

YMPÄRISTÖN SÄTEILYVALVONTA / LOKAKUU 2015

# Päiväkotien sisäilman radonkartoitus 2014 – 2015

Ympäristön säteilyvalvonnan toimintaohjelma

Katja Kojo, Marjo Perälä, Tiia Tarsa, Päivi Kurttio

Säteilyturvakeskus  
PL 14  
00881 Helsinki  
[www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)

Lisätietoja  
Katja Kojo  
[katja.kojo@stuk.fi](mailto:katja.kojo@stuk.fi)  
puhelin 09 759 88 472

ISBN 978-952-309-287-7 (pdf)

## Sisällys

1	Tiivistelmä.....	1
2	Johdanto .....	2
3	Taustaa.....	2
4	Aineisto ja menetelmät.....	3
5	Tulokset.....	4
5.1	Osallistuminen .....	4
5.2	Päiväkotien mittaustulokset.....	5
5.3	Työpaikan sisäilman radonille asetettujen toimenpidearvojen ylitykset.....	5
5.4	STUKin päiväkodeille antamat määräykset, joilla radonaltistumisen suuruutta tarkennetaan tai altistumista rajoitetaan .....	8
5.5	Päiväkotien työntekijöiden lukumäärä.....	8
5.6	Lasten lukumäärä toimenpidearvon ylittäneissä päiväkodeissa.....	9
5.7	Radonpitoisuuden riippuvuus ilmanvaihtotavasta .....	9
6	Johtopäätökset.....	10
7	Kirjallisuus.....	10
	Liite 1. Säteilyturvakeskuksen lomake työpaikan radonmittaukseen.....	11

## Tiivistelmä

Säteilyturvakeskus (STUK) kutsui marras-joulukuussa 2014 [61 kunnan](#) päiväkodit mittaamaan sisäilman radonpitoisuuden 1.11.2014-30.4.2015. Valituissa kunnissa työpaikkojen ja julkisten tilojen radonmittaus on pakollinen (ST-ohje 12.1, 2011). Näiden kuntien alueella tunnistettiin yhteensä 945 kunnallista tai yksityistä päiväkotia tai ryhmäperhepäivähoitopaikkaa. Kodeissa annettava perhepäivähoito ei kuulunut hankkeeseen. Hankkeen tarkoituksena oli vähentää päiväkodeissa työskentelevien sekä hoidossa olevien lasten radonaltistusta. Tässä raportissa käytetty nimitys päiväkoti viittaa sekä päiväkoteihin että ryhmäperhepäiväkoteihin.

1.11.2014-30.4.2015 välisenä aikana yhteensä 482 päiväkotia mittasi sisäilman radonpitoisuuden. Niiden päiväkotien, joissa radon oli mitattu aikaisemmin tai päiväkoti oli lopettamassa toimintaansa lähiaikoina, ei tarvinnut tehdä radonmittausta. Ne päiväkodit (n=116), jotka eivät olleet mitanneet radonia aikaisemmin mutta eivät myöskään tehneet mittauksia 1.11.2014-30.4.2015, saivat määräyksen tehdä mittaukset 2015 – 2016.

Keskimääräinen sisäilman radonpitoisuus päiväkodeissa oli 81 becquereliä kuutiometrissä ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) ja mediaani 33  $\text{Bq}/\text{m}^3$ . Ainakin yhden mittauspisteen radonpitoisuus ylitti toimenpidearvon 400  $\text{Bq}/\text{m}^3$  kaikkiaan 17 päiväkodissa (4 %). Suurin päiväkodin radonpitoisuus oli 2426  $\text{Bq}/\text{m}^3$ . Päiväkotien sisäilman radonilanteen voidaan todeta olevan yleisesti ottaen hyvä. Vaikka hankkeeseen osallistuneet päiväkodit sijaitsivat korkean radonpitoisuuden alueilla, niiden keskimääräinen sisäilman radonpitoisuus oli pienempi kuin suomalaisten asuinrakennusten keskimääräinen sisäilman radonpitoisuus 109  $\text{Bq}/\text{m}^3$ . Myös muiden suomalaisten julkisten tilojen (esim. sairaalat, vanhainkodit) jotka mitattiin STUKin radonmittauspurkeilla 1.11.2014-30.4.2015 välisenä aikana, sisäilman radonpitoisuus oli korkeampi: 101  $\text{Bq}/\text{m}^3$ . Niille päiväkodeille, joissa yhdenkin mittauspisteen sisäilman radonpitoisuus ylitti 400  $\text{Bq}/\text{m}^3$ , STUK antoi toimenpidemääräyksiä sisäilman radonpitoisuuden tarkentamiseksi tai pienentämiseksi.

Yli puolet suomalaisten keskimääräisestä vuotuisesta säteilyannoksesta on peräisin sisäilman radonista, jolle altistuminen aiheuttaa Suomessa noin 300 keuhkosityöpätapausta vuodessa. Radonin aiheuttama keuhkosityöpäriski on suurempi tupakoitsijoille. Säteilyannos kertyy ihmiselle koko eliniän ajan, joten on tärkeää, että lasten altistumista sisäilman radonille vähennetään.

## 2 Johdanto

Pitkäaikainen altistuminen sisäilman radonpitoisuudelle lisää keuhkosyövän riskiä (Darby 2006). Sisäilman radonpitoisuuden selvittäminen kodeissa on tärkeää. Radonpitoisuus selviää vain mittaamalla. Mittaaminen radonmittauspurkeilla on helppoa. Suomalaiset viettävät keskimäärin 14 % ajastaan työssä, koulussa tai julkisissa rakennuksissa (Mäkeläinen ym. 2005). Vuonna 2014 palkansaajien keskimääräinen säännöllinen työaika päätyössä oli 36,2 tuntia viikossa (Tilastokeskus 2014). Koska työpaikoilla vietetään huomattava määrä aikaa, tulee niiden radonpitoisuuden myös kiinnittää huomiota.

Työpaikan radonpitoisuus tulee selvittää [niiden kuntien alueilla](#), joissa vähintään 10 % aikaisemmin mitattujen asuntojen radonpitoisuuden vuosikeskiarvoista ylittää arvon 400 becquereliä kuutiometrissä ilmaa ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ). Näiden lisäksi sisäilman radonmittaukset on tehtävä työpaikoilla, jotka sijaitsevat harjuilla tai muilla hyvin ilmaa läpäisevillä sora- tai hiekkamuodostumilla. Radonpitoisuus on mitattava myös kaikissa maan alla sijaitsevista työtiloissa, joissa työskennellään pysyvästi. Työpaikkojen lisäksi myös julkisten tilojen radonpitoisuus pitää selvittää edellä mainituissa tilanteissa. Vastuu radonpitoisuuden selvittämisestä on toiminnanharjoittajalla. Työtiloissa, jotka sijaitsevat rakennuksen toisessa tai sitä ylemmissä kerroksissa, ei radonpitoisuutta yleensä tarvitse mitata. Työpaikan radonpitoisuuden vuosikeskiarvon toimenpidearvo on 400  $\text{Bq}/\text{m}^3$ . (ST-ohje 12.1, 2011 <http://plus.edilex.fi/stuklex/fi/lainsaadanto/saannosto/ST12-1>)

Vuonna 2010 kunnallisia päiväkoteja oli koko Suomessa 2692 ja ryhmäperhepäiväkoteja 914. Ryhmäperhepäivähoito sijoittuu hoitomuotona perhepäivähoidon ja päiväkodin välille. Ryhmäperhepäiväkodissa työskentelee 2–3 hoitajaa ja ryhmän koko on enintään 8–12 lasta. Vuoden 2010 tilastojen mukaan yksityisiä päiväkoteja oli yhteensä 615. Tähän sisältyvät päiväkotien ja ryhmäperhepäiväkotien lisäksi myös erityispäiväkodit ja perhepäiväkodit. Kaikkien päivähoitosa olevien lasten lukumäärä oli 229 000 vuonna 2013. Heistä suurin osa (92 %) hoidettiin kunnallisissa päivähoitopaikoissa ja vajaa 8 % lapsista hoidettiin yksityisessä päivähoitossa. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2014).

Lapset ovat yleisesti herkempiä säteilyn terveystaikutuksille (Paile (toim.) 2002). Radonaltistuksen suhteen ei kuitenkaan ole tutkimusnäyttöä, että altistuminen lapsuudessa olisi haitallisempaa kuin vanhempana. Säteilyyannos kertyy ihmiselle koko eliniän ajan, joten on tärkeää, että lapsia suojellaan radonaltistukselta. Lasten, heidän vanhempiensa sekä päiväkodin henkilökunnan rooli on tärkeä radontietoisuuden lisäämisessä, jonka vuoksi hanke kohdistettiin päiväkoteihin.

Suomessa sisäilman radonpitoisuudesta on tehty tutkimuksia 1980-luvulta lähtien. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan uudet rakennukset tulee suunnitella niin, ettei radonpitoisuus ylittäisi arvoa 200  $\text{Bq}/\text{m}^3$ . Vuosina 2006–2007 tehdyn otantatutkimuksen mukaan keskimääräinen radonpitoisuus suomalaisissa asunnoissa on 109  $\text{Bq}/\text{m}^3$  (Mäkeläinen ym. 2009).

Vuonna 2006 tehtiin valtakunnallinen uusiin rakennuksiin painottuva tutkimus, jossa radonpitoisuus mitattiin 367 kunnallisesta päiväkotirakennuksesta (Valmari ym. 2007). Jokaisessa päiväkodissa tehtiin kaksi mittausta eri huoneissa. Kolmessa päiväkodissa ainakin toisen mittauspisteen radonpitoisuus oli suurempi kuin 400  $\text{Bq}/\text{m}^3$ . Kahden mittauksen keskiarvo ylitti arvon 200  $\text{Bq}/\text{m}^3$  yhteensä 11 päiväkodin osalta. Keskimääräinen radonpitoisuus oli 52  $\text{Bq}/\text{m}^3$ , joka oli selvästi pienempi kuin suomalaisten asuinrakennusten keskimääräinen pitoisuus.

Tässä raportissa esiteltävän hankkeen tarkoituksena on kartoittaa, kuinka monessa korkean radonpitoisuuden kunnan päiväkodissa tai ryhmäperhepäivähoitopaikassa on mitattu sisäilman radonpitoisuus. Jos radonia ei ollut aikaisemmin mitattu, päiväkotia tai ryhmäperhepäivähoitopaikkaa kehoitettiin tekemään mittaukset aikavälillä 1.11.2014–30.4.2015. Hankkeen tavoitteena oli saada lisää tietoa päiväkotien ja ryhmäperhepäivähoitopaikkojen radonilanteesta sekä vähentää lasten ja työntekijöiden altistumista radonille.

## 3 Taustaa

Radon on sisäilmassa esiintyvä hajuton ja näkymätön radioaktiivinen kaasu, jota syntyy jatkuvasti kallio- ja maaperässä olevan uraanin hajotessa useiden välivaiheiden kautta lyijyksi. Tämän

seurauksena maaperän huokosilma voi olla hyvin radonpitoista riippuen maaperän uraanipitoisuudesta. Ulko- ja sisäilman välisestä lämpötilaerosta sekä koneellisesta ilmanvaihdosta aiheutuvan rakennuksen alipaineisuuden johtuen maaperän radonpitoinen ilma virtaa sisätiloihin alapohjassa olevista raoista.

Ilmassa olevat radonin hajoamistuotteet kulkeutuvat hengitysilman mukana keuhkoihin, jossa ne tarttuvat keuhkoputkistoon ja keuhkorakkuloihin. Keuhkoille aiheutuneen säteilyannoksen seurauksena keuhkosyöpään sairastumisen riski lisääntyy. Ilman radonpitoisuuden sekä radonpitoisessa tilassa vietetyn ajan kasvaessa riski sairastua keuhkosyöpään kasvaa. Tämän vuoksi sisäilman radonpitoisuuden tulee olla mahdollisimman pieni. Sisäilman radon on tupakoinnin jälkeen merkittävin keuhkosyövän aiheuttaja. Radonista johtuva riski on tupakoitsijoilla suurempi kuin tupakoimattomilla sillä taustariski on tupakoitsijoilla korkeampi.

Suomessa sisäilman radonpitoisuudet ovat useisiin muihin maihin verrattuna korkeampia geologisista, rakennusteknisistä ja ilmastollisista syistä johtuen. Tärkein radonin lähde on maaperän huokosilma. Radonpitoisuudet ovat korkeimpia uraanipitoisessa graniittisessa kallio- ja maaperässä sekä hyvin ilmaa läpäisevillä hiekka- ja soraharjuilla. Suomessa suurimmat radonpitoisuudet ovat Etelä-Suomen ja Pirkanmaan harjualueilla. Tiiviillä savimailla radonpitoisuudet ovat pienimpiä. Varsinaisen maaperän lisäksi rakennuspaikalle tuotu täyttösora tuottaa myös radonia. Lisäksi karkea ja hyvin ilmaa läpäisevä täyttösora helpottaa vuotovirtausten syntymistä.

Rakennuksen radonlähteenä ovat maaperän lisäksi myös rakennusmateriaalit. Betoni ja muut kiiveä sisältävät rakennusmateriaalit voivat lisätä asunnon sisäilman radonpitoisuutta jonkin verran. Rakennuksissa, joissa käytetään porakaivovettä, talousvesi voi olla huomattava sisäilman radonin lähde.

Rakennuksen perustustapa ja alapohjan rakenne vaikuttavat olennaisesti sisäilman radonpitoisuuteen. Radonturvallinen rakenne on tuulettuva alapohja tai yhtenäinen saumaton laattaperustus. Rakennuksissa, joissa on maanvarainen laatta, radonpitoisuudet ovat tyypillisesti suurimpia. Myös rinnetaloissa maanvastaisten seinien takia etenkin alimmissa kerroksissa radonpitoisuudet voivat olla korkeita. Kellarillisissa taloissa huonetilojen radonpitoisuudet ovat yleensä matalia.

Hyvä ilmanvaihto pienentää sisäilman radonpitoisuutta. Painovoimaista ilmanvaihtojärjestelmää käyttävissä rakennuksissa ilma ei yleensä vaihdu yhtä tehokkaasti kuin muilla ilmanvaihtotavoilla. Koneellisen tulo- ja poistoilmavaihtojärjestelmän rakennuksissa ilman vaihtuvuus on tehokasta ja alipaineisuus hallittavissa. Vaikka alipaineisuus lisääkin maaperästä tulevan radonpitoisen ilman kulkeutumista sisäilmaan, talon ylipaineistaminen radonpitoisuuden vähentämiseksi ei ole sallittua kosteusvaurioriskin takia.

Mitä suurempi sisä- ja ulkolämpötilan välinen ero on, sitä enemmän radonpitoista ilmaa virtaa maaperästä sisätiloihin. Tämä aiheuttaa radonpitoisuuden ajallisen vaihtelun niin vuorokauden kuin vuodenaikojenkin mukaan. Tästä syystä radonpitoisuudet ovat talvella suurempia kuin kesällä. Vastaavasti yöllä pitoisuudet kasvavat päiväsaikaan mitattuja pitoisuuksia suuremmiksi. Työpaikoilla yöllisiä radonpitoisuuksia kasvattaa lisäksi se, että ilmanvaihto saatetaan kytkeä pois tai pienemmälle teholle yön ja viikonlopun ajaksi.

#### 4 Aineisto ja menetelmät

Hankkeen kohteeksi valittiin [korkean radonpitoisuuden kunnissa](#) sijaitsevat sekä yksityiset että kunnalliset päiväkodit ja ryhmäperhepäiväkodit. Perhepäivähoitoa kodeissa ei huomioitu hankkeessa. Hankkeen käynnistämisen ajankohtana Suomessa oli 61 korkean radonpitoisuuden kuntaa. Näiden alueella tunnistettiin 945 päiväkotia tai ryhmäperhepäivähoitopaikkaa pääosin kuntien Internetsivuilta. Tästä eteenpäin raportissa käytetään pelkästään nimitystä päiväkotit, jolla kuitenkin tarkoitetaan sekä päiväkoteja että ryhmäperhepäiväkoteja. Osa hankkeen kohteena olevista päiväkodeista oli Säteilyturvakeskuksen (STUK) tietojen mukaan mitattu aikaisemmin. Kuntien varhaiskasvatustoimen johtajiin (tai vastaaviin) otettiin yhteyttä marras-joulukuussa 2014 ja pyydettiin päivittämään STUKin tiedossa oleva listaus kunnan toiminnassa olevista päi-

väkodeista sekä tieto siitä, oliko näissä mitattu sisäilma radonpitoisuus aikaisemmin. Yksityisiin päiväkodeihin otettiin yhteyttä suoraan.

Mikäli sisäilman radonpitoisuutta ei ollut mitattu aikaisemmin, tuli päiväkodissa tehdä radonmittaus 1.11.2014–30.4.2015. Aikaisemmasta mittauksesta huolimatta radonpitoisuus oli kuitenkin syytä mitata uudelleen, jos päiväkodin tiloissa oli tehty mittauksen jälkeen oleellisia rakennustöitä tai jos edellisestä mittauksesta oli kulunut yli 10 vuotta. Radonpitoisuutta ei tarvinnut mitata päiväkodeissa, jotka sijaitsevat rakennuksen toisessa tai sitä yleisessä kerroksessa tai sellaisissa päiväkodeissa, jotka olivat lopettamassa lähiaikoina.

Radonmittaukset tehtiin STUKin tai muiden toimijoiden radonmittauspurkeilla. Toiminnanharjoittaja maksoi radonmittauksen kustannukset. Luotettavan tuloksen saamiseksi radonpitoisuus mitataan marras-huhtikuussa (1.11–30.4), ja mittauksen tulee kestää vähintään kaksi kuukautta. Päiväkoteja ohjeistettiin mittaamaan radonpitoisuus jokaisessa erillisessä päiväkodin rakennuksessa, jossa työskennellään. Ohjeeksi annettiin yksi mittaus noin 200 m<sup>2</sup> kohti. Jos päiväkoti sijaitsi yksityisasunnossa tai sen kaltaisessa tilassa, päiväkotia ohjeistettiin mittaamaan tilat asuntojen mittausohjeen mukaisesti eli kahdella radonmittauspurkillä. STUKin radonmittauspurkillä mittaavia pyydettiin lisäksi täyttämään radonmittauslomake (Liite 1), jonka avulla kerättiin tietoa muun muassa päiväkodin ilmanvaihdosta ja työntekijöiden määrästä.

Ilmanvaihtotapojen välisten erojen sisäilman radonpitoisuuden tilastollisen merkitsevyyden tarkasteluun käytettiin Kruskal-Wallis -testiä (Van Hecken 2012) ja Dunnin testin pareittaista vertailua (Dunn 1964).

## 5 Tulokset

### 5.1 Osallistuminen

Sisäilman radonpitoisuus mitattiin 482 päiväkodissa (taulukko 1). Kaikista kutsun saaneista päiväkodeista 51 % siis mittasi sisäilman radonpitoisuuden radonmittauspurkillä kaudella 2014–2015. Radonpitoisuus oli jo aikaisemmin mitattu 334 päiväkodissa, joista kuitenkin 46 mittasi radonpitoisuuden uudelleen kaudella 2014–2015. Radonpitoisuutta ei ohjeiden mukaan tarvinnut mitata 47 päiväkodissa. Näistä 6 päiväkotia teki radonmittauksen tästä huolimatta. Yhteensä 18 päiväkodista STUKin yhteydenottoon ei vastattu mitään, eikä radonpitoisuutta mitattu. Radonpitoisuus jätettiin lisäksi mittaamatta 116 sellaisessa päiväkodissa, joista ilmoitettiin, että mittaus tehdään mittauskaudella 2014–2015. Yleisemmäksi syyksi mittaamattomuuteen ilmoitettiin unohtuminen ja mittaus ilmoitettiin tehtävän mittauskaudella 2015–2016.

Taulukko 1. Päiväkotien osallistuminen radonhankkeeseen.

Päiväkodin vastaus yhteydenottoon	Mitattu mittauskaudella 2014–2015		
	Ei	Kyllä	Yhteensä
<b>Mittaus tehdään mittauskaudella 2014–2015</b>	116	405	521
<b>Mitattu jo aikaisemmin</b>	288	46	334
<b>Ei tarvitse mitata</b>	41	6	47
<b>Ei ilmoittanut mitään</b>	18	25	43
<b>Yhteensä</b>	463	482	945

Päiväkodin koosta ja erillisten rakennusten lukumäärästä riippuen mittauksen lukumäärä päiväkotia kohti oli 1–14 (taulukko 2). Yhteensä 238 päiväkodissa tehtiin enemmän kuin yksi mittaus. Näiden päiväkotien radonpitoisuus laskettiin tehtyjen mittauksen keskiarvona. Kaikkiaan 244 päiväkodissa vain yhdestä mittauspisteestä määritettiin radonpitoisuus, jolloin sitä käytettiin päiväkodin radonpitoisuutena. Radonmittauksia tehtiin päiväkotien määrittämien mittauspisteiden nimien perusteella sekä lasten oleskelutiloissa (esim. leppuhuone, ryhmähuone, leikkihuone) että henkilökunnan tiloissa (esim. kahvihuone, toimisto).

Taulukko 2. Radonmittausten määrä päiväkotia kohti.

Mittauksia per päiväkotia	1	2	3-4	5-6	7-8	9-10	14
Päiväkoteja, kpl	244	128	83	19	3	4	1

## 5.2 Päiväkotien mittaustulokset

Päiväkotikohtaiset mittaustulokset voi lukea STUKin internetsivuilta [Päiväkotien radonpitoisuudet -sivulta](#).

## 5.3 Työpaikan sisäilman radonille asetettujen toimenpidearvojen ylitykset

Keskimääräinen sisäilman radonpitoisuus päiväkodeissa oli 81 Bq/m<sup>3</sup> (taulukko 4). Ainakin yhden mittauspisteen radonpitoisuus ylitti 200 Bq/m<sup>3</sup> yhteensä 61 päiväkodissa (13 % aineistosta) (taulukko 3). Arvo 300 Bq/m<sup>3</sup> ylittyi ainakin yhden mittauksen osalta 37 päiväkodissa (8 % aineistosta) ja toimenpidearvo 400 Bq/m<sup>3</sup> kaikkiaan 17 päiväkodissa (4 % aineistosta). Suurin päiväkodin radonpitoisuus oli 2426 Bq/m<sup>3</sup>. Tämä oli samalla myös suurin yksittäinen mittaustulos, koska kyseisessä päiväkodissa radonpitoisuus määritettiin vain yhdestä mittauspisteestä. Yksi toimenpidearvon ylitys oli mitattu tilassa, jossa päiväkodin henkilökunta tai lapset eivät oleskele. STUK antoi määräyksiä radonaltistuksen vähentämiseksi toimenpidearvon ylittäneille päiväkodeille (Tarkemmin kappale 5.4.)

Taulukko 3. Sisäilman radonpitoisuuden ylitykset ainakin yhdessä mittauspisteessä

Pitoisuus	Ylittävien päiväkotien lukumäärä
200 Bq/m <sup>3</sup>	61 (13 %)
300 Bq/m <sup>3</sup>	37 (8 %)
400 Bq/m <sup>3</sup>	17 (4 %)

Taulukko 4. Sisäilman radonpitoisuudet mitatuissa päiväkodeissa kunnittain mittauskaudella 2014–2015. Taulukossa on mukana kaikki korkean radonpitoisuuden kunnat.

Kunta*	Mitattujen päiväkotien lukumäärä kunnassa	Kunnan kaikkien päiväkotien radonpitoisuuden***		Päiväkoteja, joissa ainakin yhden mittauspisteen tulos ylittää		
		keskiarvo Bq/m <sup>3</sup>	maksimi Bq/m <sup>3</sup>	200 Bq/m <sup>3</sup>	300 Bq/m <sup>3</sup>	400 Bq/m <sup>3</sup>
Asikkala	5	146	411	20 %	20 %	20 %
Askola	-	-	-	-	-	-
Enontekiö	4	59	131	0 %	0 %	0 %
Hamina	10	50	171	0 %	0 %	0 %
Hattula	-	-	-	-	-	-
Hausjärvi	6	49	214	17 %	0 %	0 %
Heinola	1	2	2	0 %	0 %	0 %
Hollola	12	215	2426	8 %	8 %	8 %
Humppila**	-	-	-	-	-	-
Hyvinkää	15	155	699	33 %	20 %	7 %
Hämeenkoski	1	11	11	0 %	0 %	0 %
Hämeenlinna	2	73	104	0 %	0 %	0 %
Iitti	6	81	295	17 %	17 %	0 %
Imatra	7	49	255	14 %	0 %	0 %



Kunta*	Mitattujen päiväkotien lukumäärä kunnassa	Kunnan kaikkien päiväkotien radonpitoisuuden***		Päiväkoteja, joissa ainakin yhden mittauspisteen tulos ylittää		
		keskiarvo Bq/m <sup>3</sup>	maksimi Bq/m <sup>3</sup>	200 Bq/m <sup>3</sup>	300 Bq/m <sup>3</sup>	400 Bq/m <sup>3</sup>
Janakkala	10	46	155	0 %	0 %	0 %
Järvenpää	31	62	398	16 %	10 %	0 %
Kajaani	28	32	210	4 %	4 %	4 %
Kangasala	9	78	287	11 %	0 %	0 %
Kauniainen	1	68	68	100 %	0 %	0 %
Kitee	1	52	52	0 %	0 %	0 %
Kittilä	7	96	474	14 %	14 %	14 %
Kivijärvi	1	221	221	100 %	0 %	0 %
Kolari	-	-	-	-	-	-
Kotka	31	59	333	13 %	3 %	0 %
Kouvola	8	55	173	0 %	0 %	0 %
Kuhmoinen	1	21	21	0 %	0 %	0 %
Kärkölä	1	42	42	0 %	0 %	0 %
Lahti	40	83	712	13 %	10 %	5 %
Lapinjärvi	-	-	-	-	-	-
Lappeenranta	36	55	192	8 %	6 %	3 %
Lemi	2	7	8	0 %	0 %	0 %
Lempäälä	7	41	88	0 %	0 %	0 %
Loppi	2	34	67	0 %	0 %	0 %
Loviisa	-	-	-	-	-	-
Luhanka	2	196	296	50 %	0 %	0 %
Luumäki	2	29	32	0 %	0 %	0 %
Miehikkälä	3	181	215	33 %	0 %	0 %
Myrskylä	1	163	163	100 %	100 %	100 %
Mäntsälä	21	79	313	19 %	19 %	0 %
Nastola	10	140	514	20 %	20 %	20 %
Nokia	16	100	290	25 %	0 %	0 %
Orimattila	3	168	332	33 %	33 %	0 %
Padasjoki	2	75	106	0 %	0 %	0 %
Parikkala**	-	-	-	-	-	-
Pornainen	1	58	58	0 %	0 %	0 %
Porvoo	25	112	864	16 %	12 %	8 %
Pukkila**	-	-	-	-	-	-
Pyhtää	3	99	189	0 %	0 %	0 %
Pälkäne	11	104	768	9 %	9 %	9 %
Riihimäki	14	48	204	7 %	0 %	0 %
Ruokolahti	-	-	-	-	-	-
Ruovesi	-	-	-	-	-	-
Savitaipale	4	122	192	0 %	0 %	0 %
Siuntio	4	60	100	0 %	0 %	0 %
Sodankylä	7	110	304	29 %	14 %	0 %
Taipalsaari	4	82	128	0 %	0 %	0 %
Tammela	2	30	33	0 %	0 %	0 %
Tampere	54	79	680	11 %	9 %	4 %

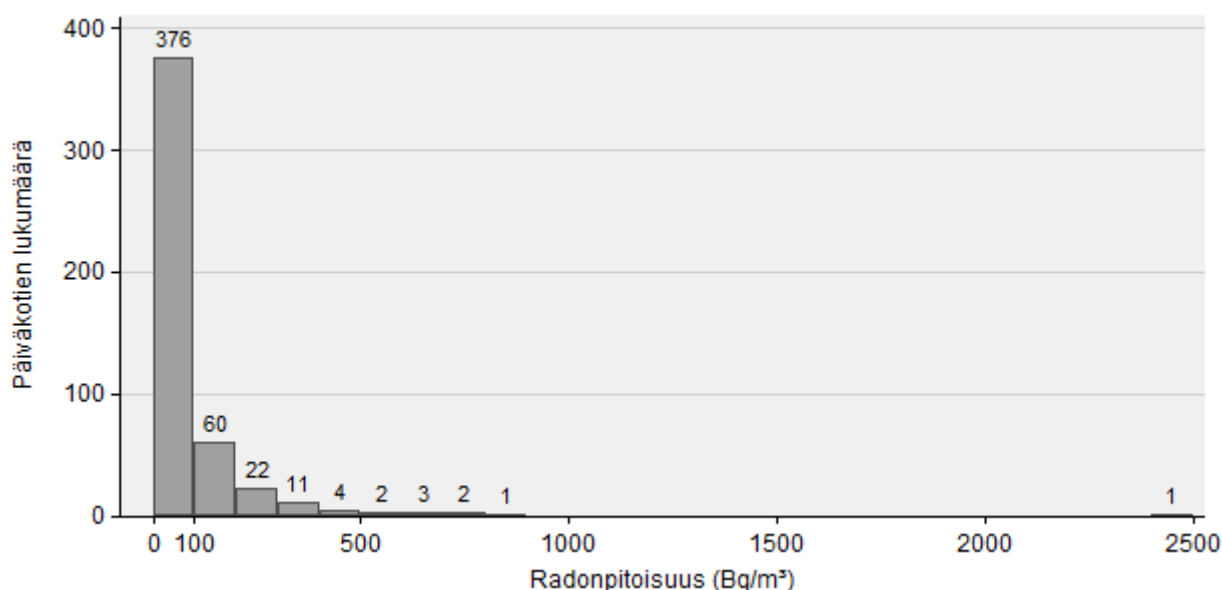
Kunta*	Mitattujen päiväkotien lukumäärä kunnassa	Kunnan kaikkien päiväkotien radonpitoisuuden***		Päiväkoteja, joissa ainakin yhden mittauspisteen tulos ylittää		
		keskiarvo Bq/m <sup>3</sup>	maksimi Bq/m <sup>3</sup>	200 Bq/m <sup>3</sup>	300 Bq/m <sup>3</sup>	400 Bq/m <sup>3</sup>
Tohmajärvi**	-	-	-	-	-	-
Violahti	2	40	70	0 %	0 %	0 %
Ylöjärvi	6	120	542	17 %	17 %	17 %
<b>Kaikki mitatut päiväkodit</b>	<b>482</b>	<b>81</b>	<b>2426</b>	<b>13 %</b>	<b>8 %</b>	<b>4 %</b>

\* Taulukossa ne kunnat (n=11), joissa mittauskaudella 2014–2015 ei tehty päiväkotien radonmittauksia, on merkitty ”-”

\*\* Neljässä kunnassa (Humppila, Parikkala, Pukkila ja Tohmajärvi) kartoitukseen kutsuttujen päiväkotien radonpitoisuus oli jo mitattu aiemmin, eikä uusia mittauksia edellytetty mittauskaudella 2014–2015.

\*\*\* Yhden päiväkodin radonpitoisuus on laskettu eri mittauspisteiden (jos useita) tulosten keskiarvona.

Kuvassa 1 on esitetty kaikkien tutkittujen päiväkotien sisäilman radonpitoisuudet. Radonpitoisuuksien jakauma on selvästi oikealle vino eli suurin osa havainnoista sijoittui pienten radonpitoisuuksien luokkiin. Tämä näkyy myös mediaanin 33 Bq/m<sup>3</sup> ja keskiarvon 81 Bq/m<sup>3</sup> välisenä huomattavana erona. Eroa kasvattavat erityisesti muutamat poikkeukselliset suuret päiväkotien radonpitoisuudet. Jos aineistosta poistettaisiin suurin päiväkodin radonpitoisuus (2426 Bq/m<sup>3</sup>), keskiarvo olisi 76 Bq/m<sup>3</sup>.



Kuva 1. Päiväkotien radonpitoisuudet (n=482).

Taulukossa 5 on esitetty vuoden 2006 päiväkotitutkimuksessa havaitut toimenpidearvojen ylitysten osuudet (Valmari ym. 2007). Vuode 2006 tutkimuksen ja tämän selvityksen tuloksien erot ovat vain muutamia prosenttiyksikköjä. Jotta vuoden 2006 tutkimuksen osuudet olisivat vertailukelpoisia tämän selvityksen kanssa, mukaan on otettu vain korkean radonpitoisuuden kuntien päiväkodit. Vuoden 2006 näiden kuntien lukumäärä (88 kpl) poikkeaa tämän selvityksen aikaisesta korkean radonpitoisuuden kuntien määrästä (61 kpl).

Taulukko 5. Toimenpidearvojen ylitykset tässä tutkimuksessa verrattuna vuoden 2006 tutkimukseen.

	Päiväkoteja, kpl	Päiväkoteja, joissa ainakin yksi mittaustulos ylittää	
		200 Bq/m <sup>3</sup>	400 Bq/m <sup>3</sup>
Tämä tutkimus 2014 - 2015	482	13 %	4 %
Vuoden 2006 tutkimus, korkean radonpitoisuuden kunnat *	86	12 %	2 %

\* Suomessa oli 88 korkean radonpitoisuuden kuntaa vuonna 2006.

#### 5.4 STUKin päiväkodeille antamat määräykset, joilla radonaltistumisen suuruutta tarkennetaan tai altistumista rajoitetaan

Toimenpidearvon ylittäneille päiväkodille annettiin määräyksiä riippuen mitatusta sisäilman radonpitoisuudesta. Päiväkodeille (N=10), joissa radonpitoisuus jossakin mittauspisteessä oli 400–500 Bq/m<sup>3</sup>, määrättiin tehtäväksi uusi mittaus heti kesälomakauden jälkeen elokuussa 2015 radonpitoisuuden vuodenaikaisvaihtelun selvittämiseksi. Radonpitoisuus on useimmiten kesällä jonkin verran pienempi kuin talvella. Lämmityskaudella ja kesällä tehtyjen mittausten tulosten perusteella voidaan tarkemmin arvioida, ylittääkö radonpitoisuuden vuosikeskiarvo toimenpidearvon 400 Bq/m<sup>3</sup>.

Päiväkodeille (N=9), joissa radonpitoisuus jossakin mittauspisteessä oli 500–2000 Bq/m<sup>3</sup>, määrättiin selvittämään työnaikainen radonpitoisuus jatkuvasti pitoisuutta rekisteröivällä mittalaitteella. Työnaikaisen radonpitoisuuden selvittäminen vähintään seitsemän päivää kestävällä mittauksella on suositeltavaa, jos koneellinen ilmanvaihto mittauspisteessä ei ole jatkuvasti päällä, tai jos koneellisen ilmanvaihdon tehoa säädetään suuremmalle ja pienemmälle oleskeluaikojen mukaan. Vaihtoehtoisesti toiminnanharjoittaja määrättiin ryhtymään toimenpiteisiin radonpitoisuuden alentamiseksi. Mahdollisten korjaustoimenpiteiden onnistuminen on varmistettava vähintään kaksi kuukautta kestävällä radonpurkkimittauksella marras-huhtikuun välisenä aikana

Yhdelle päiväkodille, jonka radonpitoisuus mittauspisteessä ylitti 2000 Bq/m<sup>3</sup>, määrättiin heti ryhtymään korjaustoimenpiteisiin radonpitoisuuden alentamiseksi. Korjaustoimenpiteiden onnistuminen on varmistettava vähintään kaksi kuukautta kestävällä radonpurkkimittauksella marras-huhtikuun välisenä aikana.

#### 5.5 Päiväkotien työntekijöiden lukumäärä

Päiväkotien työntekijämäärät pyydettiin ilmoittamaan mittauspisteittäin (Liite 1). Työntekijöiden määrää ei kuitenkaan ilmoitettu johdonmukaisesti. Joidenkin päiväkotien osalta päiväkodit ilmoittivat erikseen jokaisessa mittauspisteessä työskentelevien henkilöiden lukumäärän. Toiset päiväkodit taas ilmoittivat jokaisen mittauspisteen kohdalla päiväkodin kaikkien työntekijöiden lukumäärän. Tämän takia työntekijämäärien esittäminen ei ole mahdollista mittauspisteittäin eikä myöskään päiväkodeittain. Päiväkodin työntekijämääriä voidaan kuitenkin arvioida käyttämällä ilmoitettujen työntekijämäärien keskiarvoa.

Taulukossa 6 päiväkotien työntekijämääriä on esitetty päiväkodissa tehtyjen mittausten lukumäärän mukaan. Useita mittauksia tehneiden päiväkotien osalta työntekijämäärät on todennäköisesti ilmoitettu mittauspisteittäin. Näiden päiväkotien työntekijämäärät ovat nimittäin pienimpiä, vaikka suuri mittausten määrä viittaa myös suureen päiväkodin kokoon, jolloin myös työntekijöitä tulisi olla paljon. Vähemmän mittauksia tehneiden päiväkotien osalta moni ilmoitettu työntekijämäärä on todennäköisesti koko päiväkodin työntekijämäärä, mikä nostaa näiden päiväkotien työntekijämäärien keskiarvoja.

Kaikkien päiväkotien keskimääräinen työntekijämäärä oli viisi henkilöä. Kun otetaan lisäksi huomioon, että korkean radonpitoisuuden kuntien alueella tunnistettiin kaikkiaan 945 päiväkotia, on radonalttiilla alueilla päiväkodeissa työskentelevien määrä merkittävä.

Taulukko 6. Päiväkotien työntekijämäärät tehtyjen mittausten lukumäärän mukaan.

Mittauksia per päiväkotia	Päiväkoteja, kpl*	Päiväkotien työntekijämäärien**		
		keskiarvo	maksimi	minimi
1	221	5	60	1
2	81	7	29	1
3	44	5	26	1
4	15	6	15	2
5	1	3	3	3
6	5	3	4	3
9	1	3	3	3
<b>Kaikki päiväkodit*</b>	368	5	60	1

\* Mukana vain päiväkodit, joiden osalta työntekijämäärä oli ilmoitettu.

\*\* Päiväkodin työntekijämäärää kuvaavana muuttujana käytettiin eri mittauspisteissä ilmoitettujen työntekijämäärien keskiarvoa.

## 5.6 Lasten lukumäärä toimenpidearvon ylittäneissä päiväkodeissa

Niitä päiväkoteja, joissa toimenpidearvo  $400 \text{ Bq/m}^3$  ylittyi yhdessäkin mittauspisteessä, pyydettiin ilmoittamaan hoidossa olevien lasten lukumäärä. Lukumäärä oli yhteensä 599 vaihdellen välillä 6–90. Jos päiväkotia ilmoitti, että toimenpidearvo oli ylittynyt sellaisessa mittauspisteessä, jossa lapset eivät oleskele (kaksi päiväkotia), kyseisen päiväkodin lapsilukumäärää ei otettu huomioon. Säteilyannos kertyy ihmiselle koko eliniän ajan, joten on tärkeää, että lapsia suojellaan radonaltistukselta.

## 5.7 Radonpitoisuuden riippuvuus ilmanvaihtotavasta

Ilmanvaihtotavan ja radonpitoisuuden välisen yhteyden selvittämiseen käytettiin yksittäisiä mitaustuloksia, koska osalla päiväkodeista ilmanvaihtotavat vaihtelivat mittauspisteiden välillä. Lisäksi osa päiväkodeista oli ilmoittanut ilmanvaihtotavan vain joidenkin mittauspisteiden osalta.

Ilmanvaihtotapa saatiin tietoon 609 mittauspisteestä (taulukko 7). Ilmanvaihtojärjestelmistä selvästi yleisin oli koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä (84 % aineistosta). Radonpitoisuuden keskiarvo ja mediaani olivat myös pienimpiä mittauspisteissä, joissa oli käytössä tämä ilmanvaihtotapa. Painovoimaisella ilmanvaihtojärjestelmällä ja koneellisella poistoilmanvaihtojärjestelmällä varustettujen mittauspisteiden radonpitoisuudet sen sijaan eivät juuri eronneet toisistaan.

Taulukko 7. Mittauspisteiden radonpitoisuus ilmanvaihtojärjestelmän mukaan.

Ilmanvaihtojärjestelmä	Mittaustuloksia, kpl	Radonpitoisuuden	
		Keskiarvo $\text{Bq/m}^3$	Mediaani $\text{Bq/m}^3$
<b>Painovoimainen</b>	43	144	72
<b>Koneellinen poisto</b>	53	124	70
<b>Koneellinen tulo ja poisto</b>	513	65	21

Radonpitoisuudessa havaittiin tilastollisesti erittäin merkitsevä ero ilmanvaihtotapojen välillä ( $p < 0.05$ ). Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä erosi radonpitoisuuden osalta erittäin merkitsevästi niin painovoimaisesta ilmanvaihtojärjestelmästä ( $p < 0.0001$ ) kuin koneellisesta poistoilmanvaihtojärjestelmästäkin ( $p < 0.05$ ). Viimeksi mainittujen ilmanvaihtotapojen välillä sen sijaan ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ( $p = 0.13$ ). Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän mittauspisteistä 2 % ylitti toimenpidearvon  $400 \text{ Bq/m}^3$ . Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän ja painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän osalta toimenpidearvon ylitysten osuudet olivat 6 % ja 7 %.

## 6 Johtopäätökset

Tämän selvityksen perusteella korkean radonpitoisuuden kunnissa sijaitsevien päiväkotien sisäilman radonpitoisuuden keskiarvo oli 81 Bq/m<sup>3</sup> ja mediaani 33 Bq/m<sup>3</sup>. Sisäilman radonpitoisuus mitattiin kaikkiaan 482 päiväkodissa. Vaikka selvityksen päiväkodit sijaitsivat radonaltiilla alueilla, niiden keskimääräinen radonpitoisuus oli pienempi kuin suomalaisten asuinrakennusten keskimääräinen sisäilman radonpitoisuus 109 Bq/m<sup>3</sup>. Myös muiden suomalaisten julkisten tilojen (esim. sairaalat, vanhainkodit), jotka on mitattu STUKin radonmittauspurkeilla 1.11.2014–30.4.2015 (mittauksia 417), keskimääräinen sisäilman radonpitoisuus oli korkeampi: 101 Bq/m<sup>3</sup>. Korkean radonpitoisuuden kuntien päiväkotien radontilanne on siis yleisesti ottaen hyvä. Toimenpidearvo 400 Bq/m<sup>3</sup> ylittyi 17 päiväkodissa ainakin yhden mittauksen osalta. STUK on antanut määräyksiä radonaltistuksen tarkentamiseksi tai pienentämiseksi niille päiväkodeille, joissa toimenpidearvo ylittyi.

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä oli sisäilman radonin torjunnan kannalta paras ilmanvaihtotapa. Radonpitoisuudet olivat tällä ilmanvaihtojärjestelmällä varustetuissa mittauspisteissä matalampia kuin mittauspisteissä, joissa oli käytössä koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä tai painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä.

## 7 Kirjallisuus

Darby S, Hill D, Deo H. ym. 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. *Scand J Environ Health* 2006;32:1-84.

Dunn O. J. Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics* 1964;6:241–252.

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 T. Indoor occupancy and radon exposure in Finland. Kirjassa: *The Natural Radiation Environment VII. Seventh International Symposium on the Natural Radiation Environment, Rhodes, Greece, 20 – 24 May, 2002. Radioactivity in the Environment. Elsevier* 2005: 687 – 693.

Paile W (toim.). Säteilyn terveysvaikutukset. Säteily- ja ydinturvallisuus –kirjasarja 4. Helsinki: Säteilyturvakeskus 2002.

ST 12.1. Säteilyturvallisuus luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa. Helsinki: Säteilyturvakeskus 2011: 16 s.

Suomen virallinen tilasto (SVT): Työvoimatutkimus [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-7830. Työllisyys ja työttömyys 2014, 3 Työajat vuonna 2014. Helsinki: Tilastokeskus.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Lasten päivähoito 2013. Tilastoraportti 33/2014.

Valmari T, Arvela H, Reisbacka H. Päiväkotien radonkartoitus. STUK-A-221. Helsinki: Säteilyturvakeskus 2007.

Van Hecke T. Power study of anova versus Kruskal-Wallis test. *Journal of Statistics and Management Systems* 2012;15:241-247.

Ympäristöministeriö. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2.

## Liite 1. Säteilyturvakeskuksen lomake työpaikan radonmittaukseen.



PL 14, 00881 HELSINKI  
Puh. (09) 759881

### TYÖPAIKAN RADONMITTAUS

Täyttöohjeet lomakkeen kääntöpuolella

#### TOIMINNANHARJOITTAJAN YHTEYSTIEDOT

(Tulokset lähetetään sekä radonmittauksen tilaajalle että toiminnanharjoittajalle)

1. Toiminnanharjoittaja
2. Lähiosoite
3. Postinumero ja -toimipaikka
4. Yhteyshenkilö
5. Puhelinnumero
6. Sähköpostiosoite

#### MITTAUSTIEDOT

7. Purkin numero

STUK TÄYTTÄÄ	

8. Aloituspäivämäärä

 -  - 

9. Lopetuspäivämäärä

 -  - 

10. Onko mitattu aiemmin?

 Ei  
 Kyllä

Ajankohta tai purkin numero:

#### TARKASTUSKOHDDE

11. Kohteen nimi
12. Lähiosoite
13. Postinumero ja -toimipaikka
14. Sijaintikunta

#### TYÖNTEKIJÄT

21. Työntekijöiden lukumäärä mittauspisteessä

Ei työntekijöitä

22. Työaika (tuntia/työntekijä)

 vuorokaudessa tai  
 kuukaudessa tai  
 vuodessa

#### MITTAUSPISTE (Jos mitattu aiemmin, käytetään samaa nimeä)

15. Mittauspisteen (huoneen) nimi	
16. Mittauspisteen tyyppi	
<input type="checkbox"/> Toimisto	<input type="checkbox"/> Varasto
<input type="checkbox"/> Teollisuustila	<input type="checkbox"/> Yleisötila
<input type="checkbox"/> Huolto- tai laitetila	
<input type="checkbox"/> Muu, mikä?	<input type="text"/>
17. Ilmanvaihto	
<input type="checkbox"/> Painovoimainen	<input type="checkbox"/> Koneellinen poisto
	<input type="checkbox"/> Koneellinen tulo ja poisto
18. Koneellinen ilmanvaihto toiminnassa	
<input type="text"/> tuntia vuorokaudessa	<input type="text"/> päivänä viikossa
19. Mittauspisteen sijainti	
<input type="checkbox"/> Maan päällä, kerros	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Osittain maan alla	
<input type="checkbox"/> Kokonaan maan alla	
20. Lattia tai seinä rajoittuu maaperään?	
<input type="checkbox"/> Kyllä	<input type="checkbox"/> Ei

#### RADONKORJAUKSET

23. Onko radonpitoisuutta pyritty pienentämään?

 Ei  
 Kyllä

24. RADONKORJAUSTOIMENPITEET

(rakennuksen valmistuksen jälkeen)

- Asennettu radonimuri (imu istaan alta)\*  
 Tehty radonkaivo talon ulkopuolelle\*  
 Rakenteita tiivistetty (esim. lattialaatan ja seinän välinen rako, läpivientejä)  
 Tehty ilmanvaihtotoimenpiteitä  
 Muu, mikä?

\* Ilmoittakaa vain, jos poistopuhallin on ollut mittauksen aikana päällä.

Kiitos vaivannäöstä!

Tarkistattehan vielä, että aloitus- ja lopetuspäivät ovat täytetty.

KÄÄNNÄ

