

STUK-A221 / HUHTIKUU 2007

A

Päiväkotien radonkartoitus

T. Valmari, H. Arvela, H. Reisbacka

PÄIVÄKOTIEN RADONKARTOITUS

T. Valmari, H. Arvela, H. Reisbacka

Tässä raporttisarjassa esitetyt johtopäätökset ovat tekijöiden johtopäätöksiä, eivätkä ne välttämättä edusta Säteilyturvakeskuksen virallista kantaa.

ISBN 978-952-478-206-7 (nid.)

ISBN 978-952-478-207-4 (pdf)

ISSN 0781-1705

Edita Prima Oy, Helsinki, 2007

Myynti:

STUK – Säteilyturvakeskus

PL14, 00881 Helsinki

Puh. (09) 759881

Faksi (09) 75988500

VALMARI Tuomas, ARVELA Hannu, REISBACKA Heikki. STUK-A-221. Päiväkotien radonkartoitus. Helsinki 2007, 34 s + liitteet 11 s.

Avainsanat radon, sisäilma, päiväkodit

Tiivistelmä

Säteilyturvakeskus suoritti valtakunnallisen kunnallisten päiväkotien radonkartoitushankkeen yhdessä kunnallisten päiväkotien ja paikallisten ympäristöterveysviranomaisten kanssa. Kaikkiaan 367 kunnallisen päiväkodin radonpitoisuus mitattiin keväällä 2006. Kartoituksessa painotettiin erityisesti uusia rakennuksia, puolet tutkituista rakennuksista on valmistunut 1990- tai 2000-luvulla.

Keskimääräinen radonpitoisuus oli 52 Bq/m^3 , joka on alle puolet suomalaisten asuinrakennusten keskimääräisestä pitoisuudesta 120 Bq/m^3 . Tutkitujen, keskimääräistä uudempien päiväkotien radontilanne on siis yleisesti ottaen hyvä. Kahden eri huoneissa tehdyn mittauksen keskiarvo ylitti 11 päiväkodissa nykyisten rakennusmääräysten mukaisen uusien rakennusten suunnittelun ohjearvon 200 Bq/m^3 . Kaikkien näiden rakennusten perustamistapana oli perusmuuri ja maanvarainen laatta. Kolmessa päiväkodissa (1 %) radonpitoisuus ylitti 400 Bq/m^3 ainakin toisessa mittauspisteistä. Vuosina 1992 – 2005 suoritetuissa päiväkotien radonvalvontamittauksissa 400 Bq/m^3 ylitysten osuus on ollut paljon suurempi (13 %). Valvontamittauksia on suoritettu erityisesti niissä kunnissa, jotka ovat velvoitettuja työpaikkojen radonvalvontaan.

Radonpitoisuudet olivat suurimpia perusmuurille ja maanvaraiselle laatalle perustetuissa rakennuksissa, keskimäärin 65 Bq/m^3 . Perustamistavan ongelmana on, että maaperän radonpitoinen huokosilma pääsee kulkeutumaan rakennukseen sokkelin ja laatan liitoskohdasta sekä laatan tiivistämättömistä läpivienneistä. Pienempiä radonpitoisuuksia on saavutettu reunajäykistetyllä laatalle, joka on yhtenäinen rakenne. Kaikkein pienimmät pitoisuudet olivat ryömintätilaisissa päiväkotirakennuksissa, keskimäärin 20 Bq/m^3 ja korkeinkin pitoisuus vain 64 Bq/m^3 .

Radonpitoisuudet olivat suurimpia 1980- ja 1990-luvuilla valmistuneissa päiväkotirakennuksissa, joista peräti neljä viidesosaa perustettiin maanvaraiselle laatalle. Uusimmissa rakennuksissa pitoisuudet ovat pienempiä. Tähän on vaikuttanut maanvaraisen laatan rakennusten osuuden pienentyminen 65 prosenttiin. Tilalle ovat tulleet ryömintätilaiset rakennukset, joita oli yli neljäsosa tutkituista 2000-luvun rakennuksista. Myös maanvaraisen laatan rakennusten radonpitoisuudet ovat pienentyneet yleistyneiden radonin torjunta-

toimenpiteiden johdosta. Joka viidennessä 2000-luvun maanvaraisen laatan rakennuksessa oli käytössä radonimuri, jonka avulla saadaan lattialaatan alle alipaine ja näin ehkäistään radonpitoisen ilman kulkeutuminen laatan alta sisätiloihin.

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä on syrjäyttänyt muut ilmanvaihtotavat, mikä on myös osaltaan pienentänyt päiväkotien radonpitoisuuksia. Tällä tekniikalla toteutettujen päiväkotien keskimääräinen radonpitoisuus oli 47 Bq/m³, koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän päiväkotien 62 Bq/m³ ja painovoimaiseen ilmanvaihtoon turvautuvien rakennusten peräti 127 Bq/m³.

VALMARI Tuomas, ARVELA Hannu, REISBACKA Heikki. STUK-A-221. Radon survey in Finnish day care centres. Helsinki 2007, 34 pp + appendices 11 pp.

Keywords radon, indoor air, day care centre

Abstract

A national day care centre radon survey was carried out in Finland during spring 2006. The campaign was focused on new buildings; about half of the studied 367 day care buildings were built after 1989. The average radon concentration, measured with passive track-etch detectors, was 52 Bq/m³, being less than half of the average radon concentration of dwellings in Finland. The radon situation of the studied day care centres was in general sufficient.

The average of the two concentrations measured in different rooms of the dwelling was higher than 200 Bq/m³ in 11 day care buildings (3%). All of them had a slab-on-ground foundation. Three buildings (1%) had a concentration of above 400 Bq/m³ in at least one of the two rooms measured.

On the average, the slab-on-ground buildings had the highest radon concentrations, 65 Bq/m³. The problem with this foundation type is that the radon-carrying soil air may enter the house via the gap between the footing and the slab, as well as through the unsealed lead-ins through the slab. Buildings with a crawl space construction had the lowest radon concentrations, the average being 20 Bq/m³, and the highest 64 Bq/m³.

The newly-built day care buildings had lower radon concentrations as compared to those built during 1980–1999. This is partly due to the crawl space construction becoming more common. Also, the radon prevention actions in the new slab-on-ground buildings have been effective. One out of five of the slab-on-ground day care buildings constructed in 2000s had a sub-slab depressurisation system in function.

Other ventilation methods have been superseded by the mechanical supply and exhaust ventilation, which has also contributed to the decreased radon concentrations in day care buildings

Sisällysluettelo

| | |
|---|----|
| Tiivistelmä | 3 |
| Abstract | 5 |
| Alkusanat | 7 |
| 1 Johdanto | 8 |
| 2 Sisäilman radonpitoisuus | 10 |
| 2.1 Perustaminen | 10 |
| 2.2 Muut radonlähteet | 12 |
| 2.3 Ilmanvaihto | 12 |
| 2.4 Radonpitoisuuden ajallinen vaihtelu | 13 |
| 3 Tutkimusaineisto ja menetelmät | 14 |
| 4 Tulokset | 16 |
| 4.1 Osallistuminen ja aineisto | 16 |
| 4.2 Toimenpidearvojen ylitykset | 17 |
| 4.3 Sijaintikunnan radontilanteen vaikutus päiväkodin radonpitoisuuteen | 18 |
| 4.4 Radonpitoisuus ja rakentamisajankohta | 19 |
| 4.5 Perustamistavan vaikutus radonpitoisuuteen | 20 |
| 4.6 Ilmanvaihtotavan vaikutus radonpitoisuuteen | 24 |
| 4.7 Muiden tekijöiden vaikutus radonpitoisuuteen | 28 |
| 4.8 Pitoisuuserot päiväkodin eri osien välillä | 29 |
| 5 Johtopäätökset | 32 |
| Viitteet | 33 |
| Liite 1 Rakennustietolomake | 35 |
| Liite 2 Päiväkoteihin toimitettu saatekirje ja mittauslomake | 37 |
| Liite 3 Kyselylomakkeen tietoja | 39 |

Alkusanat

Tässä raportissa esitellään tulokset Säteilyturvakeskuksen, paikallisten ympäristöterveysviranomaisten ja kunnallisten päiväkotien suorittamasta valtakunnallisesta radonkartoituksesta. Aikaisemmin on työpaikkojen radonvalvontamittauksia suoritettu erityisesti alueilla, joissa korkeat radonpitoisuudet ovat tavallista yleisempiä. Tällä tutkimuksella halusimme saada kattavan ja edustavan kuvan koko maan päiväkotien tilanteesta.

Ohjeistus pientalon radonturvallisen perustamisen toteuttamiseksi on ollut olemassa 1990-luvulta lähtien. Nykyisten rakennusmääräysten mukaan on rakennuspaikan radonriskit otettava huomioon rakennuksen suunnittelussa ja toteuttamisessa. Nyt valmistuneessa radonkartoituksessa painotettiin uusia päiväkotirakennuksia, jotta nykyisin vallitsevan rakentamistavan vaikutus radonpitoisuuteen tulisi selkeästi esille.

Haluamme kiittää kuntien ja kuntayhtymien ympäristöterveys- ja muita viranomaisia sekä päiväkotien henkilökuntaa. Heidän osuutensa mittauskohteiden valinnassa, mittausten suorittamisessa sekä päiväkotien rakennustietojen selvittämisessä on ollut tutkimuksen kannalta korvaamatonta.

1 Johdanto

Päiväkotirakennuksia käyttää suuri joukko suomalaisia. Kuntien järjestämässä päivähoitossa oli vuoden 2005 lopussa noin 186 100 lasta. Heistä 131 100 oli päiväkodeissa ja 55 000 perhepäivähoitossa. Yksityisessä päivähoitossa oli noin 15 400 lasta (Stakes 2006). Päiväkodeissa työskentelee noin 33 000 henkilöä (Koskela ym., 2002). Suomessa oli vuonna 2004 kunnallisia päiväkoteja 2 204 ja yksityisiä päiväkoteja 603 (Niemelä ja Salminen 2006).

Radon aiheuttaa maassamme noin 300 keuhkosityöpää vuodessa. Pääosa radonaltistuksesta saadaan asunnossa, mutta myös työpaikalla tapahtuvalla altistuksella on merkitystä. Säteilyturvakeskuksen otantatutkimuksen mukaan suomalaiset viettivät työssä, koulussa tai julkisissa rakennuksissa 14 % ajastaan. Radonpitoisuuden keskiarvo työpaikoilla oli ympärivuorokautisessa mittauksessa 60 Bq/m³ (Mäkeläinen ym. 2005). Keskimääräinen radonpitoisuus työaikana oli 30 Bq/m³, kun oletetaan Annanmäki ym. (1996) tekemiin mittauksiin perustuen työnaikaisen pitoisuuden olevan puolet ympärivuorokautisesta pitoisuudesta.

Työpaikan radonpitoisuus tulee selvittää niillä alueilla, joissa pientaloissa mitatuista radonpitoisuuden vuosikeskiarvoista vähintään 10 % ylittää arvon 400 Bq/m³ (ST-ohje 12.1, 2000). Tällaisia kuntia oli 88 kappaletta vuonna 2006. Lisäksi radonpitoisuus tulee mitata koko maassa työpaikoilla, jotka sijaitsevat harjuilla tai muilla hyvin ilmaa läpäisevillä sora- tai hiekkamuodostumilla. Säteilyasetuksen (1512/1991) perusteella hengitysilman radonpitoisuuden toimenpidearvo on 400 Bq/m³ työpaikalla, jolla työskennellään säännöllisesti. Radonpitoisuudella tarkoitetaan työnaikaisen radonpitoisuuden vuosikeskiarvoa.

Päiväkotien radonpitoisuuksia on mitattu vuodesta 1992 osana työpaikkojen radonvalvontaa. Säteilyturvakeskuksen tiedossa olevista 443 mitatusta päiväkodista 13 prosentissa on ympärivuorokautinen radonpitoisuus ainakin yhdessä mittauspisteessä ollut yli 400 Bq/m³. Tarvittaessa radonpitoisuutta on alennettu korjauksin, mutta usein on voitu kesäaikaan tehdyn tarkistusmittauksen tai talvella tehdyn jatkuvatoimisen mittauksen avulla osoittaa, että työnaikaisen radonpitoisuuden vuosikeskiarvo ei ylitä toimenpidearvoa 400 Bq/m³.

Nykyiset rakentamismääräykset asettavat uusien rakennusten radonpitoisuudelle tiukemman rajoituksen. Suomen rakentamismääräyskokoelmassa uusien rakennusten suunnittelun ohjearvoksi esitetään, että radonpitoisuuden vuosikeskiarvo saa olla enintään 200 Bq/m³ (RakMk D2, 2003). Sisäilmasto- luokitus 2000 (RT 07-10741, 2001) asettaa sisäilman radonpitoisuudelle tavoitearvon 100 Bq/m³ luokissa S1 ja S2 sekä 200 Bq/m³ luokassa S3.

Asuntojen radonpitoisuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä on Suomessa tutkittu 1980-luvulta alkaen. Vuosina 1990 – 1991 tehtiin laaja tilastolliseen

otantaan perustuva tutkimus, jossa yli 3 000 suomalaiskodin radonpitoisuus mitattiin vuoden ajan (Arvela ym. 1993). Keskimääräinen radonpitoisuus suomalaisissa kerrostaloasunnoissa oli 82 Bq/m^3 ja pientaloasunnoissa 145 Bq/m^3 . Arviolta 18 % pientaloista ja 1,6 % kerrostaloasunnoista on radonpitoisuus yli 200 Bq/m^3 (Arvela ym. 1993). Säteilyturvakeskuksen tekemien radonmittausten tulokset kootaan tietokantaan. Suomen radonkartastossa esitetään mm. kuntakohtaiset tunnusluvut radonin esiintymisestä 51 700 pientaloasunnon ja kerrostalojen 1. kerroksen asunnon mittaustietojen perusteella (Voutilainen ym. 1997a).

Tässä raportissa esitetyn valtakunnallisen kunnallisten päiväkotien radonkartoitushankkeen Säteilyturvakeskus suoritti yhdessä kunnallisten päiväkotien ja paikallisten ympäristöterveysviranomaisten kanssa. Kartoituksessa painotettiin erityisesti uusia rakennuksia, jotta nähtäisiin mihin suuntaan radontilanne on päiväkotien osalta kehittymässä. Pientaloasuntojen kohdalla on radonpitoisuuksien havaittu kasvaneen viime vuosisadan loppupuolella rakennusten perustamistavan muuttumisen myötä.

2 Sisäilman radonpitoisuus

Maaperässä ja kiviaineksessa oleva uraani hajoaa radioaktiivisesti tuottaen usean välivaiheen kautta radonia. Radon on kaasumainen aine, joten se vähitellen kulkeutuu diffuusion seurauksena maaperän huokosilmaan. Rakennuksen ja ulkoilman välinen lämpötilaero sekä koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän aiheuttama alipaine imevät huokosilmaa pohjarakenteissa olevien vuotoreittien kautta sisätiloihin. Tyypillisiä radonin kulkeutumisreittejä ovat lattialaatan ja sokkelin sauma sekä tiivistämättömät läpiviennit. Maaperän huokosilman radonpitoisuus on tyypillisesti 20 000 – 100 000 Bq/m³, joten pienikin vuotoilmavirtaus riittää kohottamaan sisäilman radonpitoisuutta merkittävästi.

Myös maalajin karkeudella on huomattava merkitys. Tiiviille savimaalle rakennetuissa taloissa radonpitoisuudet ovat pienempiä kuin karkealle soraharjulle rakennetuissa, koska huokosilma pääsee helpommin kulkeutumaan karkean maaperän läpi. Rakennuspaikalle tuotava täyttösora tuottaa myös radonia, mutta yleensä sen osuus on selvästi pienempi kuin varsinaisen maaperän tuottaman radonin. Täyttösora lisää kuitenkin sisäilman radonpitoisuutta välillisesti, koska maaperän huokosilman on helpompi kulkeutua karkean soran kuin tiiviin saven läpi.

Korkeita radonpitoisuuksia voi löytyä kaikkialta Suomesta, mutta eniten niitä on Etelä-Suomen läänissä ja Pirkanmaalla. Näillä alueilla sijaitsee noin 80 % kaikista Suomen 70 000:sta asunnosta, joiden radonpitoisuus ylittää 400 Bq/m³ (Voutilainen ym. 1997b). Itä-Uudellamaalla ja Kymenlaaksossa pitoisuuksia kohottaa kallio- ja maaperän korkea uraanipitoisuus. Pirkanmaalla puolestaan kohonneita pitoisuuksia esiintyy erityisesti harjualueille ja muille läpäiseville maalajeille perustetuissa taloissa.

2.1 Perustaminen

Radonpitoisuudet ovat pienimpiä niissä pientaloasunnoissa, jotka on varustettu tuulettuvalla alapohjalla eli ryömintätilalla (Taulukko 1). Ryömintätilan tuuletus ulkoilmalla laimentaa rakennuspohjan ilmavirtausten radonpitoisuutta. Näissä taloissa voi esiintyä kohonneita radonpitoisuuksia, jos alapohjan ilmanvaihto on vähäinen ja alapohjarakenteessa on tiivistämättömiä liitoskohtia ja läpivientejä.

Myös maanvaraisella reunajäykistetyllä laatalla on saavutettu pieniä radonpitoisuuksia. Kyseessä on yhtenäinen rakenne, jossa ei ole rakennusosien välisiä saumakohtia. Radonin torjunnan kannalta on oleellista, että alapohjarakenteiden läpiviennit on tiivistetty.

Taulukko 1. Pientalojen perustamistavan vaikutus radonpitoisuuteen vuosina 1990 – 1991 suoritetun otantatutkimuksen perusteella (Arvela ym. 1993).

| Perustustapa Perusmuurin rakennusmateriaali Tyypillinen rakennusvuosi ¹⁾ | Osuus kaikista pientaloista (%) | Radonpitoisuuden geometrinen ja aritmeettinen keskiarvo | | Osuus kaikista 400 Bq/m ³ ylittävistä pientaloista (%) |
|--|--|--|--------------------------------|---|
| | | Geom. (Bq/m ³) | Aritm. (Bq/m ³) | |
| Maanvarainen laatta, ei kellaria, perusmuuri valubetonia, 1969–1984 | 34 | 117 | 174 | 42 |
| Maanvarainen laatta, ei kellaria, perusmuuri kevytsoraharkoista, 1983–1988 | 8 | 168 | 230 | 18 |
| Maanvarainen reunajäkistetty laatta ²⁾ , ei kellaria, 1973–1983 | 9 | 81 | 102 | 1 |
| Tuulettuva alapohja eli ryömintätila, 1928–1955 | 15 | 77 | 114 | 7 |
| Kellarillinen talo, ovi ja portaat kellariin tai käynti ulkokautta, 1952–1967 | 27 | 80 | 123 | 16 |
| Rinnetalo, perusmuuri betonia, avoin portaikko alimpaan kerrokseen, 1960–1979 | 4 | 147 | 250 | 10 |
| Rinnetalo, perusmuuri kevyt- soraharkoista, avoin portaikko alimpaan kerrokseen, 1978–1988 | 3 | 184 | 280 | 6 |
| Kaikki pientalot | 100 | 98 | 145 | 100 |

¹⁾ Pientalokannan rakennusvuoden jakauman 25 % ja 75 % kvartiilit vuonna 1990

²⁾ Reunajäkistetyn laatan tunnistaminen on kyselylomakkeen vaikeimpia kohtia ja asunnot kuuluvatkin osaksi aikaisempiin sokkelilla ja erillisellä maanvaraisella laatala varustettuihin taloihin. 400 Bq/m³ ylittävissä taloissa valinta on tarkastettu.

Radonpitoisuudet ovat olleet suurimpia taloissa, joissa on perusmuuri ja maanvarainen laatta. Radonpitoinen ilma pääsee kulkeutumaan rakennukseen erityisesti laatan ja seinärakenteiden välisestä raosta sekä lattialaatan läpivienneistä. 1950- ja 1960-luvuilla rakennettiin taloihin yleensä kellari. Kellarin erillinen ilmanvaihto vähentää radonpitoisen ilman kulkeutumista oleskelutiloihin, jos välissä on ovi tai kulku kellariin tapahtuu ulkokautta. Kellaritörmien, perusmuurille ja maanvaraiselle laatalle perustettujen rakennusten yleistymisen on aiheuttanut sen, että radonpitoisuudet 1980-luvulla rakennetuissa taloissa ovat suurempia kuin vanhemmissa rakennuksissa (Arvela ym. 1993). Radonpitoisuudet ovat olleet erityisen suuria rinteelle rakennetuissa taloissa, joissa on maanvastaisia seiniä. Seinien läpi tihkuu radonia rinnetalon

alimpaan kerrokseen, josta sitä ilmanvaihdon mukana kulkeutuu edelleen ylempiin kerroksiin.

Maanvaraiselle laatalle perustettaessa on syytä estää radonpitoisen huokosilman pääsy rakennukseen. Tähän on annettu ohjeet rakennustietokortissa RT 81-10791 (2003). Laatan ja sokkelin välinen liitos sekä laatan läpiviennit on tiivistettävä. Lisäksi laatan alle tulee asentaa varmuustoimenpiteenä imuputkisto. Jos rakennuksen käyttöönoton jälkeen mitattu radonpitoisuus ylittää 200 Bq/m^3 , otetaan imuputkisto käyttöön asentamalla järjestelmään poistopuhallin. Tällä tavalla saadaan lattialaatan alle alipaine, joka vähentää tai jopa pysäyttää ilman virtauksen maaperästä asuntoon sekä alentaa vuotoilmavirtauksen radonpitoisuutta.

Radonpitoisuutta voidaan tarvittaessa alentaa myös jälkeensä tehtävin korjauksin. Tehokas menetelmä on radonimuri. Lattialaatan alta tapahtuva imu toteutetaan yhdestä tai useammasta pisteestä laatan tai sokkelin läpi asennettavan imuputken avulla (Arvela 1995).

2.2 Muut radonlähteet

Betoni ja muut kiveä sisältävät rakennusmateriaalit erittävät radonia. Betoni-elementeistä tehdyissä asuintaloissa rakennusmateriaalien aiheuttama radonpitoisuus on keskimäärin 70 Bq/m^3 . Puu on Suomessa yleisin pientalojen kantavien rakenteiden materiaali. Lattialaatta on kuitenkin usein betonista ja asuintaloissa se aiheuttaa radonpitoisuuden lisäyksen $10 - 30 \text{ Bq/m}^3$. Näitä lukuja ei voi sellaisenaan soveltaa päiväkotirakennuksiin, joissa radonin poistuminen rakennuksesta on nopeampaa kuin asuinrakennuksissa tehokkaamman ilmanvaihdon takia. Oletettavasti rakennusmateriaalien aiheuttama radonpitoisuus on päiväkotirakennuksissa selvästi pienempi kuin asuinrakennuksissa.

Talousvedessä olevaa radonia vapautuu huoneilmaan eniten astianpesukoneen, pyykinpesukoneen ja suihkun käytön yhteydessä. Porakaivovesissä esiintyy niin suuria radonpitoisuuksia, että veden käyttö voi oleellisesti lisätä sisäilman radonpitoisuutta. Suomessa keskimääräinen porakaivoveden radonpitoisuus 460 Bq/l (Vesterbacka ym. 2004) aiheuttaa yleisesti käytetyn arvion (UNSCEAR, 2000) mukaan asuinrakennuksen sisäilman radonpitoisuuteen noin 50 Bq/m^3 suuruisen lisäyksen.

2.3 Ilmanvaihto

Radon poistuu sisäilmasta ilmanvaihdon välityksellä. Mitä pienempi rakennuksen ilmanvaihtuvuus on, sitä hitaammin radon ja muut epäpuhtaudet poistuvat rakennuksesta. Asunnoissa suunnittelun lähtökohta on, että ilma vaihtuu

kerran kahdessa tunnissa, jolloin ilmanvaihtuvuus on $0,5 \text{ h}^{-1}$. Sisäilman radonpitoisuus on kääntäen verrannollinen ilmanvaihtuvuuteen, joten ilmanvaihtuvuuden kaksinkertaistaminen aiheuttaa radonpitoisuuden putoamisen puoleen alkuperäisestä, jos tehty muutos ei vaikuta rakennuksen alipaineisuuteen. Riittävä ilmanvaihtuvuus on siis eduksi radonin torjunnassa, mutta jo ennestään riittävän ilmanvaihtuvuuden kasvattaminen entisestään radonin poistamiseksi ei ole mielekäästä.

Päiväkotien lepohuoneissa sekä leikki- ja ryhmähuoneissa on ulkoilmavirtauksen ohjearvo sama kuin asuntojen asuintiloissa, eli $6 \text{ dm}^3/\text{s}$ henkilöä kohti (RakMK D2, 2003). Suuremman henkilömäärän vuoksi tarvitaan päiväkodeissa suurempaa ilmanvaihtuvuutta kuin asuinrakennuksissa. Tämän seurauksena on päiväkodin radonpitoisuus pienempi kuin muuten samanlaisessa asuinrakennuksessa.

Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä ei ole ilmanvaihtokonetta, vaan ilmavirtaukset perustuvat luonnollisiin lämpötilaerojen sekä tuulen aiheuttamiin paine-eroihin. Painovoimaisen ilmanvaihdon rakennuksissa jää ilmanvaihtuvuus usein pieneksi.

Koneellisessa ilmanvaihtojärjestelmässä on hyvän ilmanvaihtuvuuden lisäksi tärkeää, ettei järjestelmä kasvata asunnon alipaineisuutta liian suureksi. Voimakas alipaineisuus edistää radonpitoisen ilman virtausta asuntoon. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän avulla on rakennuksen alipaineisuus huomattavasti paremmin hallittavissa kuin poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Tulo- ja poistoilmavirtojen suhde tulee säätää siten, että rakennus on vain lievästi alipaineinen. Rakennuksen ylipaineistaminen ei ole sallittua kosteusvaurioriskin takia.

2.4 Radonpitoisuuden ajallinen vaihtelu

Radonpitoisuudet ovat yleensä talvella suurempia kuin kesällä, koska rakennuksen ja ulkoilman välinen lämpötilaero on tällöin suurin lisäten radonpitoisen ilman virtausta maaperästä rakennukseen. Samasta syystä pitoisuudet ovat yöllä suurempia kuin päivällä. Viralliset työpaikan radonmittaukset suoritetaan loka-huhtikuun välisenä aikana. Tarvittaessa voidaan kesäaikana suorittaa uusintamittaus radonpitoisuuden vuosikeskiarvon määrittämiseksi.

Koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän käyttö voi myös aiheuttaa radonpitoisuuden vaihtelua. Jos ilmanvaihtokone kytketään yön ja viikonlopun ajaksi pienemmälle teholle, voi radonpitoisuus kasvaa huomattavasti aikana, jolloin talossa ei oleskella. Tämä on ilmeisesti merkittävin syy siihen, että Annanmäki ym. (1996) havaitsivat jatkuvatoimisissa mittauksissa työnaikaisen radonpitoisuuden olevan puolet ympärivuorokautisesta pitoisuudesta.

3 Tutkimusaineisto ja menetelmät

Kuntien ja kuntayhtymien ympäristöterveysviranomaisille lähetettiin helmikuussa 2006 kutsu tutkimukseen. Mittauskohteeksi pyydettiin yksi päiväkotikunnista, joissa kunnallisia päiväkoteja on alle 10, kaksi päiväkotia, jos niitä on 10 – 49 tai kolme päiväkotia, jos niitä on kunnassa vähintään 50. Kuntien ja kuntayhtymien viranomaiset valitsivat tutkimukseen rakennusvuoden perusteella uusimmat kunnalliset päiväkodit kustakin kunnasta. Tutkimukseen ilmoitettiin 380 päiväkotia 301 kunnasta.

Radonmittaukset suoritettiin Säteilyturvakeskuksen radonmittauspurkin avulla. Purkit joko lähetettiin Säteilyturvakeskuksesta suoraan päiväkotiin, tai kunnallinen ympäristöterveydenhuolto toimitti ne perille. Radonmittausten kestoaika oli noin kaksi kuukautta. Ensimmäiset mittaukset aloitettiin 23.2.2006. Useimmissa tapauksissa mittaus aloitettiin maaliskuun alkupuolella ja lopetettiin toukokuun alkupuolella. Viimeiset 12 mittausta aloitettiin 1.4. – 2.5. välisenä aikana. Mittausten päätyttyä radonmittauspurkit palautettiin Säteilyturvakeskukseen analysoitaviksi.

Säteilyturvakeskuksen radonmittauspurkki on 2 cm korkea ja halkaisijaltaan 5 cm. Purkkien mukana lähetettiin ohjeet niiden sijoittamisesta. Purkit pyydettiin sijoittamaan eri puolelle päiväkotia tiloihin, joissa lapset ja henkilökunta oleskelevat paljon. Jos tiloja on kahdessa kerroksessa, tuli purkit sijoittaa eri kerroksiin. Purkit pyydettiin sijoittamaan korkeudelle, jonne lapset eivät ylety. Purkkeja ei saanut asettaa lähelle avattavaa ulko-ovea, ikkunaa tai raitisilmaventtiiliä, jotta puhdas ulkoa tuleva ilma ei vääristä mittaustulosta. Purkkeja ei myöskään saanut asettaa uuninreunukselle eikä betoni- tai kivitasolle, koska kivimateriaalien oma radontuotto saattaa kohottaa radonpitoisuutta pinnan välittömässä läheisyydessä.

Radonmittauspurkin sisällä on alfajälki-ilmaisimena toimiva polykarbonaattikalvo. Kalvoon osuessaan radonin ja sen hajoamistuotteiden emittoimat alfahiukkaset vaurioittavat kalvon rakennetta. Vauriokohdat saadaan näkyviksi jäljiksi sähkökemiallisella syövytyksellä eli etsauksella. Jälkien lukumäärän perusteella lasketaan radonpitoisuus mittauspisteessä. Koska radonmittauspurkki altistuu radonille ympärivuorokautisesti, ei tulos kerro juuri sitä radonpitoisuutta, jolle päiväkodin käyttäjät altistuvat työaikana. Radonpitoisuus on yleensä yöllä suurempi kuin päivällä, joten mittaustulos antaa hyvän yläarvion työnaikaisesta pitoisuudesta.

Päiväkotirakennusten teknisiä tietoja kysyttiin erillisellä rakennustietolomakkeella (Liite 1). Lomakkeen täytti yleensä joko päiväkodin henkilökunta, kunnan tai kuntayhtymän ympäristöterveysviranomainen tai kunnan kiinteis-

töistä vastaava viranomainen. Lisäksi radonmittauspurkkien mukana päiväkoiteihin toimitetussa mittauslomakkeessa kysyttiin päiväkodin käyttäjien arviota rakennuksen ilmanvaihdon tehokkuudesta (Liite 2).

Mitattuja päiväkotien radonpitoisuuksia verrattiin Säteilyturvakeskuksen radonmittaustietokannan 62 000 asuntomittauksen tuloksiin. Asuntomittaukset kertovat siitä, kuinka paljon alueella esiintyy enimmäisarvon ylityksiä. On kuitenkin huomattava, etteivät mittauskannan kuntakohtaiset keskiarvot ole täysin edustavia, koska mittauksia usein suoritetaan enemmän niissä osissa kuntaa, joissa on todettu esiintyvän korkeampia radonpitoisuuksia. Tuoreemmasta tietokannasta johtuen poikkeavat tässä työssä käytetyt kuntakeskiarvot hieman Voutilaisen ym. (1997a) julkaisemista lukuarvoista. Kunkin päiväkodin radonpitoisuuden vertailuarvona käytettiin saman kunnan alueella mitattujen pientaloasuntojen ja kerrostalojen 1. kerroksen asuntojen keskimääräistä radonpitoisuutta.

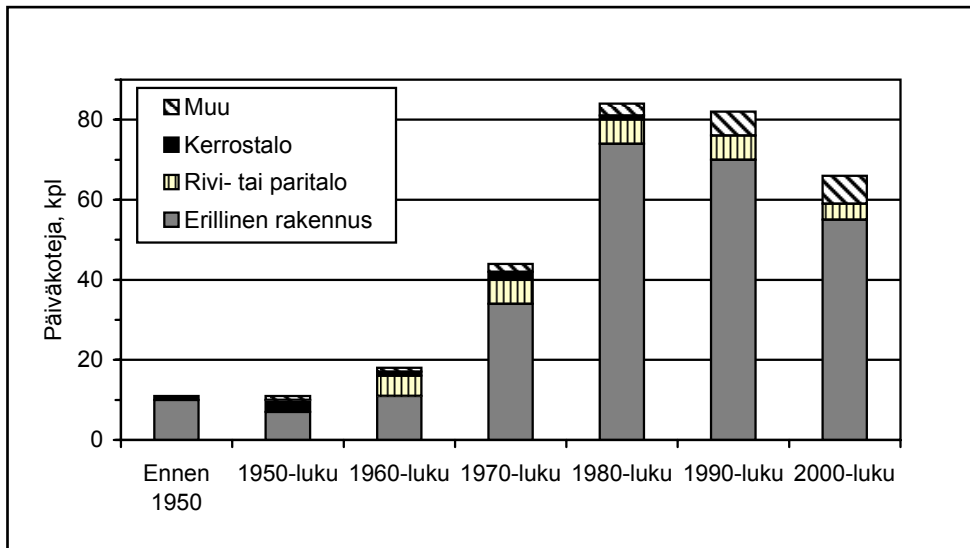
4 Tulokset

4.1 Osallistuminen ja aineisto

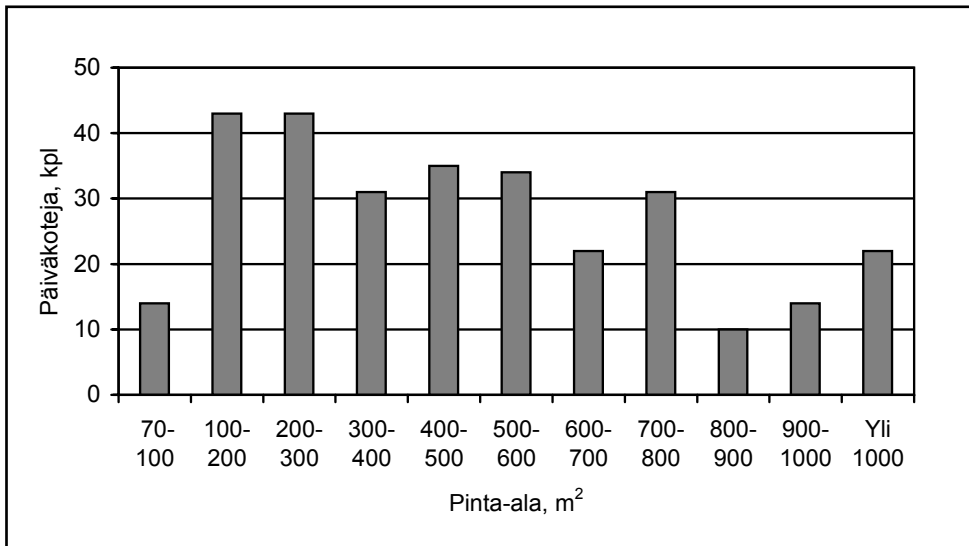
Mittaukset suoritettiin loppuun asti 367 päiväkodissa. Tämä on kuudesosa kaikista Suomen kunnallisista päiväkodeista. Kaikkiaan 362 päiväkodin radonpitoisuus laskettiin kahdessa eri huoneessa suoritettujen mittauksen keskiarvona. Viiden päiväkodin tulos saatiin määritettyä vain yhdestä mittauspisteestä, jolloin sitä käytettiin radonpitoisuutena.

Yhteenveto rakennustietolomakkeen kysymyksiin saaduista vastauksista on liitteessä 3. Rakennustietolomakkeita palautettiin 360 kpl. Eräisiin lomakkeen kysymyksiin jätettiin runsaasti vastaamatta. Vastanneiden osuus oli pienimmillään 68 % kysyttäessä rakennuksen perustamistapaa. Jos radonpitoisuus oli yli 200 Bq/m³, kysyttiin rakennuksen perustamistapa erikseen kunnan ympäristöterveysviranomaiselta, jos sitä ei ollut ilmoitettu rakennustietolomakkeessa. Tällaisia kohteita aineistossa oli kaksi.

Lähes puolet tutkimusaineistoon kuuluvista päiväkotirakennuksista on valmistunut 1990- ja 2000-luvuilla (Kuva 1). Aineistossa on mukana myös vanhempia, jopa ennen sotia valmistuneita rakennuksia. Yli 80% tutkituista päiväkodeista toimii erillisessä rakennuksessa sekä 10% rivi- tai paritalossa.



Kuva 1. Tutkittujen päiväkotirakennusten valmistumisvuosi ja talotyyppi. Päiväkotien määrä N = 316 kpl.



Kuva 2. Tutkittujen päiväkotirakennusten pinta-ala (N = 299 kpl).

Lisäksi oli kerrostaloissa toimivia päiväkoteja sekä muita, mm. koulun yhteydessä toimivia päiväkoteja. Pienimpien päiväkotien pinta-ala oli alle 100 m² ja suurimpien yli 1000 m² (Kuva 2). Keskimääräinen pinta-ala oli 520 m².

4.2 Toimenpidearvojen ylitykset

Tutkittujen päiväkotien keskimääräinen radonpitoisuus oli 52 Bq/m³ (Taulukko 2). Yhdessäkään läänissä ei keskimääräinen radonpitoisuus ylittänyt arvoa 80 Bq/m³. Yhdessätoista päiväkodissa (3 % aineistosta) radonpitoisuus ylitti nykyisten

Taulukko 2. Radonpitoisuudet tutkituissa päiväkodeissa lääneittäin. Asuntomittausten keskiarvo perustuu Säteilyturvakeskuksen radonmittaustietokantaan.

| Lääni | Päiväkoteja, kpl | Radonpitoisuuden | | Päiväkoteja, joissa pitoisuus ylittää * | | | Asuntojen radon päiväkotien sijaintikunnissa, Bq/m ³ |
|--------------|------------------|-----------------------------|----------------------------|---|-----------------------|-----------------------|---|
| | | Keskiarvo Bq/m ³ | Mediaani Bq/m ³ | 100 Bq/m ³ | 200 Bq/m ³ | 400 Bq/m ³ | |
| Etelä-Suomen | 99 | 56 | 38 | 16 % | 3 % | 1,0 % | 260 |
| Itä-Suomen | 45 | 61 | 42 | 18 % | 4 % | 2 % | 120 |
| Lapin | 18 | 78 | 62 | 11 % | 6 % | 6 % | 134 |
| Länsi-Suomen | 170 | 51 | 31 | 16 % | 3 % | 0 % | 119 |
| Oulun | 35 | 23 | 18 | 0 % | 0 % | 0 % | 74 |
| Koko maa | 367 | 52 | 33 | 14 % | 3 % | 0,8 % | 154 |

* 100 Bq/m³ ja 200 Bq/m³ ylityksissä ovat ne päiväkodit, joissa kahden eri huoneissa tehdyn mittauksen keskiarvo ylitti ko. arvon. 400 Bq/m³ ylityksissä ovat kaikki päiväkodit, joissa arvo ylittyi ainakin toisessa mittauspisteessä.

Taulukko 3. Radonpitoisuudet tässä tutkimuksessa verrattuna aiempiin Säteilyturvakeskuksen tiedossa oleviin päiväkotimittauksiin.

| | Päiväkoteja, kpl | Päiväkoteja, joissa suurin mittaustulos ylittää | | Asuntojen radon päiväkotien sijaintikunnissa, Bq/m ³ |
|--|------------------|---|-----------------------|---|
| | | 200 Bq/m ³ | 400 Bq/m ³ | |
| Tämä tutkimus, koko aineisto | 367 | 4 % | 0,8 % | 154 |
| Tämä tutkimus, mittausvelvoitekunnat * | 86 | 12 % | 2 % | 307 |
| Aiemmat päiväkotimittaukset (v. 1992 - 2005) | 443 | 30 % | 13 % | 275 |

* Kaikki työpaikat on mitattava niissä 88 kunnassa (v. 2006 tilanne), joissa pientaloissa mitatuista radonpitoisuuden vuosikeskiarvoista vähintään 10 % ylittää arvon 400 Bq/m³.

rakennusmääräysten mukaisen uusien rakennusten suunnittelun ohjearvon 200 Bq/m³. Yhden päiväkodin radonpitoisuus ylitti 400 Bq/m³ ja kahdessa muussa päiväkodissa toinen mittaustuloksista ylitti 400 Bq/m³. Korkein yksittäinen mittaustulos oli 480 Bq/m³. Koska nyt mitatut 400 Bq/m³ ylitykset ovat ympärivuorokautisia radonpitoisuuksia, ei niiden perusteella voi päätellä, että työnaikaisen radonpitoisuuden vuosikeskiarvo olisi yli toimenpidearvon.

Taulukossa 3 on esitetty erikseen tilanne päiväkodeissa, jotka sijaitsevat niiden 88 kunnan alueella, joissa kaikkien työpaikkojen radonpitoisuudet on mitattava. Kyseisissä mittausvelvoitekunnissa on pientaloissa mitatuista radonpitoisuuden vuosikeskiarvoista vähintään 10 % ylittänyt arvon 400 Bq/m³. Myös nyt tutkituissa päiväkodeissa olivat toimenpidearvojen ylitykset mittausvelvoitekunnissa yleisempiä kuin muualla.

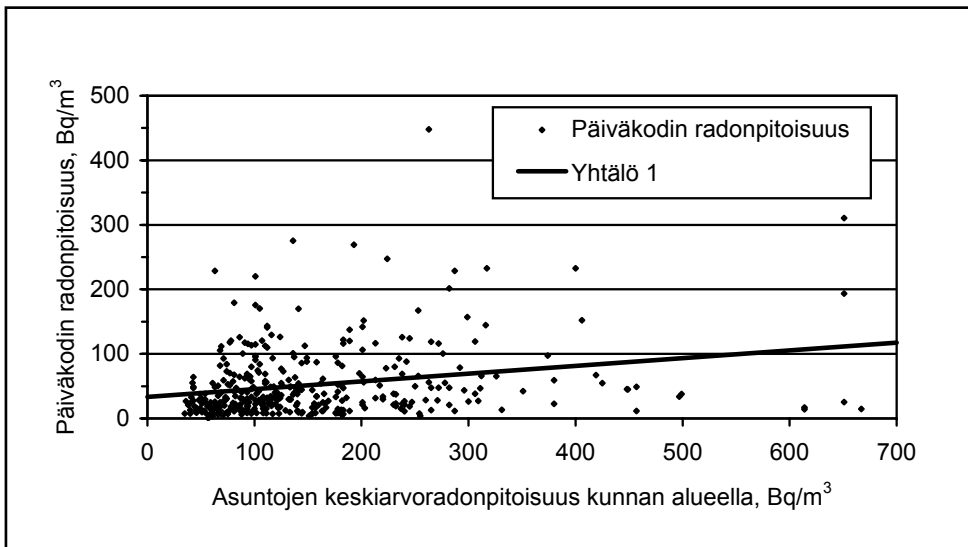
Taulukossa 3 on esitetty myös tilanne vuosina 1992 – 2005 suoritetuissa päiväkotimittauksissa. Aiemmin mitatut päiväkodit sijaitsevat keskimäärin hiukan vähemmän radonaltiilla alueilla kuin nyt mukana olleet mittausvelvoitekuntien päiväkodit (taulukon viimeinen sarake). Siitä huolimatta aiemmissä mittauksissa enimmäisarvojen ylityksiä oli selvästi enemmän kuin tämän tutkimuksen mittausvelvoitekuntien päiväkodeissa.

4.3 Sijaintikunnan radontilanteen vaikutus päiväkodin radonpitoisuuteen

Kuvassa 3 on verrattu tutkittujen päiväkotien radonpitoisuuksia Säteilyturvakeskuksen radonmittaustietokannassa oleviin pientaloasuntojen ja kerrostalojen 1. kerrosten asuntojen mittaustuloksiin. Radonpitoisuudet päiväkodeissa olivat useimmiten selvästi pienempiä kuin keskimääräinen pitoisuus saman kunnan alueella sijaitsevissa asunnoissa, c_a . Aineistoon tehtiin lineaarinen sovite,

$$c_{pk} = 0,120 \cdot c_a + 33,5, \quad (1)$$

missä c_{pk} on päiväkodin radonpitoisuus. Päiväkodin radonpitoisuuden ja kunnan asuntomittausten radonkeskiarvon välinen korrelaatio (R) oli vain 0,24. Pelkästään alueellisten asuntomittausten perusteella ei siis voida juurikaan arvioida radonpitoisuutta päiväkodissa. Esimerkiksi Etelä-Suomen läänin korkeista asuntojen radonpitoisuuksista (taulukon 2 viimeinen sarake) huolimatta eivät tutkittujen läänin päiväkotien radonpitoisuudet olleet juurikaan koko maan keskiarvoa suurempia. Toisaalta Oulun läänin päiväkotien muita alemmat radonpitoisuudet olivat odotettuja, koska myös asuntomittausten radonpitoisuudet ovat olleet siellä pienimpiä.



Kuva 3. Päiväkotien radonpitoisuus verrattuna Säteilyturvakeskuksen saman kunnan alueella tekemiin pientaloasuntojen ja kerrostalojen 1. kerroksen asuntojen radonmittauksiin (N = 367 kpl).

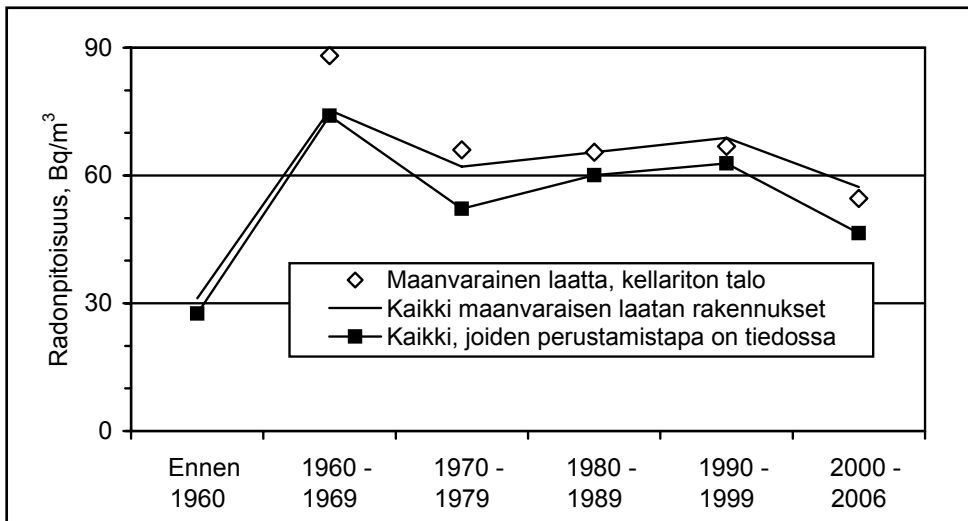
4.4 Radonpitoisuus ja rakentamisajankohta

Radonpitoisuudet ovat pienimpiä ennen vuotta 1960 valmistuneissa päiväkotirakennuksissa ja ovat sen jälkeen nousseet (Taulukko 4 ja Kuva 4). Tämän vuosituhannen puolella rakennettujen päiväkotien radonpitoisuudet ovat kuitenkin pienempiä kuin 1980- ja 1990-lukujen rakennuksissa. Eroa 2000-luvun rakennusten hyväksi korostaa se, että ne on rakennettu kuntiin, joissa asuntojen radonpitoisuudet ovat olleet keskimäärin suurempia kuin aineiston muiden päiväkotien sijaintikunnissa.

Taulukko 4. Radonpitoisuudet päiväkotirakennuksen valmistumisajankohdan mukaan.

| | Päiväkoteja, kpl | Radonpitoisuuden | | Päiväkoteja, joissa pitoisuus ylittää * | | | Asuntojen radon päiväkotien sijaintikunnissa, Bq/m ³ |
|-------------|------------------|-----------------------------|----------------------------|---|-----------------------|-----------------------|---|
| | | Keskiarvo Bq/m ³ | Mediaani Bq/m ³ | 100 Bq/m ³ | 200 Bq/m ³ | 400 Bq/m ³ | |
| 2000 – | 69 | 50 | 32 | 14 % | 1,4 % | 0 % | 185 |
| 1990 – 1999 | 83 | 59 | 40 | 20 % | 2 % | 1,2 % | 149 |
| 1980 – 1989 | 86 | 56 | 33 | 15 % | 3 % | 1,2 % | 143 |
| 1970 – 1979 | 44 | 48 | 32 | 11 % | 2 % | 0 % | 137 |
| 1960 – 1969 | 18 | 51 | 32 | 11 % | 6 % | 0 % | 159 |
| 1950 – 1959 | 11 | 34 | 28 | 0 % | 0 % | 0 % | 144 |
| – 1949 | 11 | 20 | 18 | 0 % | 0 % | 0 % | 136 |
| Ei vastattu | 45 | 52 | 32 | 13 % | 7 % | 2 % | 156 |

* 100 Bq/m³ ja 200 Bq/m³ ylityksissä ovat ne päiväkodit, joissa kahden eri huoneissa tehdyn mittauksen keskiarvo ylitti ko. arvon. 400 Bq/m³ ylityksissä ovat kaikki päiväkodit, joissa arvo ylittyi ainakin toisessa mittauspisteessä.



Kuva 4. Päiväkotirakennusten radonpitoisuus valmistumisajankohdan mukaan (N = 222 kpl).

4.5 Perustamistavan vaikutus radonpitoisuuteen

Rakennuksen perustamistapaa koskevaan kysymykseen saatiin vastaus 245 pientalossa toimivasta päiväkodista. Kolmessa neljäsosassa (182 kpl) perustamistapana oli perusmuuri ja maanvarainen laatta. Radonpitoisuus näissä rakennuksissa oli keskimäärin 65 Bq/m³ (Taulukko 5a). Kaikki yksitoista 200 Bq/m³ ylitystä olivat maanvaraiselle laatalle perustetuissa rakennuksissa. Erityisen radonalttiina erottuivat rinteelle rakennetut talot. Radonpitoisuus niissä oli keskimäärin 105 Bq/m³.

Taulukko 5. Radonpitoisuudet pientalotyypin ja perustamistavan mukaan.**a) Perustamistapa perusmuuri ja maanvarainen laatta.**

| | Päivä- koteja, kpl | Radonpitoisuuden | | Päiväkoteja, joissa pitoisuus ylittää * | | | Asuntojen radon päiväkotien sijaintikunnissa, Bq/m ³ |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|
| | | Keskiarvo Bq/m ³ | Mediaani Bq/m ³ | 100 Bq/m ³ | 200 Bq/m ³ | 400 Bq/m ³ | |
| Kellariton talo | 137 | 64 | 40 | 20 % | 6 % | 0,7 % | 156 |
| Talossa kellari | 2 | 26 | 26 | 0 % | 0 % | 0 % | 127 |
| Talossa osakellari | 16 | 38 | 31 | 6 % | 0 % | 0 % | 182 |
| Talo rinteellä | 15 | 105 | 82 | 47 % | 13 % | 7 % | 180 |
| Ei tiedossa | 12 | 68 | 50 | 25 % | 8 % | 8 % | 143 |
| Kaikki | 182 | 65 | 41 | 21 % | 6 % | 2 % | 159 |

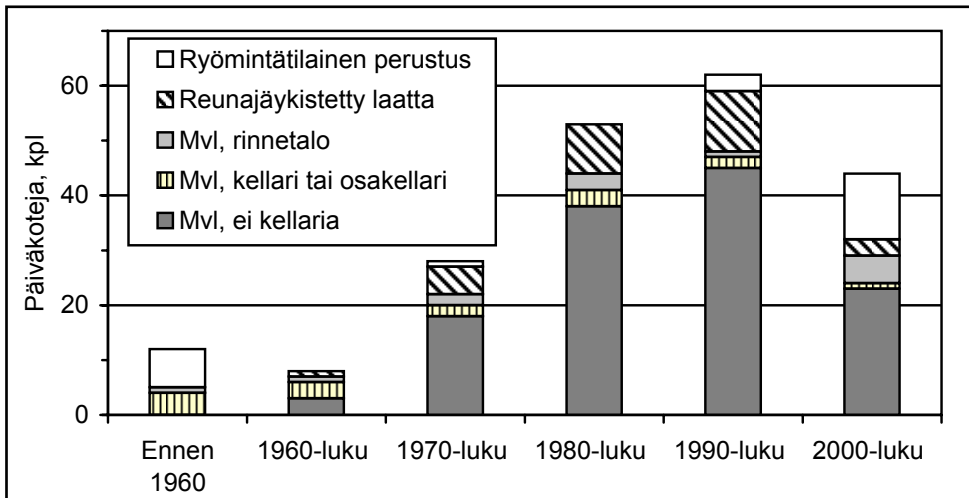
* 100 Bq/m³ ja 200 Bq/m³ ylityksissä ovat ne päiväkodit, joissa kahden eri huoneissa tehdyn mittauksen keskiarvo ylitti ko. arvon. 400 Bq/m³ ylityksissä ovat kaikki päiväkodit, joissa arvo ylittyi ainakin toisessa mittauspisteessä.

b) Muut perustamistavat

| | Päivä- koteja, kpl | Radonpitoisuuden | | Päiväkoteja, joissa pitoisuus ylittää * | | | Asuntojen radon päiväkotien sijaintikunnissa, Bq/m ³ |
|--|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|
| | | Keskiarvo Bq/m ³ | Mediaani Bq/m ³ | 100 Bq/m ³ | 200 Bq/m ³ | 400 Bq/m ³ | |
| Reunajäykistetty laatta | 33 | 41 | 32 | 9 % | 0 % | 0 % | 124 |
| Ryömintätilainen perustus, teräsbetoni- tai harkkosokkeli | 19 | 21 | 17 | 0 % | 0 % | 0 % | 190 |
| Ryömintätilainen perustus, kivijalka | 6 | 19 | 19 | 0 % | 0 % | 0 % | 107 |
| Yhdistelmä tai muu | 5 | 42 | 50 | 0 % | 0 % | 0 % | 179 |

* 100 Bq/m³ ja 200 Bq/m³ ylityksissä ovat ne päiväkodit, joissa kahden eri huoneissa tehdyn mittauksen keskiarvo ylitti ko. arvon. 400 Bq/m³ ylityksissä ovat kaikki päiväkodit, joissa arvo ylittyi ainakin toisessa mittauspisteessä.

Vanhoihin maanvaraisen laatan pientaloihin tehtiin kellari tai osakellari (Kuva 5). Kellarillisten ja osakellarillisten päiväkotirakennusten radonpitoisuus oli keskimäärin 37 Bq/m³. Uudemmat rakennukset ovat pääsääntöisesti kellarittomia, mikä on johtanut radonpitoisuuksien nousuun (Kuva 4). Kaikkein uusimpien, 2000-luvulla valmistuneiden maanvaraisen laatan rakennusten radonpitoisuudet ovat pienempiä kuin 1960 – 1990 luvuilla rakennettujen. Tähän on varmasti vaikuttanut 1990-luvulta lähtien käytössä ollut ohjeistus radonturvallisen maanvaraisen laattaperustuksen toteuttamiseksi. Ennen vuotta 2000 valmistuneiden päiväkotien joukossa ohjeiden mukaiset toimenpiteet ovat



Kuva 5. Päiväkodin perustamistapa rakennuksen valmistumisajankohdan mukaan (N=207 kpl). Mvl = perusmuuri ja maanvarainen laatta.

vielä harvinaisia (Taulukko 6). Sen sijaan 2000-luvun maanvaraisen laatan rakennuksista joka viidennessä on toiminnassa oleva imuputkisto ja imuri. Imuri suositellaan otettavaksi käyttöön silloin kun radonpitoisuus ilman sitä ylittää 200 Bq/m^3 . Kyseiset rakennukset sijaitsevatkin taulukon 7 mukaan kunnissa, joissa asuntojen radonpitoisuudet ovat olleet korkeita. Imurin ansiosta näiden päiväkotien radonpitoisuudet olivat keskimäärin vain 35 Bq/m^3 .

Lähes joka toisessa 2000-luvun maanvaraisen laatan rakennuksessa on lattialaatan ja sokkelin liitos ilmoitettu tiivistetyksi. Toimenpiteen vaikutusta radonpitoisuuteen ei tässä tutkimuksessa voitu selvittää, koska tiivistämistä hyödyntäneet päiväkotirakennukset sijaitsivat asuntomittausten perusteella

Taulukko 6. Radontorjuntatoimenpiteet rakennuksissa, joiden perustamistapa on perusmuuri ja maanvarainen laatta.

| | Valmistumisvuosi 1990 - 1999 | Valmistumisvuosi 2000 - 2006 |
|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Lattialaatan ja sokkelin liitos on tiivistetty | 5 % | 45 % |
| Laatan alle on rakennettu imuputkisto * | 2 % | 24 % |
| Imuputkisto ja imuri toiminnassa | 5 % | 21 % |
| Ei toimenpiteitä | 88 % | 34 % |
| Kaikki vastanneet | 43 kpl | 29 kpl |
| Ei tiedossa ** | 9 kpl | 3 kpl |

* Imuputkisto, johon ei ole asennettu imuria ei vähennä sisäilman radonpitoisuutta.

** Valmistumisvuosi on tiedossa, mutta rakennusvaiheen radontorjunta ei ole

Taulukko 7. Radonpitoisuus 1990 – 2006 valmistuneissa rakennuksissa, joiden perustamistapa on perusmuuri ja maanvarainen laatta.

| Toimenpide | Päivä- koteja, kpl | Radon- pitoisuuden keskiarvo, Bq/m ³ | Asuntojen radon pääväkotien sijaintikunnissa, Bq/m ³ |
|--|--------------------------|--|--|
| Lattialaatan ja sokkelin liitos on tiivistetty | 15 | 67 | 190 |
| Laatan alle on rakennettu imuputkisto * | 8 | 83 | 241 |
| Imuputkisto ja imuri toiminnassa | 8 | 35 | 221 |
| Ei toimenpiteitä | 48 | 57 | 128 |
| Kaikki vastanneet | 72 | 60 | 152 |
| Ei vastattu ** | 12 | 90 | 238 |

* Imuputkisto, johon ei ole asennettu imuria ei vähennä sisäilman radonpitoisuutta.

** Valmistumisvuosi on tiedossa, mutta rakennusvaiheen radontorjunta ei ole

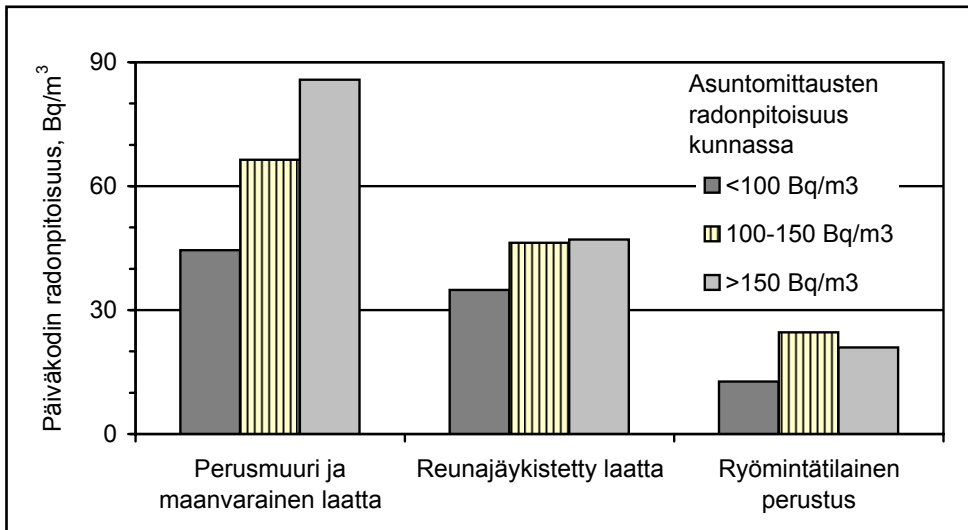
selvästi radonalttiimmilla alueilla kuin ne rakennukset, joissa liitosta ei tiivistetty. Radonpitoisuudet eivät siis ole vertailukelpoisia.

Muita kuin perusmuuriin ja maanvaraiseen laattaan perustuvia ratkaisuja oli neljäsosa rakennuksista (Kuva 5). Niiden osuus 1980-luvun päiväkotirakennuksista oli vain 17 %, jotka kaikki olivat reunajäykistetyille laatalle perustettuja. Ryömintätilaiset rakennukset tulivat uudestaan käyttöön vuosikymmenten tauon jälkeen 1990-luvulla. Tällöin valmistuneista rakennuksista 5 % oli ryömintätilaisia ja 18 % reunajäykistetyille laatalle perustettuja. Vuosina 2000 – 2006 valmistuneista aineiston päiväkotirakennuksista peräti 28 % oli ryömintätilaisia, ja enää 7 % reunajäykistetyille laatalle perustettuja.

Reunajäykistetty lattialaatta oli ilmoitettu perustamistavaksi 33 rakennukselle. Keskimääräinen radonpitoisuus niissä oli 41 Bq/m³, eli selvästi pienempi kuin perusmuuriin ja maanvaraiseen laattaan perustuvissa rakennuksissa (Taulukko 5b). Ero reunajäykistetyyn lattialaatan hyväksi saattaa olla havaittua suurempi, koska reunajäykistetyyn lattialaattaratkaisun tunnistaminen on kyseylomakkeen vaikeimpia kohtia. Aikaisemman kokemuksen perusteella merkittävä osa reunajäykistetyksi lattialaataksi ilmoitetuista rakennuksista onkin tavallisia maanvaraisen laatan ratkaisuja.

Ryömintätilaiselle perustukselle rakennetuissa taloissa radonin torjunta toteutui parhaiten. Sekä vanhoissa kivijalan päälle rakennetuissa, että uusissa teräsbetoni- tai harkkosokkelin päälle rakennetuissa taloissa radonpitoisuudet olivat pieniä. Keskimääräinen radonpitoisuus oli 20 Bq/m³. Suurin radonpitoisuus 25 kohteen joukossa oli 64 Bq/m³.

Radonturvallisen perustamisen tavoitteena on kokonaan estää maaperän radonpitoisen ilman kulkeutuminen rakennukseen. Ryömintätilaisissa päiväkotirakennuksissa tämän onnistumista kuvastaa se, että niiden radonpitoisuus ei



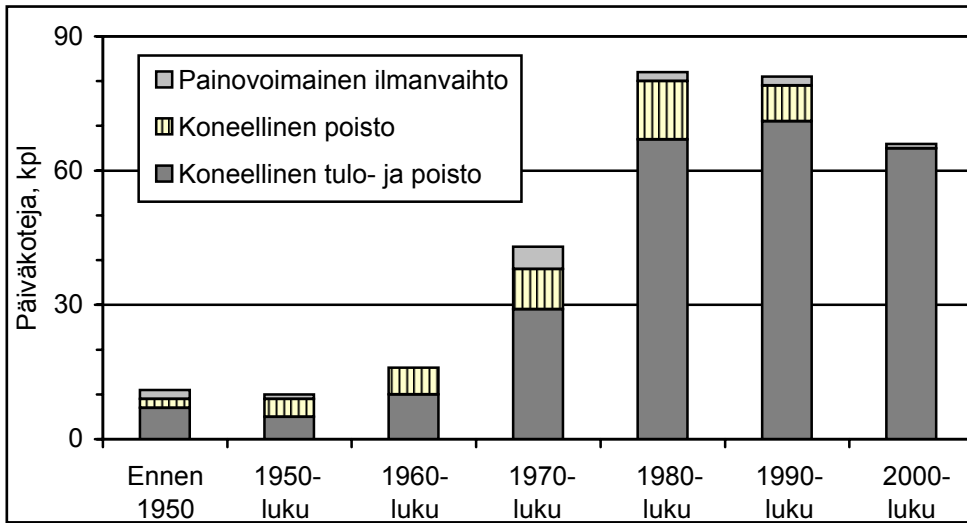
Kuva 6. Päiväkotien radonpitoisuuksien riippuvuus kunnan radontilanteesta (N = 240 kpl).

riipu kunnan yleisestä radontilanteesta (Kuva 6). Ryömintätilaisissa rakennuksissa radon on siis peräisin lähinnä rakennusmateriaaleista eikä maaperästä. Perusmuuriin ja maanvaraiseen laattaan perustuvien rakennusten radonpitoisuudella sen sijaan on selvä yhteys kunnan radontilanteeseen. Maanvaraisen laatan vuotoreiteistä kulkeutuu maaperän huokosilmaa rakennukseen, jolloin sisäilman radonpitoisuus riippuu maaperän radonominaisuuksista.

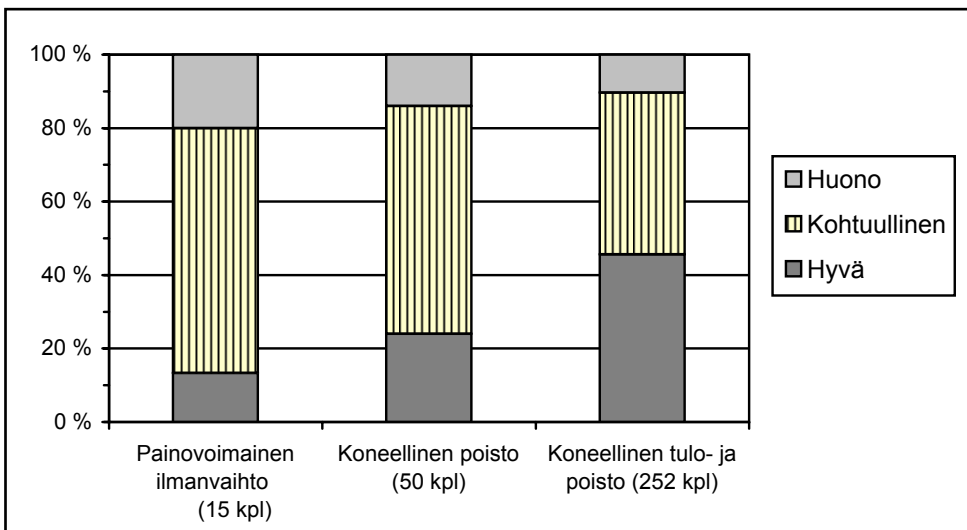
4.6 Ilmanvaihtotavan vaikutus radonpitoisuuteen

Ilmanvaihtotapa saatiin tietoon 345 päiväkodista. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä on selvästi yleisin, 80 % aineistosta. Nykyisin se on syrjäyttänyt muut ilmanvaihtotavat (Kuva 7). Kysyttäessä päiväkotirakennusten käyttäjien mielipidettä ilmanvaihdon tehokkuudesta, saivat koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän rakennukset parhaat arviot (Kuva 8).

Aineistossa oli vain 15 painovoimaiseen ilmanvaihtoon perustuvaa rakennusta, mutta ilmanvaihtotavan ja radonpitoisuuden välinen yhteys oli silti selkeästi havaittavissa (Taulukko 8a). Painovoimaisen ilmanvaihdon rakennusten keskimääräinen radonpitoisuus 127 Bq/m^3 on samaa suuruusluokkaa kuin pientaloasuntojen keskimääräinen radonpitoisuus Suomessa, 145 Bq/m^3 . Koneellisen ilmanvaihdon rakennusten pienemmät radonpitoisuudet johtuvat osittain siitä, että ne sijaitsevat alueilla, joissa asuntojenkin radonpitoisuudet ovat olleet keskimääräistä pienempiä.



Kuva 7. Ilmanvaihtotapa rakennuksen valmistumisajankohdan mukaan (N = 309 kpl).



Kuva 8. Päiväkotirakennusten käyttäjien arvio ilmanvaihdon tehokkuudesta.

Taulukossa 8b on esitetty vertailukelpoinen aineisto eri ilmanvaihtotavoista. Jotta ilmanvaihtotavat olisivat keskenään vertailukelpoisia, on kustakin ilmanvaihtotavasta otettu vertailuun sellaiset päiväkodit, joiden sijaintikunnat edustavat samanlaista radonilannetta. Tätä voidaan arvioida kunnissa aiemmin tehtyjen asuntomittausten perusteella. Vertailuun on otettu kaikki painovoimaisen ilmanvaihdon päiväkodit (asuntojen radonpitoisuuden keskiarvo sijaintikunnissa $180,7 \text{ Bq/m}^3$). Koneellisen ilmanvaihdon päiväkodeista mukaan

Taulukko 8. Pientaloissa olevien päiväkotien radonpitoisuudet ilmanvaihtotavan mukaan.

a) Kaikki päiväkodit, joiden ilmanvaihtotapa on tiedossa

| Ilmanvaihtotapa | Päiväkoteja, kpl | Radonpitoisuuden | | Asuntojen radon päiväkotien sijaintikunnissa, Bq/m ³ |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|
| | | Keskiarvo Bq/m ³ | Mediaani Bq/m ³ | |
| Painovoimainen | 15 | 127 | 110 | 181 |
| Koneellinen poisto | 53 | 62 | 34 | 134 |
| Koneellinen tulo- ja poisto | 277 | 47 | 30 | 155 |

b) Koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän päiväkodeista jätetty pois asuntomittausten perusteella lievimmillä radonalueilla sijaitsevat.

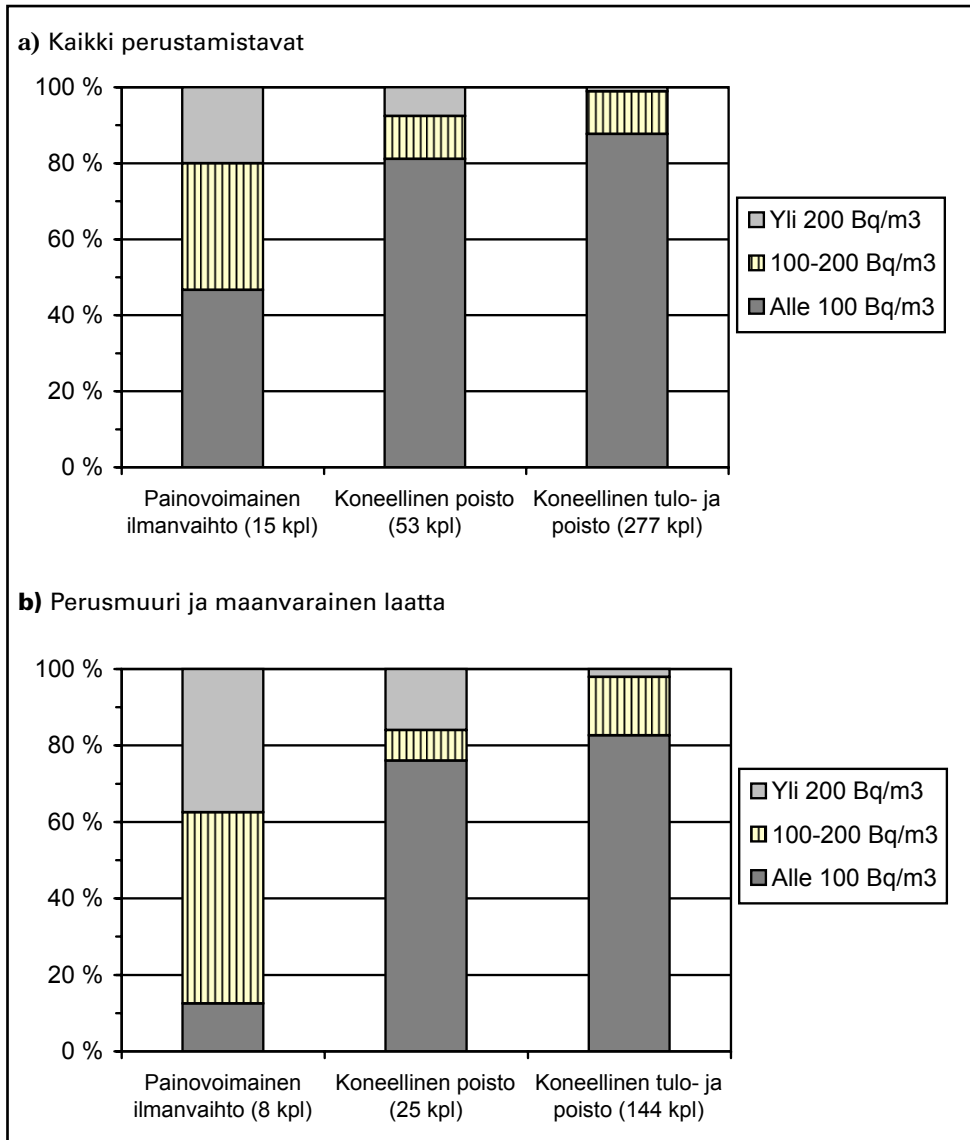
| Ilmanvaihtotapa | Päiväkoteja, kpl | Radonpitoisuuden | | Asuntojen radon päiväkotien sijaintikunnissa, Bq/m ³ |
|---|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|
| | | Keskiarvo Bq/m ³ | Mediaani Bq/m ³ | |
| Painovoimainen | 15 | 127 | 110 | 180,7 |
| Koneellinen poisto. Kunnan asuntomittausten keskiarvo >100 Bq/m ³ | 31 | 82 | 51 | 180,2 |
| Koneellinen tulo- ja poisto. Kunnan asuntomittausten keskiarvo > 76 Bq/m ³ | 219 | 52 | 37 | 180,6 |

otettiin ne, joiden sijaintikunnissa asuntomittausten keskiarvo on sama kuin painovoimaisen ilmanvaihdon päiväkodeissa. Tämän vuoksi koneellisen poistoilmanvaihdon rakennuksista on taulukkoon otettu vain ne, joiden sijaintikunnan asuntomittausten keskiarvo oli yli 100 Bq/m³. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon rakennusten sijaintikunnille raja on 76 Bq/m³.

Erot eri ilmanvaihtotapojen välillä ovat selkeitä myös taulukon 8b aineistossa. Ilmeisesti painovoimaisen ilmanvaihdon tuottama ilmanvaihtuvuus on ollut pienempi kuin koneellista ilmanvaihtojärjestelmää hyödyntävissä päiväkodeissa. Pieni ilmanvaihtuvuus merkitsee hidasta radonin poistumista rakennuksesta ja sen myötä suurta radonpitoisuutta.

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän yleistymisen on ollut radonin torjunnan kannalta hyvä asia. Vain 1 % (3 päiväkotia 276:sta) koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä varustetuista päiväkodeista oli radonpitoisuudeltaan yli 200 Bq/m³ (Kuva 9a). Mitattujen radonpitoisuuksien perusteella vaikein yhdistelmä on painovoimainen ilmanvaihto, sekä perustustasana perusmuuri ja maanvarainen laatta. Tällaisia rakennuksia oli aineistossa kahdeksan, joista kolmessa radonpitoisuus ylitti 200 Bq/m³ (Kuva 9b).

Asunnoissa ei ole havaittu näin selkeää yhteyttä ilmanvaihtotavan ja radonpitoisuuden välillä (Arvela ym. 1993). Koneellisen ilmanvaihdon avulla voidaan päiväkotikäytön vaatima suuri ilmanvaihtuvuus toteuttaa, mikä samalla pienentää radonpitoisuutta. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilmanvaihtuvuuden tehostaminen on hankalampaa, jolloin ero päiväkotien ja asuntojen välillä oletettavasti on pienempi.



Kuva 9. Päiväkotien radonpitoisuuden riippuvuus ilmanvaihtotavasta.

Taulukko 9. Radonpitoisuudet päiväkodeissa talotyypeittäin.**a) Kaikki vastanneet (353 kpl)**

| Talotyyppi | Päivä koteja, kpl | Radonpitoisuuden | | Päiväkoteja, joissa pitoisuus ylittää * | | | Asuntojen radon päiväkotien sijaintikunnissa, Bq/m ³ |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|
| | | Keskiarvo Bq/m ³ | Mediaani Bq/m ³ | 100 Bq/m ³ | 200 Bq/m ³ | 400 Bq/m ³ | |
| Erillinen rakennus | 286 | 49 | 30 | 13 % | 2 % | 0,7 % | 154 |
| Rivi- tai paritalo | 35 | 74 | 48 | 20 % | 6 % | 3 % | 160 |
| Kerrostalo | 10 | 46 | 41 | 10 % | 0 % | 0 % | 168 |
| Muu ** | 22 | 51 | 32 | 18 % | 5 % | 0 % | 125 |
| Ei vastattu | 14 | 66 | 28 | 21 % | 7 % | 0 % | 165 |

* 100 Bq/m³ ja 200 Bq/m³ ylityksissä ovat ne päiväkodit, joissa kahden eri huoneissa tehdyn mittauksen keskiarvo ylitti ko. arvon. 400 Bq/m³ ylityksissä ovat kaikki päiväkodit, joissa arvo ylittyi ainakin toisessa mittauspisteessä.

** Yleensä koulun tms. yhteydessä.

b) Perustamistapa on perusmuuri ja maanvarainen laatta sekä ilmanvaihtotapana koneellinen tulo- ja poistojärjestelmä. Taulukossa ovat mukana ne talotyypit, joissa on vähintään 10 päiväkotia.

| Talotyyppi | Päivä- koteja, kpl | Radonpitoisuuden | | Päiväkoteja, joissa pitoisuus ylittää * | | | Asuntojen radon päiväkotien sijaintikunnissa, Bq/m ³ |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|
| | | Keskiarvo Bq/m ³ | Mediaani Bq/m ³ | 100 Bq/m ³ | 200 Bq/m ³ | 400 Bq/m ³ | |
| Erillinen rakennus | 121 | 54 | 38 | 17 % | 2 % | 0,8 % | 162 |
| Rivi- tai paritalo | 12 | 70 | 55 | 17 % | 0 % | 0 % | 169 |

* 100 Bq/m³ ja 200 Bq/m³ ylityksissä ovat ne päiväkodit, joissa kahden eri huoneissa tehdyn mittauksen keskiarvo ylitti ko. arvon. 400 Bq/m³ ylityksissä ovat kaikki päiväkodit, joissa arvo ylittyi ainakin toisessa mittauspisteessä.

4.7 Muiden tekijöiden vaikutus radonpitoisuuteen

Taulukon 9a mukaan rivi- tai paritaloissa sijaitsevilla päiväkodeilla radonpitoisuudet ovat keskimäärin suurempia kuin muissa päiväkodeissa. Ero johtuu osittain rakennustekniikasta. Erilliset päiväkotirakennukset on rivi- ja paritalopäiväkoteja useammin rakennettu ryömintätilaiselle perustukselle ja niissä on useammin käytetty koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmää. Jos verrataan perustus- ja ilmanvaihtoratkaisultaan samanlaisia päiväkoteja, on pitoisuusero pienempi (Taulukko 9b). Pitoisuuseroon on saattanut vaikuttaa myös se, jos ilmanvaihtuvuus rivi- ja paritaloissa on ollut pienempi kuin erillisissä rakennuksissa sijaitsevilla päiväkodeilla.

Puu oli kantavien rakenteiden materiaali suurimmassa osassa tutkittuja rakennuksia. Betoni on radonia erittävä materiaali, mutta tutkittujen betonirakennusten radonpitoisuudet eivät olleet muita suurempia (Taulukko 10).

Porakaivovettä käytettiin vain kolmessa kysymykseen vastanneista 344 päiväkodista. Kyseisten päiväkotien radonpitoisuudet olivat 10 – 53 Bq/m³, joten porakaivoveden käyttö ei ole kohottanut niitä poikkeuksellisen korkeaksi.

4.8 Pitoisuuserot päiväkodin eri osien välillä

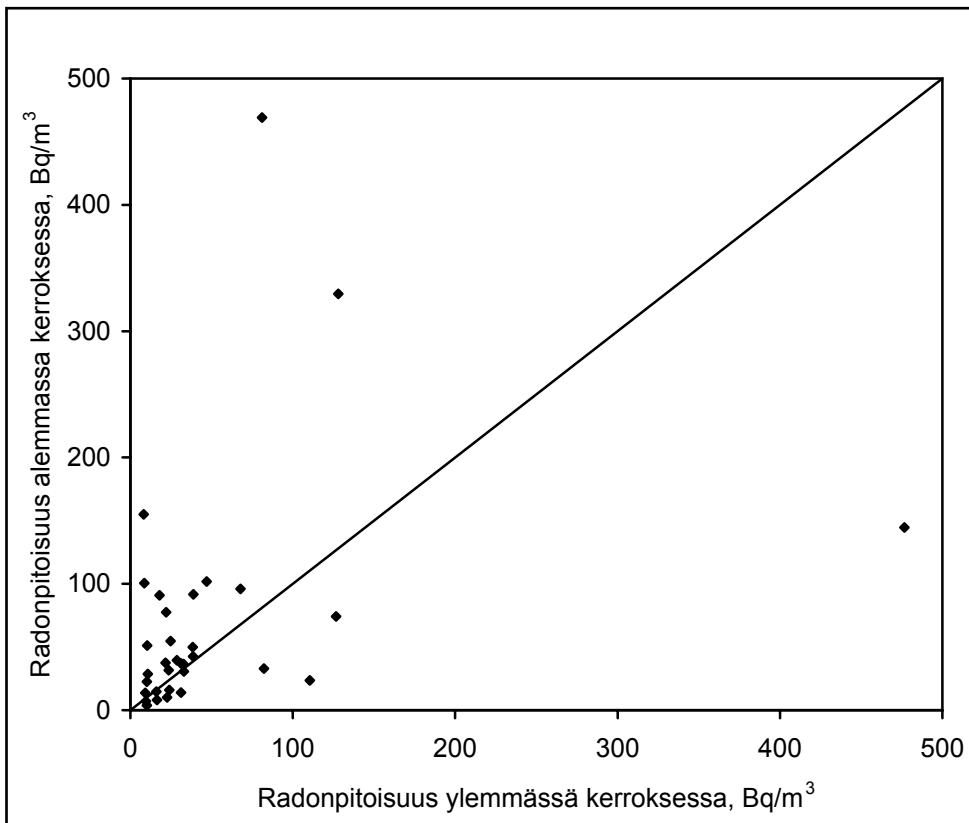
Radonmittaukset suoritettiin kussakin päiväkodissa samanaikaisesti kahdella, eri puolille rakennusta sijoitetulla radonmittauspurkillä. Kolmessakymmenessä kolmessa rakennuksessa mittaukset suoritettiin eri kerroksissa, yleensä ala- ja yläkerrassa. Neljässä päiväkodissa toinen mittauksista suoritettiin kellarikerroksessa. Pitoisuudet olivat 64 %:ssa tapauksista suurempia alemmassa mittauspisteessä (Kuva 10).

Mittaukset tehtiin 329:ssä kohteessa samassa kerrostatasossa. Kahden eri mittauksen välinen korrelaatio (R) oli 0,81. Joissakin yksittäistapauksissa tulokset poikkesivat huomattavasti toisistaan (Kuva 11). Kahdeksassa prosentissa päiväkodeista pitoisuuksien välinen ero oli yli 50 Bq/m³. Pinta-alaltaan vähintään 500 m² päiväkodeissa yli 50 Bq/m³ eroja oli 11 %:ssa ja alle 500 m² päiväkodeissa 5 %:ssa tapauksista.

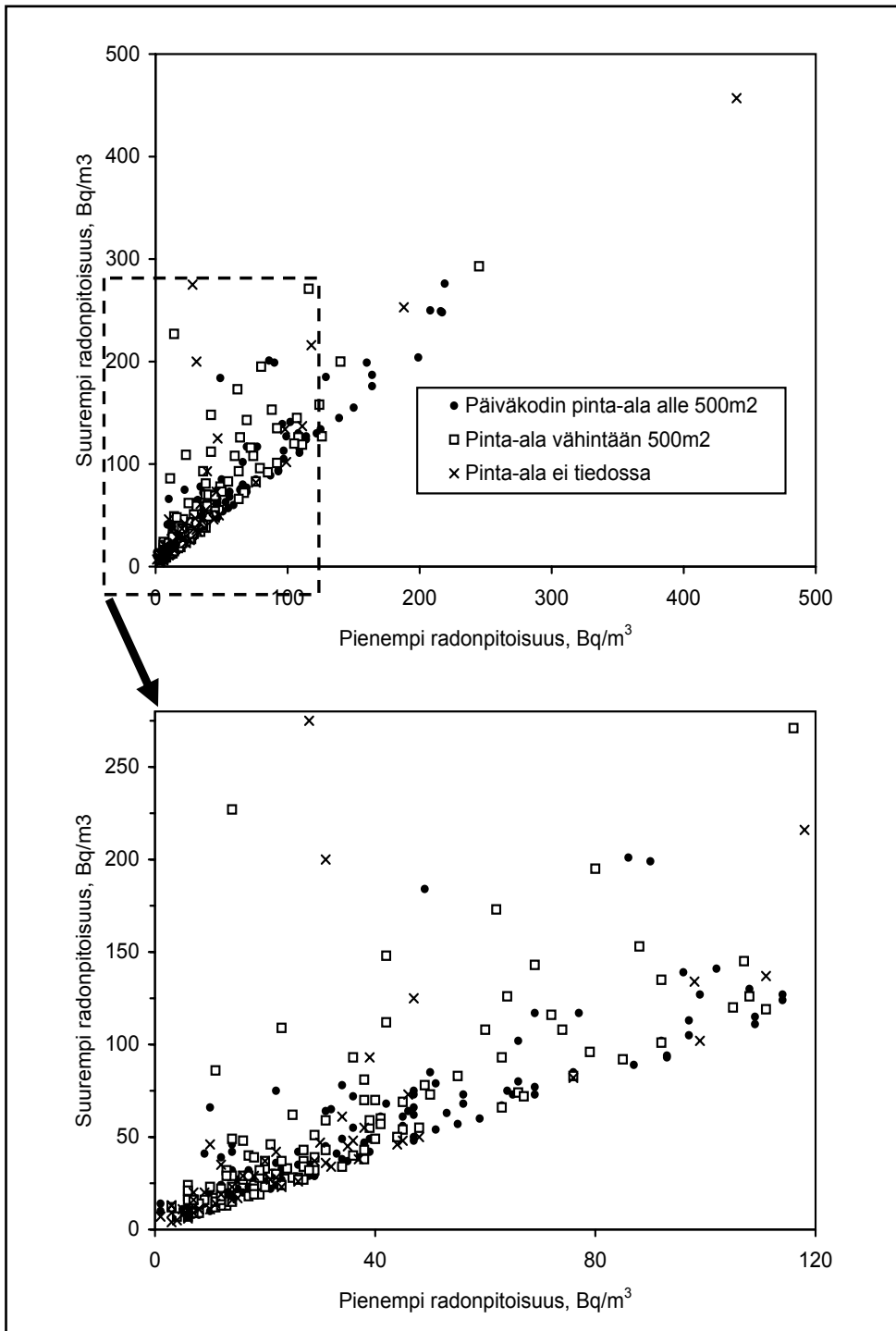
Taulukko 10. Radonpitoisuudet päiväkodeissa kantavien rakenteiden materiaalin mukaan. Taulukossa ovat mukana ne materiaalit, joita on käytetty vähintään 10 tutkitussa päiväkodissa.

| Kantava materiaali | Päiväkoteja, kpl | Radonpitoisuuden | | Päiväkoteja, joissa pitoisuus ylittää * | | | Asuntojen radon päiväkotien sijaintikunnissa, Bq/m ³ |
|--------------------|------------------|-----------------------------|----------------------------|---|-----------------------|-----------------------|---|
| | | Keskiarvo Bq/m ³ | Mediaani Bq/m ³ | 100 Bq/m ³ | 200 Bq/m ³ | 400 Bq/m ³ | |
| Puu | 242 | 54 | 33 | 15 % | 3 % | 1,2 % | 146 |
| Tiili | 30 | 58 | 34 | 20 % | 7 % | 0 % | 173 |
| Betoni | 43 | 48 | 36 | 12 % | 0 % | 0 % | 169 |

* 100 Bq/m³ ja 200 Bq/m³ ylityksissä ovat ne päiväkodit, joissa kahden eri huoneissa tehdyn mittauksen keskiarvo ylitti ko. arvon. 400 Bq/m³ ylityksissä ovat kaikki päiväkodit, joissa arvo ylittyi ainakin toisessa mittauspisteessä.



Kuva 10. Saman päiväkodin eri kerrostasoissa mitattujen pitoisuuksien vertailu.



Kuva 11. Samassa kerrostasoissa mitattujen pitoisuuksien vertailu.

5 Johtopäätökset

Valtakunnallisessa, uusiin rakennuksiin painottuvassa radonkartoituksessa 367 päiväkotirakennuksen keskimääräinen radonpitoisuus oli 52 Bq/m³. Tämä on alle puolet suomalaisten asuinrakennusten keskimääräisestä radonpitoisuudesta 120 Bq/m³. Tutkittujen, keskimääräistä uudempien päiväkotien radontilanne on siis yleisesti ottaen hyvä. Kahden eri huoneissa tehdyn mittauksen keskiarvo ylitti 11 päiväkodissa nykyisten rakennusmääräysten mukaisen uusien rakennusten suunnittelun ohjearvon 200 Bq/m³. Kaikki ylitykset olivat maanvaraiselle laatalle perustetuissa rakennuksissa.

Perusmuuri ja maanvarainen laatta yleistyivät päiväkotirakennusten perustamistapana 1960-luvulta lähtien. Tämä on johtanut päiväkotien radonpitoisuuden kasvamiseen. Maanvaraisen laattaperustuksen ongelmana on, että maaperän radonpitoinen huokosilma pääsee kulkeutumaan rakennukseen sokkelin ja laatan liitoskohdasta sekä laatan tiivistämättömistä läpivienneistä. Radonpitoisuudet olivat suurimpia 1980- ja 1990-luvuilla rakennetuissa päiväkodeissa, keskimäärin 58 Bq/m³. Neljä viidesosaa tällöin valmistuneista päiväkotirakennuksista toteutettiin perusmuurin ja maanvaraisen laatan avulla.

Radonpitoisuuksien kasvu päiväkodeissa on ilmeisesti päättynyt vuosituhannen vaihteen tienoilla. Vuosina 2000 – 2006 valmistuneiden, tutkimuksessa mukana olleiden päiväkotirakennusten keskimääräinen radonpitoisuus oli vain 50 Bq/m³, vaikka ne oli rakennettu asuntomittausten perusteella vaikeammille radonalueille kuin vanhemmat tutkimukseen valitut päiväkotirakennukset. Päiväkotien pientyneisiin radonpitoisuuksiin on kolme syytä:

1) Radonin torjunnan kannalta edullinen ryömintätilainen perustusratkaisu on yleistynyt. Yli neljäsosa tutkituista 2000-luvun rakennuksista toteutettiin tällä tekniikalla. Maanvaraiselle laatalle perustettujen päiväkotirakennusten osuus on ollut 2000-luvulla vain 65 %, kun se vuosina 1980 – 1999 oli 80 %.

2) Maanvaraiselle laatalle perustettaessa ovat radonin torjuntatoimenpiteet (lattialaatan ja sokkelin sauman ym. vuotokohtien tiivistäminen sekä tarvittaessa radonpitoisen ilman imu laatan alta) yleistyneet 2000-luvulla. Joka viidennessä 2000-luvun maanvaraisen laatan rakennuksessa oli käytössä radonimuri.

3) Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä on syrjäyttänyt muut ilmanvaihtotavat.

Viitteet

Annamäki M, Oksanen E, Markkanen M. Radon at workplaces other than mines and underground excavations. *Environ. Int.* 1996; 22 (Suppl. 1): S769 – S772.

Arvela H. Asuntojen radonkorjausten menetelmät. STUK-A127. Helsinki: Säteilyturvakeskus 1995.

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

Koskela K, Lindholm L, Myllymäki J. Kunta-alan ammatit tutuiksi: Päivähoitohenkilöstö. *Kuntatyönantaja* 2002; 5: 10 – 13.

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.*

Niemelä H, Salminen K. Suomalainen sosiaaliturva. Helsinki: Kansaneläkelaitos 2006.

RakMK D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma 2003.

RT-ohjekortti RT 07-10741. Sisäilmastoluokitus 2000. Rakennustietosäätiö 2001.

RT-ohjekortti RT 81-10791. Radonin torjunta. Rakennustietosäätiö 2003.

Sosiaali- ja terveydenhuollon tilastollinen vuosikirja 2005. Helsinki: Stakes 2006.

ST 12.1. Säteilyturvallisuus luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa. Helsinki: Säteilyturvakeskus 2000: 15 s.

Säteilyasetus 1512/1991.

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, effects and risks of ionizing radiation. UNSCEAR 2000 Report. United Nations 2000.

Vesterbacka P, Mäkeläinen I, Tarvainen T, Hatakka T, Arvela H. Kaivoveden luonnollinen radioaktiivisuus – otantatutkimus 2001. STUK-A199. Helsinki: Säteilyturvakeskus 2004.

Voutilainen A, Mäkeläinen I, Pennanen M, Reisbacka H, Castrén O. Suomen radonkartasto. STUK-A148. Helsinki: Säteilyturvakeskus 1997a.

Voutilainen A, Mäkeläinen I, Reisbacka H. ja Castrén O. Asuntojen radonpitoisuus Suomessa. STUK-A146. Helsinki: Säteilyturvakeskus 1997b.



RAKENNUSTIETOLOMAKE – Maanlaajuinen päiväkotien radonkartoitus 2006

Toimita tarvittaessa lomake kunnan kiinteistöistä vastaavan tai ympäristöterveysviranomaisen täytettäväksi.

Palautetaan Säteilyturvakeskukseen osoitteella: **STUK, Tuomas Valmari, PL 14, 00881 HELSINKI.**

Lisätietoja: Tuomas Valmari (09) 75988 471, tuomas.valmari@stuk.fi

Päiväkodin nimi ja kunta

Talotyyppi

- Erillinen rakennus
 Rivi- tai paritalo
 Kerrostalo
 Muu, mikä? _____

Valmistumisvuosi

Perustamispaikka

Onko talo perustettu kalliolle?

- Ei Kyllä Kalliota louhittu

Lisätietoja: esim. rakennuspaikan maalajit ja täytemaan paksuus (jos tiedossa)

Saadaanko talousvesi porakaivosta?

- Ei
 Kyllä

Porakaivoveden radonpitoisuus on tutkittu?

- Ei tai ei tietoa
 Kyllä

Oleskelutilojen lattioiden pintamateriaali

(valitse yksi tai useampia vaihtoehtoja)

- Muovimatto Lautalattia
 Parketti
 Muu, mikä? _____

Pääasiallisin julkisivumateriaali (vain yksi rasti)

- Puu Kevytbetoni
 Tiili En tiedä

Betoni

Muu, mikä? _____

Kantavien rakenteiden pääasiallinen rakennusmateriaali

(vain yksi rasti)

- Puu Kevytbetoni
 Tiili En tiedä

Betoni

Muu, mikä? _____

Onko päiväkodin radonpitoisuus mitattu aiemmin?

- Kyllä, mittauksen ajankohta tai aiemman mittauspurkin numero, jos tiedossa

- Ei
 Ei tietoa

Ilmanvaihtotapa

- Painovoimainen eli luonnollinen
 Koneellinen poistoilmajärjestelmä, raitisilmaventtiilien lukumäärä _____ kpl
 Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä
 Ei tiedossa

Rakennusvaiheen radontorjunta

Suoritetut toimenpiteet (1 tai useita rasteja)

- Lattialaatan ja sokkelin liitos on tiivistetty
 Laatan alle on rakennettu imuputkisto
 Imuputkisto ja imuri toiminnassa
 Muu toimenpide, mikä _____
 Ei toimenpiteitä

Jälkeenpäin tehdyt radonkorjaustoimenpiteet

Onko rakennuksessa tehty korjauksia radonpitoisuuden alentamiseksi?

- Lyhyt kuvaus toimenpiteestä kohtaan lisäselvityksiä
 Ei Kyllä

Päiväkodin pinta-ala _____ m²

KERROSTALOSSA SIJAITSEVAT PÄIVÄKODIT

Päiväkoti on _____ kerroksessa (maantasalla oleva kerros on 1. kerros)
 Talossa on _____ kerrosta (kellaria ei huomioida)

Onko talossa kellarikerros?

- Ei Kyllä

Päiväkodin alapuolella on

- Muita tiloja Maa tai kallio



MUUT KUIN KERROSTALOSSA SIJAITSEVAT PÄIVÄKODIT

Pientalotyyppi Laita rasti taloasi parhaiten kuvaavan kuvan alla olevaan ruutuun. Voitte myös piirtää selventäviä kuvia kohtaan lisäselvityksiä tai erilliselle paperille.

| | | | |
|--------------------|--|--|--|
| Kellariton talo | | | |
| Talossa kellari | | | |
| Talossa osakellari | | | |
| Talo rinteellä | | | |
| Talo rinteellä | | | |

KELLARI, OSAKELLARI TAI RINNETALON ALIN KERROS

Alimman kerroksen käyttötarkoitus

- Tekninen tila Päiväkotitiloja
 Autotalli Varasto
 Muu, mikä _____

Alimman kerroksen pinta-ala _____ m²

Kulkuyhteys alimpaan kerrokseen

- Avoin portaikko Portaat ja ovi
 Vain ulkokautta

Alimman kerroksen tai kellarin lattiamateriaali

- Betoni Maa tai kallio
 Muu, mikä _____

Maanvastaisten seinien materiaali

- Betoni Kevytsojaraharkko
 Muu, mikä _____

Vastaaja (nimi ja yhteystiedot)

Rakennuksen berustamistapa

Kellarittoman talon tai kellarittoman talon osan perustus, merkitse rasti oikeaan vaihtoehtoon A-D

A Perusmuuri ja maanvarainen lattialaatta

Perusmuuri (sokkeli)
 Betonista Kevytsojaraharkoista En tiedä

B Reunajäykistetty laatta

Sokkeli ja laatta välellä samankaltaisesti

C Ryömintätällainen perustus, jossa teräsbetoni- tai harkkosokkeli

Teräsbetoni- tai harkkosokkeli Kantava alapohja, betonisista tai puusta
 Ryömintätähti Tuuletusaukko

Alapohja Betonista Puusta

D Ryömintätällainen perustus, jossa kivijalka

Puusalapohja Ryömintätähti

Yhdistelmä perustustavoista A-D, mistä _____
 Muu, mikä _____
 En tiedä

LISÄSELVITYKSIÄ (tarvittaessa eri paperille)

KIITOS VAIVANNÄÖSTÄ!!



Arvoisa päiväkodin johtaja,

Säteilyturvakeskus tekee maanlaajuisen kartoituksen päiväkotirakennusten radonpitoisuudesta. Olemme olleet yhteydessä kuntanne ympäristöterveysviranomaiseen ja saaneet sieltä yhteystietonne. Kartoitukseen valittiin uusimmissa tiloissa toimivia päiväkoteja kunnittain, ja päiväkotinne valittiin mukaan.

Pyydämme teitä:

Sijoittamaan oheisessa muovipussissa olevat kaksi radonmittauspurkkia päiväkotiinne 2 kk ajaksi. Lähetämme teille mittausajan päättyessä erikseen kuoren, jossa purkit palautetaan Säteilyturvakeskukseen.

Säilyttämään oheisen mittauslomakkeen ja palauttamaan sen täytettynä yhdessä radonmittauspurkkien kanssa.

Mahdollisuuksien mukaan täyttämään oheisen rakennustietolomakkeen tai välittämään sen edelleen esim. kunnan kiinteistövastaavan täytettäväksi. Lomake palautetaan Säteilyturvakeskukseen purkkien yhteydessä tai erikseen.

Vastaan mielelläni kysymyksiin ja annan lisätietoja kartoituksesta, puh. (09) 759 88 471 tai tuomas.valmari@stuk.fi

RADONMITTAUSOHJE

Mittaus on syytä aloittaa heti purkkien saavuttua, merkitkää jo aluksi mittauksen aloituspäivä mittauslomakkeeseen. Ottakaa purkit pois muovipussista. **Älkää avatko purkkeja!** Asettakaa ne eri puolelle päiväkotia tiloihin, joissa lapset ja henkilökunta oleskelevat paljon. Jos tiloja on kahdessa kerroksessa, sijoittakaa yksi purkki kumpaankin kerrokseen. Sopiva sijoituspaikka on kirjahylly tai muu vastaava avoin tila korkeudella, jonne lapset eivät ylety. Älkää asettako niitä lähelle avattavaa ulko-ovea, ikkunaa tai raitisilmaventtiiliä. Älkää myöskään asettako purkkia uuninreunukselle, betoni- tai kivitasolle.

Avustanne kiittäen

Tuomas Valmari
Tutkija, Säteilyturvakeskus

Liitteenä: 2 kpl radonmittauspurkkeja muovipussissa
Mittauslomake
Rakennustietolomake
Esite: Radon työpaikoilla



PÄIVÄKOTIEN RADONKARTOITUS 20.02.2006

STUK täyttää

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
|--|--|--|--|--|

MITTAUSLOMAKE

Päiväkodin nimi ja kunta
(Kerro myös oikea osoite, jos kirje tuli väärällä osoitteella)

Mittauksen aloituspäivä ____ . ____ 2006
(mittaus alkaa kun purkit otetaan pois muovipussista)

Mittauksen lopetuspäivä ____ . ____ 2006
(purkkien postiinjättöpäivä)

Kyseessä on

- Päiväkoti
 Ryhmäperhepäiväkoti
 Muu, mikä _____

Radonmittauspurkin numero **sijainti päiväkodissa**
(huoneen tai tilan nimi, myös kerros jos ei ole maanpinnan tasolla)

| | | |
|---|--|--|
| t | | |
| S | | |
| T | | |
| U | | |
| K | | |
| t | | |
| ä | | |

Radonmittauspurkin numero **sijainti päiväkodissa**
(huoneen tai tilan nimi, myös kerros jos ei ole maanpinnan tasolla)

| | | |
|---|--|--|
| t | | |
| S | | |
| T | | |
| U | | |
| K | | |
| t | | |
| ä | | |

Purkin numero löytyy sen pohjassa olevasta viivakooditarrasta.

Päiväkodin ilmanvaihdon tehokkuus on mielestäni

- Hyvä
 Kohtuullinen
 Huono

Tämä lomake pyydetään säilyttämään vaikkapa radonpurkin vieressä, ja palauttamaan yhdessä radonpurkkien kanssa. Lähetämme palautusta varten kuoren kun 2 kuukauden mittausaika päättyy.

KYSELYLOMAKKEIDEN TIETOJA

Yhteenveto vastauksista liitteiden 1 ja 2 lomakkeiden kysymyksiin. Kohtaan ”Ei vastattu” sisältyvät ne seitsemän päiväkotia, joiden rakennustietolomaketta ei palautettu. Osuudet on laskettu niiden vastausten kokonaismäärästä, jotka eivät kuulu luokkaan ”Ei vastattu”.

MITTAUSLOMAKKEEN KYSYMYKSET

Päiväkodin tyyppi

| | kpl | Osuus |
|---------------------|-----|-------|
| Päiväkoti | 317 | 86 % |
| Ryhmäperhepäiväkoti | 42 | 11 % |
| Muu * | 8 | 2 % |

* mukaan lukien 5 rakennusta, joissa toimii sekä päiväkotia ja ryhmäperhepäiväkoti

Päiväkodin ilmanvaihdon tehokkuus on mielestäni

| | kpl | Osuus |
|-----------------------------|-----|-------|
| Hyvä | 136 | 39 % |
| Kohtuullinen | 161 | 46 % |
| Huono | 40 | 11 % |
| Valittu useampi vaihtoehto* | 12 | 3 % |
| Ei vastattu | 18 | |

* Ilmanvaihdon tehokkuus vaihtelee joko eri tilojen välillä tai ajallisesti

RAKENNUSTIETOLOMAKKEEN KYSYMYKSET

Talotyyppi

| | kpl | Osuus |
|------------------------|-----|-------|
| Erillinen rakennus | 286 | 81 % |
| Rivi- tai paritalo | 35 | 10 % |
| Kerrostalo | 10 | 3 % |
| Muu, koulun yhteydessä | 15 | 4 % |
| Muu, joku muu | 7 | 2 % |
| Ei vastattu | 14 | |

Valmistumisvuosi

| | kpl | Osuus |
|-------------|-----|-------|
| 2000-luku | 69 | 21 % |
| 90-luku | 83 | 26 % |
| 80-luku | 86 | 27 % |
| 70-luku | 44 | 14 % |
| 60-luku | 18 | 6 % |
| 50-luku | 11 | 3 % |
| Aiemmin | 11 | 3 % |
| Ei vastattu | 45 | |

Perustamispaikka Onko talo perustettu kalliolle?

| | kpl | Osuus |
|-------------------|-----|-------|
| Ei | 299 | 91 % |
| Kyllä | 14 | 4 % |
| Kalliota louhittu | 17 | 5 % |
| Ei vastattu | 37 | |

Saadaanko talousvesi porakaivosta?

| | kpl | Osuus |
|-------------|-----|-------|
| Ei | 342 | 99 % |
| Kyllä | 3 | 0,9 % |
| Ei vastattu | 22 | |

Oleskelutilojen lattioiden pintamateriaali

(valitse yksi tai useampia vaihtoehtoja)

| | kpl | Osuus |
|---------------------|-----|-------|
| Muovimatto | 311 | 87 % |
| Parketti | 22 | 6 % |
| Lautalattia | 10 | 3 % |
| Muu | 58 | 16 % |
| Vastauksia yhteensä | 356 | |
| Ei vastattu | 11 | |

Pääasiallisin julkisivumateriaali (vain yksi rasti)

| | kpl | Osuus |
|-----------------------|-----|-------|
| Puu | 184 | 51 % |
| Tiili | 143 | 40 % |
| Betoni | 15 | 4 % |
| Kevytbetoni | 1 | 0,3 % |
| Muu | 4 | 1,1 % |
| Valittu useampi kohta | 12 | 3 % |
| Ei vastattu | 8 | |

Kantavien rakenteiden pääasiallinen rakennusmateriaali (vain yksi rasti)

| | kpl | Osuus |
|--------------------------|-----|-------|
| Puu | 243 | 75 % |
| Tiili | 30 | 9 % |
| Betoni | 43 | 13 % |
| Kevytbetoni | 2 | 0,6 % |
| Muu | 1 | 0,3 % |
| Valittu useampi kohta | 6 | 2 % |
| En tiedä tai ei vastattu | 42 | |

Onko päiväkodin radonpitoisuus mitattu aiemmin?

| | kpl | Osuus |
|---------------------------|-----|-------|
| Kyllä | 29 | 11 % |
| Ei | 244 | 89 % |
| Ei tietoa tai ei vastattu | 94 | |

Ilmanvaihtotapa

| | kpl | Osuus |
|--|-----|-------|
| Painovoimainen eli luonnollinen | 15 | 4 % |
| Koneellinen poistoilmajärjestelmä | 53 | 15 % |
| Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä | 277 | 80 % |
| Koneellinen* | 3 | 0,9 % |
| Ei tiedossa tai ei vastattu | 19 | |

* Ei tiedossa, onko koneellinen poistoilmajärjestelmä vai koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä

Rakennusvaiheen radontorjunta

| | Kaikki rakennukset (367 kpl) | | Perustamistapa: Perusmuuri ja maan- varainen laatta (182 kpl) | |
|---|---------------------------------|-------|--|-------|
| | kpl | Osuus | kpl | Osuus |
| Lattialaatan ja sokkelin liitos tiivistetty | 31 | 11 % | 21 | 14 % |
| Laatan alle on rakennettu imuputkisto | 10 | 4 % | 8 | 5 % |
| Imuputkisto ja imuri toiminnassa | 12 | 4 % | 8 | 5 % |
| Muu toimenpide* | 2 | 0,7 % | 0 | 0 % |
| Ei toimenpiteitä* | 227 | 83 % | 124 | 81 % |
| Vastauksia yhteensä | 274 | | 154 | |
| Ei vastattu | 93 | | 28 | |

* "Ei toimenpiteitä" sisältää myös ne lomakkeen kohdassa "Muu" ilmoitetut toimenpiteet, jotka liittyvät perustamistavan valintaan (esim. tuulettuva alapohja). Perustamistapa kysyttiin erikseen, joten sitä ei tässä kohdassa ole huomioitu toimenpiteenä.

Jälkeenpäin tehdyt radonkorjaukset

| | kpl | Osuus |
|-------------|-----|-------|
| Kyllä | 2 | 0,7 % |
| Ei | 292 | 99 % |
| Ei vastattu | 73 | |

Päiväkodin pinta-ala

| | kpl | Osuus |
|-------------------------|-----|-------|
| 70-100 m ² | 14 | 5 % |
| 100-200 m ² | 43 | 14 % |
| 200-300 m ² | 43 | 14 % |
| 300-400 m ² | 31 | 10 % |
| 400-500 m ² | 35 | 12 % |
| 500-600 m ² | 34 | 11 % |
| 600-700 m ² | 22 | 7 % |
| 700-800 m ² | 31 | 10 % |
| 800-900 m ² | 10 | 3 % |
| 900-1000 m ² | 14 | 5 % |
| Yli 1000 m ² | 22 | 7 % |
| Ei vastattu | 68 | |

Kerrostalossa sijaitsevat päiväkodit**Päiväkoti on ___ kerroksessa**

(maan tasalla oleva kerros on 1. kerros)

| | kpl | Osuus |
|-------------|-----|-------|
| 1 | 6 | 67 % |
| 1,5 | 1 | 11 % |
| 1 ja 2 | 1 | 11 % |
| 2 | 1 | 11 % |
| Ei vastattu | 1 | |

Talossa on ___ kerrosta (kellaria ei huomioida)

| | kpl | Osuus |
|-------|-----|-------|
| Kaksi | 7 | 70 |
| Kolme | 2 | 20 |
| Neljä | 1 | 10 |

Onko talossa kellarikerros?












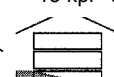



| | kpl | Osuus |
|-------|-----|-------|
| Kyllä | 5 | 50 % |
| Ei | 5 | 50 % |

Päiväkodin alapuolella on

| | kpl | Osuus |
|----------------|-----|-------|
| Maa tai kallio | 4 | 40 % |
| Muita tiloja | 6 | 60 % |

Muut kuin kerrostalossa sijaitsevat päiväkodit ***Pientalotyyppi**

Pientalotyyppi Laita rasti taloasi parhaiten kuvaavan kuvan alla olevaan ruutuun. Voit myös piirtää selventäviä kuvia kohtaan lisäselvityksiä tai erilliselle paperille.

| | | | | |
|--------------------|---|---|---|---------------------------------|
| Kellariton talo |  |  |  | |
| | 154 kpl | 64 kpl | 7 kpl | sekä 4 kpl ilman kuvan valintaa |
| Talossa kellari |  |  |  | |
| | 4 kpl | 3 kpl | 1 kpl | |
| Talossa osakellari |  |  |  | |
| | 4 kpl | 7 kpl | 15 kpl | sekä 2 kpl ilman kuvan valintaa |
| Talo rinteellä |  |  |  | |
| | 5 kpl | 2 kpl | 3 kpl | |
| Talo rinteellä |  |  |  | |
| | 8 kpl | 3 kpl | 1 kpl | |

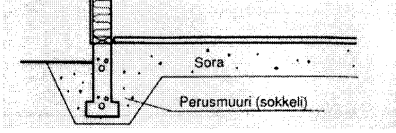
| | kpl | Osuus |
|--------------------|-----|-------|
| Kellariton talo | 229 | 80 % |
| Talossa kellari | 8 | 3 % |
| Talossa osakellari | 28 | 10 % |
| Talo rinteellä | 22 | 8 % |
| Ei vastattu | 72 | |

* Mukaan lukien 2 kpl talotyyppiltään kerrostaloksi merkittyä rakennusta, joiden osalta kysymykseen on vastattu. Muita kerrostaloja (8 kpl) ei ole sisällytetty kohtaan ”Ei vastattu”.

Perustamistapa *

merkitse rasti oikeaan vaihtoehtoon A-D

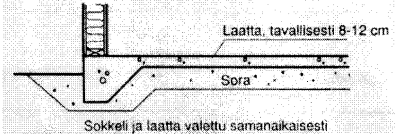
A Perusmuuri ja maanvarainen lattialaatta



Perusmuuri (sokkeli)

Betonista Kevytsoraharkoista En tiedä

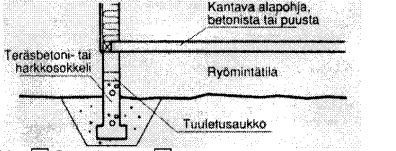
B Reunajäykistetty laatta



Laatta, tavallisesti 8-12 cm

Sokkeli ja laatta valettu samanaikaisesti

C Ryömintätilainen perustus, jossa teräsbetoni- tai harkkosokkeli



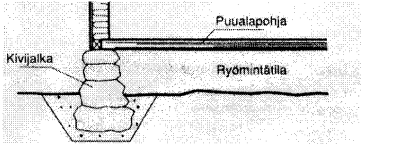
Kantava alapohja, betonista tai puusta

Ryömintätila

Tuuletusaukko

Alapohja Betonista Puusta

D Ryömintätilainen perustus, jossa kivijalka



Puualapohja

Kivijalka

Ryömintätila

Yhdistelmä perustustavoista A-D, mistä

Muu, mikä

En tiedä

| | kpl | % |
|--|------------|-----------|
| Perusmuuri ja maanvarainen lattialaatta | | |
| Perusmuuri (sokkeli) | | |
| Betonista | 111 | 45 |
| Kevytsoraharkoista | 18 | 7 |
| Ei ilmoitettu | 53 | 22 |
| Yhteensä | 182 | 74 |

| | | |
|--------------------------------|-----------|-----------|
| Reunajäykistetty laatta | 33 | 13 |
|--------------------------------|-----------|-----------|

| | kpl | % |
|--|-----------|----------|
| Ryömintätilainen perustus, jossa teräsbetoni- tai harkkosokkeli | | |
| Alapohja betonista | 5 | 2 |
| Alapohja puusta | 3 | 1,2 |
| Ei ilmoitettu | 11 | 4 |
| Yhteensä | 19 | 8 |

| | | |
|---|----------|----------|
| Ryömintätilainen perustus, jossa kivijalka | 6 | 2 |
|---|----------|----------|

| | | |
|---------------------------------|------------|------------|
| Yhdistelmä | 2 | 0,8 |
| Muu | 3 | 1,2 |
| En tiedä tai ei vastattu | 115 | |

* Perustamistapa selvitetiin erikseen kunnan ympäristöterveysviranomaisilta niiden kahden päiväkodin osalta, joiden radonpitoisuus ylitti 200 Bq/m³ eikä tietoa ollut vastattu rakennustietolomakkeessa. Kummassakin tapauksessa kyseessä oli perusmuuri ja maanvarainen laatta. Taulukkoon on otettu mukaan 3 kpl talotyypiltään kerrostaloksi merkittyä rakennusta, joiden osalta kysymykseen on vastattu. Muita kerrostaloja (7 kpl) ei ole sisällytetty kohtaan "Ei vastattu".

Kellarilliset, osakellarilliset ja rinteelle rakennetut talot**Alimman kerroksen käyttötarkoitus**

| | kpl | Osuus |
|---------------------|-----|-------|
| Tekninen tila | 26 | 49 % |
| Päiväkotitiloja | 18 | 34 % |
| Autotalli | 1 | 2 % |
| Varasto | 29 | 55 % |
| Muu | 20 | 38 % |
| Vastauksia yhteensä | 53 | |
| Ei vastattu | 5 | |

Alimman kerroksen pinta-ala

| Alimman kerroksen pinta-ala päiväkodin pinta-alasta | kpl | Osuus |
|--|-----|-------|
| Alle 25% | 17 | 57 % |
| 25 - 50% | 7 | 23 % |
| 51 - 99% | 2 | 7 % |
| 100% | 2 | 7 % |
| Yli 100% | 2 | 7 % |
| Ei vastattu | 28 | |

Kulkuyhteys alimpaan kerrokseen

| | kpl | Osuus |
|-----------------|-----|-------|
| Avoin portaikko | 10 | 18 % |
| Vain ulkokautta | 10 | 18 % |
| Portaat ja ovi | 35 | 64 % |
| Ei vastattu | 3 | |

Alimman kerroksen tai kellarin lattiamateriaali

| | kpl | Osuus |
|----------------|-----|-------|
| Betoni | 52 | 96 % |
| Maa tai kallio | 0 | 0 % |
| Muu | 2 | 4 % |
| Ei vastattu | 4 | |

Maanvastaisten seinien materiaali

| | kpl | Osuus |
|-----------------|-----|-------|
| Betoni | 51 | 94 % |
| Kevytsoraharkko | 1 | 2 % |
| Muu | 2 | 4 % |
| Ei vastattu | 4 | |



Laipatie 4, 00880 Helsinki
Puh. (09) 759 881, fax (09) 759 88 500
www.stuk.fi

ISBN 978-952-478-206-7
ISSN 0781-1705

Editä Prima Oy, Helsinki 2007