). Jos tuotteen radioaktiivisuus ei täytä määräyksen S/3/2019 ehtoa, lähettää STUKin laboratorio tuotteen testausselosteen STUKin valvontaan. Tällöin valvonta määrää toiminnasta vastaavan tahon selvittämään tarkemmin rakennustuotteesta väestölle aiheutuvan säteilyaltistuksen aiotussa käyttökohdassa ja realistisilla rakennemitoilla, tai laimentamaan tuotetta niin, että se täyttää määräyksen S/3/2019 ehdon ennen kuin tuotetta käytetään. Lisäksi valvonta määrää, että tuotetietoihin lisätään tiedot radioaktiivisuudesta ja ohjeet, joilla säteilyaltistus jää viitearvoa pienemmäksi. Päätös lähetetään tiedoksi TUKESiin. Toiminnasta vastaava taho laatii ja lähettää selvityksen rakennustuotteen aiheuttamasta säteilyaltistuksesta STUKin valvontaan, jossa laskelmat tarkastetaan ennen kuin tuotetta voidaan käyttää aiotussa käyttötarkoituksessa.

TUKES vastaa rakennustuotteiden tuotetieto- ja CE-merkintöihin liittyvästä valvonnasta. Säteilylaki edellyttää seulontatason ylittävälle rakennustuotteelle merkintää rakennustuotteen radioaktiivisuudesta ja ohjeita, joilla varmistetaan, että viitearvo käyttökohteessa ei ylity.

## LÄHTEET

- Arvela H, Mäkeläinen I, Castrén O: Otantatutkimus asuntojen radonista Suomessa. STUK-A108. Säteilyturvakeskus. Helsinki: 1–49. 1993
- Arvela H, Mäkeläinen I, Holmgren O, Reisbacka H: Radon uudisrakentamisessa, Otantatutkimus 2009. STUK-A244. Säteilyturvakeskus. Helsinki: 1–94. 2010
- Arvela H, Holmgren O, 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, Ruostenoja 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
- “Flag Book”. Naturally Occurring Radioactivity in the Nordic Countries – Recommendations. The radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden. 2000.
- Gaskin J, Coyle D, Whyte J, Krewski D: Global Estimate of Lung Cancer Mortality Attributable to Residential Radon. *Environ Health Perspect* 126, 2018 [https://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/2018/05/EHP2503.alt\\_.pdf](https://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/2018/05/EHP2503.alt_.pdf)
- 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, Reinikainen J, Asikainen A: Sisäilma ja tautitaakka: Missä mennään? Ympäristö ja Terveys: 1/2018 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201804126508>
- 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 137. Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3. Ann. Paquet F, Bailey MR, Leggett RW, Lipsztein J, Marsh J, Fell TP, Smith T, Nosske D, Eckerman KF, Berkovski V, Blanchardon E, Gregoratto D, Harrison JD, ICRP 46(3/4), 2017
- ICRU 88. Measurement and reporting of radon exposures. *Journal of the ICRU*, 12 (2) Oxford university press, 2012
- Kettunen A-V: Maanvastaisten alapohjarakenteiden radontekninen toiminta rakenneratkaisujen muuttuessa. *Rakennusfysiikka* 2019, 28.–30.10.2019
- 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. [https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/131619/UUSO\\_YSV\\_raportti\\_final\\_191216.pdf?sequence=1](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/131619/UUSO_YSV_raportti_final_191216.pdf?sequence=1)
- 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
- Murto J, Kaikkonen R, Pentala-Nikulainen O, Koskela T, Virtala E, Härkänen T, Koskenniemi T, Jussmäki T, Vartiainen E & Koskinen S. Alueellisen terveys- ja hyvinvointitutkimuksen perustulokset 2010–2016. Verkkojulkaisu: [www.thl.fi/ath](http://www.thl.fi/ath) [http://www.terveytemme.fi/ath/aikasarja2013-2016/graph/select.php?alue1=&alue2=&osoitin=ath\\_smoke\\_cr](http://www.terveytemme.fi/ath/aikasarja2013-2016/graph/select.php?alue1=&alue2=&osoitin=ath_smoke_cr). 2017
- Mäkeläinen I: Kuka saa syöväen radonista? *Ympäristö ja terveys -lehti* 2010; 3: 60–63 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014120249771>. 2010
- Mäkeläinen I, Kinnunen T, Reisbacka H, Valmari T, Arvela H: Radon suomalaisissa asunnoissa – Otantatutkimus 2006. STUK-A242. Helsinki: Säteilyturvakeskus. 2009
- Mäkeläinen I, Moisio 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 103123. Radonin torjunta. Rakennustieto Oy. 2019
- 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](https://asiakas.kotisivukone.com/files/nordicnorm2015.kotisivukone.com/tiedostot/nordic_recommendations_2000.pdf)
- Tilastokeskus: Suomen virallinen tilasto (SVT): Työssäkäynti [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-5528. pääasiallinen toiminta ja ammattiasema 2016, Liitetaulukko 1. 18–24-vuotias väestö pääasiallisen toiminnan mukaan maakunnittain 2016. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 20.7.2018]. Saantitapa: [http://www.stat.fi/til/tyokay/2016/03/tyokay\\_2016\\_03\\_2018-02-16\\_tau\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/tyokay/2016/03/tyokay_2016_03_2018-02-16_tau_001_fi.html)
- Tilastokeskus: Suomen virallinen tilasto (SVT): Työvoimatutkimus [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-7830. toukokuu 2018. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 20.7.2018]. Saantitapa: [http://www.stat.fi/til/tyti/2018/05/tyti\\_2018\\_05\\_2018-06-26\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/tyti/2018/05/tyti_2018_05_2018-06-26_tie_001_fi.html) 2018b
- Tilastokeskus: Suomen virallinen tilasto (SVT): Asunnot ja asuinolot [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-6745. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 20.7.2018]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/asas/tup.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. [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44149/1/9789241547673\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44149/1/9789241547673_eng.pdf). 2009
- 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
- Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 465/2014.
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017.
- Ympäristöministeriö: Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakenteiden lujuus ja vakaus, Pohjarakenteiden suunnittelu (YM 2018).
- Ympäristöministeriö: Radonin torjuminen pien- ja rivitaloissa, Opas 2, (YM 1993).



Radon on tupakoinnin jälkeen merkittävin tunnettu keuhkosityövän aiheuttaja. Altistuminen radonille lisää erityisesti tupakoivien riskiä sairastua keuhkosityöpään. Toisaalta radon on tupakoimattomien merkittävin tunnettu keuhkosityövän aiheuttaja. Suurin osa keuhkosityövästä voitaisiin välttää lopettamalla tupakointi ja vähentämällä altistumista radonille. Tässä toimintasuunnitelmassa asetetaan pitkän aikavälin tavoitteet ja keinot, joiden avulla radonista aiheutuvaa keuhkosityöpäriskiä Suomessa voidaan pienentää. Toimintasuunnitelman pääpaino on sisäilman radonpitoisuuden vähentämisessä, koska hengitysilman radon on suomalaisille tavallisesti merkittävin säteilyaltistuksen aiheuttaja. Radonkaasu päätyy sisäilmaan joko rakennuksen alla ja ympärillä olevasta maa- ja kallioperästä, rakennustuotteista tai porakaivovedestä. Toimintasuunnitelma perustuu säteilysuojelun perusnormidirektiivin (2013/59/Euratom) 103 artiklaan, joka edellyttää, että jäsenmaat laativat kansallisen toimintasuunnitelman radonista aiheutuvien pitkän aikavälin riskien ehkäisemiseksi. Suomessa tämä velvoite on toimeenpantu säteilylain (859/2018) 159 §:ssä. Toimintasuunnitelmasta ja sen tarkemmasta sisällöstä säädetään tarkemmin valtioneuvoston asetuksessa ionisoivasta säteilystä (1034/2018, 54 § ja liite 6).

Internet: [stm.fi/julkaisut](http://stm.fi/julkaisut)

JULKAISUJEN MYYNTI:  
[julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi](http://julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi)

ISSN PDF 1797-9854  
ISBN PDF 978-952-00-5445-8