

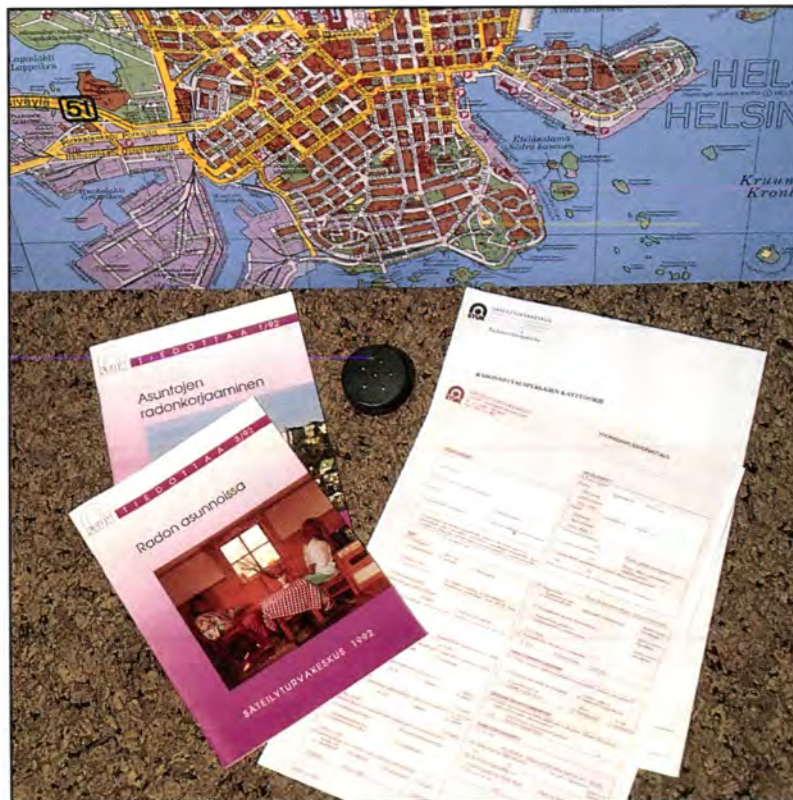


Helsingin kaupungin

ympäristökeskuksen julkaisuja

8/96

Asuntojen radonmittaukset Helsingissä



Jussi Rintala, Ilona Mäkeläinen,
Anne Voutilainen ja Markku Viinikka
Helsinki 1996

Kannen kuva: Jari Aho

Jussi Rintala, Ilona Mäkeläinen, Anne Voutilainen ja Markku Viinikka

Asuntojen radonmittaukset Helsingissä

SISÄLLYSLUETTELO

ESIPUHE

YHTEENVETO

SAMMANDRAG

1. JOHDANTO	1
2. LUONNOSSA ESIINTYVÄ SÄTEILY	1
3. RADON	2
4. SUOMEN RADONTILANNE	3
5. RADONIN TERVEYSVAIKUTUKSET	4
6. RADONIN OHJEARVOT	6
7. MITTAUKSET	6
8. TULOKSET	8
8.1 Maa- ja kivilajin vaikutus radonpitoisuuteen	9
8.2 Perustamistavan vaikutus radonpitoisuuteen	11
8.3 Ilmanvaihtotavan vaikutus radonpitoisuuteen	12
8.4 Valmistumisvuoden vaikutus radonpitoisuuteen	13
9. RADONTILANNE HELSINGISSÄ	14
10. RADONIN ESIINTYMISEN ENNUSTETTAVUUS	15
11. RADONIN TORJUNTA	15
12. JOHTOPÄÄTÖKSET	16

KIRJALLISUUS

ESIPUHE

Helsingin kaupungin ympäristökeskus, silloinen Helsingin kaupungin terveystalon valvontaosasto, aloitti huoneilman radonpitoisuusmittaukset jo marraskuussa 1983. Tarkoituksena oli kartoittaa kaupungin alueen radontilannetta. Vuonna 1986 Lääkintöhallitus velvoitti ohjekirjeessään kuntien terveyslautakuntia selvittämään yhteistyössä Säteilyturvakeskuksen kanssa, voidaanko kunnan aluetta tai sen osaa pitää radonhaitta-alueena. Ympäristökeskus on jatkanut Helsingin kaupungin alueella huoneilman radonpitoisuusmittauksia Säteilyturvakeskuksen Helsingin alueelle laatimien radonmittaussuunnitelman ja huoneilman radonmittausten jatkosuunnitelman mukaisesti. Suunnitelmien mukaiset kartoitusmittaukset on loppuunsaoritettu.

Helsingin kaupungin alueelta on radonmittaustuloksia paljon myös Säteilyturvakeskuksen tekemistä mittauksista ja yksityisten asukkaiden Säteilyturvakeskuksella teettämistä mittauksista. Kaikki Helsingin alueella tehdyt huoneilman radonpitoisuusmittausten tulokset on koottu tähän raporttiin. Raportin ovat kirjoittaneet Jussi Rintala Helsingin kaupungin ympäristökeskuksesta sekä Ilona Mäkeläinen ja Anne Voutilainen Säteilyturvakeskuksesta. Markku Viinikka Helsingin kaupungin ympäristökeskuksesta on ollut alusta asti mukana tekemässä radonpitoisuusmittauksia Helsingissä.

YHTEENVETO

Raportissa on mukana radonmittaustulokset 1469 asunnosta Helsingin kaupungin alueelta. Aineisto koostuu Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen tekemistä mittauksista ja Säteilyturvakeskuksen tekemistä sekä yksityisten asukkaiden Säteilyturvakeskuksella teettämistä mittauksista. Kaikki mittaukset on tehty pientaloissa tai kerrostalojen ensimmäisen kerroksen asunnoissa.

Kaikkien mitattujen asuntojen keskiarvo oli 154 Bq/m^3 ja mediaani 116 Bq/m^3 . Koko maan keskiarvo oli Säteilyturvakeskuksen otantatutkimuksessa 145 Bq/m^3 , joten Helsingin radontilanne vastaa hyvin koko maan tilannetta. Mitattu radonpitoisuus ylitti 400 Bq/m^3 6 %:ssa asunnoista ja uusia asuntoja koskeva radonpitoisuuden enimmäisarvo 200 Bq/m^3 ylittyi 23 %:ssa asunnoista.

Eri maalajeille rakennetuista asunnoista korkein huoneilman radonpitoisuuden keskiarvo oli harjulle rakennetuissa asunnoissa, mutta pienen aineiston vuoksi sitä ei voi verrata muille maalajeille rakennettujen asuntojen keskiarvoon. Kalliolle rakennettujen asuntojen huoneilman radonpitoisuuden keskiarvo oli muille maalajeille rakennettujen asuntojen keskiarvoa jonkin verran korkeampi ja myös 200 Bq/m^3 ylittävien asuntojen osuus selvästi muita suurempi. Kalliolle rakennettujen asuntojen kivilajeista granodioriittialueella huoneilman radonpitoisuudet olivat hieman korkeampia kuin muilla kivilajialueilla.

Rakennuksen perustamistavoista ryömintätilainen perustus näyttää olevan edullisin huoneilman radonpitoisuuden suhteen ja sokkeli+maanvarainen lattialaatta epäedullisin. Perustamistavan mukaan korkean riskin ryhmään kuuluvat talot, joissa on 1) ala-kerrassa maata vasten olevia seiniä ja avoin yhteys yläkertaan, tai 2) talot on rakennettu 1980-luvulla tai myöhemmin maanvaraiselle laatalle, tai 3) talot ovat vanhempia, mutta maanvarainen laatta on rakennettu lekaharkosta.

Koneellinen poistoilmanvaihto ja koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto aiheuttavat asunnossa alipainetta, jonka seurauksena huoneilman radonpitoisuuksien keskiarvo oli selvästi suurempi kuin asunnoissa, joissa on painovoimainen ilmanvaihto.

Huoneilman radonpitoisuuksien keskiarvo oli noin 75 Bq/m^3 suurempi vuonna 1975 tai sen jälkeen rakennetuissa asunnoissa kuin ennen vuotta 1975 rakennetuissa. Rakennusten perustamistapa muuttui ja ilmanvaihtoa pienennettiin. Avoin kulkuyhteys ala- ja yläkerran välillä yleistyi asunnoissa, joissa on maata vasten olevia seiniä.

Tarkasteltaessa Helsingin postinumeroalueittain huoneilman radonpitoisuuksien keskiarvoja sellaisilla alueilla, joilla mittauksia oli vähintään 10 kpl, oli keskiarvo yli 200 Bq/m^3 Lassilan, Pihlajamäen, Heikinlaakso-Puistolan, Kontulan ja Mellunmäen alueilla.

SAMMANDRAG

Rapporten behandlar mätresultaten från radonmätningar i 1469 bostäder i Helsingfors. Materialet består av mätningar som utförts dels av Helsingfors stads miljöcentral, dels av Strålsäkerhetscentralen, antingen på eget bevåg eller på uppdrag av enskilda invånare. Samtliga mätningar har utförts i småhus eller i lägenheter i bottenvåningen i flervåningshus.

Medeltalet i samtliga mätningar i bostäder var $1,54 \text{ Bq/m}^3$ och medianvärdet var 116 Bq/m^3 . Medeltalet i hela Finland var i en sampelundersökning av Strålsäkerhetscentralen 145 Bq/m^3 ; av detta kan vi se, att radonsituationen i Helsingfors väl överensstämmer med situationen i landet allmänt taget. Den uppmätta radonhalten översteg 400 Bq/m^3 i 6 % av bostäderna, och det fastställda gränsvärdet för radonhalten i nya bostäder, 200 Bq/m^3 , överskreds i 23 % av bostäderna.

En översikt av på vilka jordmåner bostäderna byggts ger indikationer om att den högsta radonhalten i rumsluften förekommer i bostäder som byggts på åsar, men på grund av det begränsade materialet kan resultaten inte jämföras med medeltalet för bostäder som byggts på mark av andra slag. Bostäder som står på klippgrund hade ett högre värde på radonhalten än genomsnittet, och bland dessa bostäder var också andelen mätningar på över 200 Bq/m^3 klart högre än i bostäder på mark av andra slag. Av de på klippgrund byggda bostäderna hade de som stod på områden av granodiorit något högre radonhalter än de övriga.

Av de olika husgrundslösningarna verkar lösningen med fristående trossbotten och kryputrymme under huset vara den bästa lösningen med tanke på radonhalten, och lösningar som består av sockel och en golvplatta som ligger an mot marken vara den minst fördelaktiga. Enligt husgrundslösningarna tycks den största radonrisken förekomma 1) i hus vilkas bottenvåningsväggar går ända ned i marken och där luftpassagen är fri till de högre våningarna, 2) i hus byggda på 1980-talet eller senare, på en bottenplatta som ligger direkt på marken, eller 3) i hus som är äldre, men som är byggda på en bottenplatta av lättgrusblock.

Mekanisk utsugning av ventilationsluften eller helt mekanisk ventilation (tilluft + utluft) skapar ett visst undertryck i bostaden, och det gör att radonhalterna i bostäder av detta slag är klart högre än i bostäder vilkas ventilation sker enligt gravitationsprincipen.

Medeltalet för radonhalterna i rumsluften var omkring 75 Bq/m³ högre i hus byggda år 1975 eller senare, jämfört med hus byggda före detta år. Då infördes ett nytt sätt att göra husgrunder, samtidigt som man gick in för mindre luftväxling i ventilationen. Det blev vanligare med fria passager mellan nedre och övre våningen, och väggarna började gå ända ned i marken.

I en granskning enligt postdistriktsnummer i Helsingfors av radonhalterna, där postdistrikt med mindre än tio mätningar utelämnas, mättes medelradonhalter på över 200 Bq/m³ i distrikten Lassas, Rönbacka, Henriksdal-Parkstad, Gårdsbacka och Mellungsbacka.

1. JOHDANTO

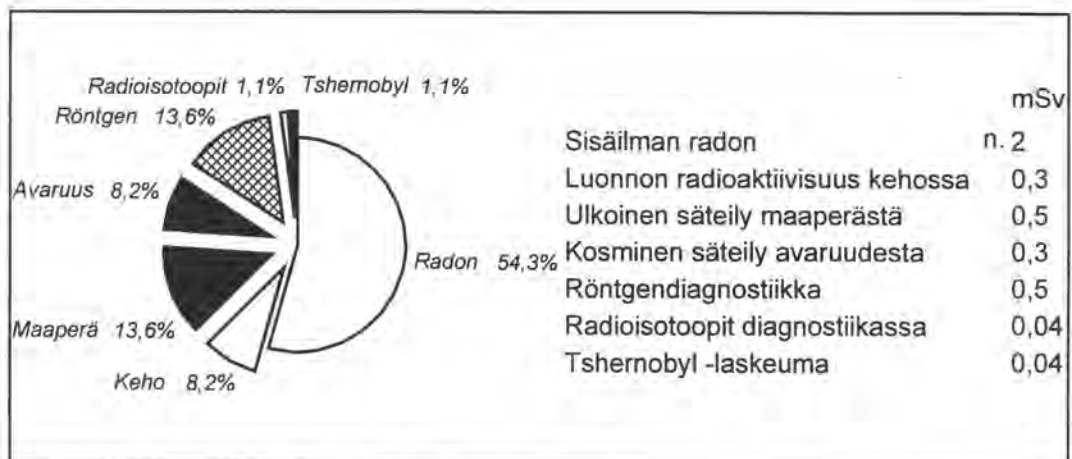
Helsingin kaupungin ympäristökeskus aloitti huoneilman radonpitoisuuden mittaukset yhteistyössä Säteilyturvakeskuksen kanssa vuonna 1983. Talvikauden 1983 - 1984 mittausten perusteella laadittiin raportti, Huoneilman ja porakaivoveden radonmittaukset Helsingissä.¹ Lääkintöhallitus antoi ohjekirjeessään 2/86 enimmäisarvot huoneilman radonpitoisuudelle ja kehotti kuntia selvittämään yhteistyössä Säteilyturvakeskuksen kanssa, voidaanko jotain kunnan aluetta tai sen osaa pitää radonhaitta-alueena.²

Helsingissä ympäristökeskus jatkoi radonmittauksia Säteilyturvakeskuksen tekemän suunnitelman mukaisesti talvikausina 1986, -87 ja -88. Näiden mittausten perusteella laadittiin raportti Radonmittaukset Helsingissä.³ Säteilyturvakeskus laati 1992 huoneilman radonmittausten jatkosuunnitelman Helsingissä.⁴ Ympäristökeskus on mitannut suunnitelman mukaan huoneilman radonpitoisuuden 400 asunnossa talvikausina 1992, -93 ja -94. Kaikkiaan Helsingin kaupungin ympäristökeskus on mitannut radonpitoisuuden 866 asunnossa.

2. LUONNOSSA ESIINTYVÄ SÄTEILY

Luonnosta peräisin oleva säteily on ylivoimaisesti suurin säteilyaltistaja. Eniten säteilyannosta saadaan huoneilman radonista niin koko maapallolla kuin Suomessa. Suomalaisen saamat keskimääräiset säteilyannokset eri lähteistä on esitetty kuvassa 1.

Ulkoista säteilyä saamme maankamarassa ja rakennusmateriaaleissa olevien radioaktiivisten aineiden lähettämästä gammasäteilystä. Avaruudesta peräisin olevalle säteilylle joudumme alttiiksi kaikkialla, lentokoneessa enemmän kuin maan pinnalla. Monia luonnossa esiintyviä radioaktiivisia aineita joutuu kehoomme ruuan, juoman ja hengityksen mukana. Lisäksi elinympäristöömme on joutunut



Kuva 1. Suomalaisen saamat keskimääräiset vuotuiset säteilyannokset.

jonkin verran radioaktiivisia aineita ilmakehässä tehdyistä ydinkokeista sekä Tshernobylin onnettomuuden seurauksena.

3. RADON

Asuntojen ja työpaikkojen radonpitoisuudet ovat Suomessa maailman korkeimpia. Tähän ovat syynä kylmä ilmastomme, rakennusten perustamistapa ja tiiveys, tavallista enemmän uraania sisältävä maankamara ja hyvin ilmaa läpäisevät harjut. Asuntojen radonpitoisuuden keskiarvo Suomessa on 120 becquereliä kuutiometrissä (Bq/m^3). Pientaloissa keskiarvo on $145 \text{ Bq}/\text{m}^3$, mikä on selvästi suurempi kuin kerrostalojen vastaava $82 \text{ Bq}/\text{m}^3$. Keskimäärin radonista aiheutuu noin 2 millisievertin (mSv/v) vuotuinen säteilyannos. Korkeimpien radonpitoisuuksien asunnoissa asukkaiden säteilyannos voi olla 200 - 300 mSv/v .

Uraanin hajoamissarjan ainoa kaasumainen jäsen radon hajoaa lyhytikäisiksi hajoamistuotteiksi, joista osa lähettää alfasäteilyä. Hajoamistuotteet ovat kiinteitä aineita, ja ne kiinnittyvät helposti ilman pölyhiukkasiin tai seinien ja huonekalujen pinnoille. Ilmassa leijuvat radonin hajoamistuotteet kulkeutuvat hengityksen mukana keuhkoihin. Itse radonkaasu poistuu uloshengityksen mukana, mutta suurin osa hajoamistuotteista tarttuu keuhkojen sisäpintaan. Keuhkojen saama säteilyannos lisää keuhkosyövän syntymämahdollisuutta.

Asunnossa esiintyvän radonin tärkein lähde on rakennuksen alla ja ympärillä oleva maa-aines, niin maa- ja kallioperä kuin täytemaakin. Rakennusmateriaalit aiheuttavat lähes kaiken radonpitoisuuden kerrostaloasunnoissa, pientaloissa niiden merkitys on vähäisempi. Rakennusmateriaalien ei tiedetä aiheuttaneen Suomessa enimmäisarvon ylityksiä. Joissain tapauksissa radonpitoisen porakaivoveden käyttö voi nostaa huoneilman radonpitoisuutta erittäin paljon.

Lämmityskautena asunnossa vallitsee alipaine. Ulkoilman ja sisäilman välisen paine-eron johdosta maaperästä virtaa radonpitoista ilmaa perustusten läpi asuntoon. Radonin sisäänvirtaus on voimakkainta talvella, kun lämpötilaero sisäilman ja ulkoilman välillä on suurin.

Merkittävin vuotokohta on suomalaista rakennustapaa ajatellen maanvaraisen laatan ja sokkelin välinen sauma. Radonpitoinen ilma voi päästä virtaamaan esteettä myös huokoisessa kevytsoraharkossa. Lisäksi vuotoja voi tapahtua putkia ja kaapeleita varten tehdyistä läpivienneistä.

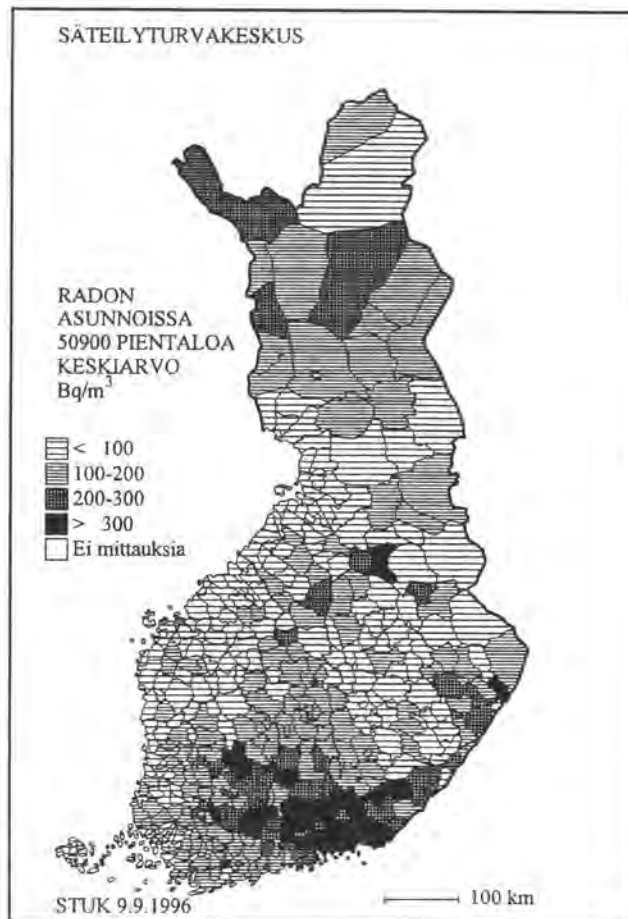
4. SUOMEN RADONTILANNE

Korkean radonpitoisuuden alueita ovat Itä-Uusimaa, Kymenlaakso sekä Hämeen lääni. Tällä yhtenäisellä alueella on mitattu suuria radonpitoisuuksia kaikille maa-lajeille ja kalliolle rakennetuissa taloissa. Radonpitoisuus harjuille ja Salpausselille rakennetuissa taloissa on yleensä kaksin - kolminkertainen verrattuna ympäristön taloihin.

Asuntojen radonpitoisuudet ovat alhaisimpia Vaasan, Oulun ja Kuopion lääneissä sekä Ahvenanmaalla. Myös suuri osa Turun ja Porin läänistä kuuluu alhaisen radonpitoisuuden alueeseen. Mikkelin ja Lapin läänit edustavat radonpitoisuustasoltaan Suomen keskiarvoa. Kaikissa Suomen lääneissä on mitattu yksittäisiä korkeita huoneilman radon-pitoisuuksia. Kuvassa 2 on esitetty huoneilman radonpitoisuuden jakauma kunnittain.

Maaperän huokosilmassa radonia on tavallisesti 10 000 - 100 000 Bq/m³, suurimmillaan jopa yli miljoona Bq/m³. Ulkoilmassa radonpitoisuus laimenee nopeasti ja on noin metrin korkeudella alle 10 Bq/m³. Asunnoissa radonpitoisuuden koko vuoden keskiarvo vaihtelee 10 - 20 000 Bq/m³, hetkellisesti on mitattu jopa yli 100 000 Bq/m³ pitoisuuksia.

Uusia asuntoja koskevan enimmäisarvon 200 Bq/m³ ylittäviä asuntoja arvioidaan olevan Suomessa 225 000 ja korjausrajan 400 Bq/m³ ylittäviä 66 000.



Kuva 2. Radonpitoisuuden jakauma kunnittain.

5. RADONI TERVEYSVAIKUTUKSET

Radon lisää riskiä sairastua keuhkosityöpään. Radon ei kuitenkaan vahingoita ihmisen terveyttä millään muulla tavoin. Radonin ja keuhkosityövän välinen yhteys on selvästi osoitettu kaivosympäristön epidemiologisissa tutkimuksissa, ja myös eläinkokeissa. Nykyiset asuntojen radonin raja-arvot perustuvat riskiarvioihin, jotka on saatu kaivosympäristössä tehdyistä tutkimuksista. Asuinympäristön epidemiologisissa tutkimuksissa riskin luottamusvälit ovat toistaiseksi olleet niin laajoja, etteivät ne ole voineet antaa vastausta kysymykseen riskin suuruudesta.

Kesällä 1996 ilmestyi kaksi suomalaista tieteellistä julkaisua radonin ja keuhkosityövän välisestä yhteydestä. Anssi Auvisen ym. tekemässä tutkimuksessa

valittiin perusjoukoksi ne suomalaiset, jotka olivat asuneet samassa pientalossa vähintään yhdeksäntoista vuoden ajan vuonna 1985.⁵ Näiden noin 900 000 henkilön joukosta löydettiin vuosina 1985-1992 noin 2000 keuhkosityöpätapausta. Kullekin tapaukselle valittiin samana vuonna syntynyt ja samaa sukupuolta oleva verrokkihenkilö. Sekä tapauksien että verrokkien kotona suoritettiin vuoden kestävä radonmittaus. Tutkittavilta henkilöiltä (tai jos he olivat kuolleet, heidän omaisiltaan) kyseltiin tietoja heidän tupakoinnistaan ja sellaisesta työltäistuksesta, jonka tiedettiin olevan yhteydessä keuhkosityöpään.

Tutkimuksessa ei havaittu tilastollisesti merkittävää radonaltistuksen riskiä sairastua keuhkosityöpään. Tulosten mukaan 400 Bq/m³ ylittävissä pitoisuuksissa asuneilla näytti olevan 15% suurempi todennäköisyys sairastua keuhkosityöpään kuin niillä, joiden radonpitoisuus oli alle 50 Bq/m³. Tämän luvun luottamusvälit olivat niin laajat, että riski voi olla myös sama tai lähes kaksinkertainen.

Eeva Ruosteenojan tutkimus valmistui jo 1991.⁶ Sen tulokset analysoitiin tarkemmin ja julkaistiin elokuussa 1996.⁷ Tämä tutkimus keskittyi itäisen Uudenmaan alueelle, missä radonpitoisuudet ovat korkeita. Tutkimukseen valittiin yhdeksäntoista maaseutukuntaa. Kaikki näissä kunnissa vuosina 1980-85 todetut miesten keuhkosityöpätapaukset valittiin mukaan tutkimukseen. Heille valittiin verrokki 1500 miestä käsittävästä joukosta, joiden ikäjakauma oli sama kuin keuhkosityöpätapausten. Tälle joukolle lähetettiin tupakointia koskeva kysely. Verrokeiksi valittiin kaikki tupakoitsijat sekä tupakoimattomista ja tupakoinnin lopettaneista 50 henkilön otokset. Tämäkään tutkimus ei näyttänyt tilastollisesti merkitsevää radonin aiheuttamaa riskiä.

Tähän mennessä on tehty neljä asuinympäristössä suoritettua tutkimusta, joissa on ollut yli 500 keuhkosityöpätapausta. Suurin niistä on Ruotsissa 1994 valmistunut Pershagenin ym. julkaisema tutkimus, jossa radonin ja keuhkosityövän välinen yhteys tuli selvästi näkyviin.⁸ Kaksi muuta tutkimusta on tehty USA:ssa ja Kanadassa, ja niiden antamat tulokset olivat negatiivisia kuten suomalaisillakin.^{9,10} On epävarmaa, voidaanko radonin ja keuhkosityövän välistä yhteyttä koskaan saada

kvantitatiivisesti määritettyä asuinympäristön epidemiologisilla tutkimuksilla. Tämä ei ehkä ole edes teoriassa mahdollista.¹¹

Kaivosympäristön epidemiologiset tutkimukset ovat varmemmalla pohjalla sikäli, että niissä radonaltistukset ovat olleet korkeita ja seuranta-ajat pitkiä. USA:ssa julkaistiin tutkimus, jossa yhdistettiin yhdentoista kaivostutkimuksen aineistot, ja niistä tehtiin yhteenveto. Tässä tutkimuksessa saatiin näkyviin tilastollisesti merkitsevä riski jo 50 WLM:n altistuksella, mikä vastaa viidenkymmenen vuoden asumista 200 Bq/m³ radonpitoisuudessa.¹² Tältä kannalta katsottuna sosiaali- ja terveysministeriön nykyiset suositukset ovat edelleen perusteltuja.

6. RADONIN OHJEARVOT

Lääkintöhallituksen 1986 antama enimmäisarvo huoneilman radonpitoisuudelle oli 800 Bq/m³.² Sosiaali- ja terveysministeriö alensi enimmäisarvon vuonna 1992 puoleen. Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen mukaan huoneilman radonpitoisuuden ei tulisi ylittää 400 Bq/m³ ja uusi asunto tulee suunnitella ja rakentaa siten, että radonpitoisuus ei ylittäisi arvoa 200 Bq/m³. Radonpitoisuudella tarkoitetaan radonpitoisuuden vuosikeskiarvoa, joka on mitattu tai mittauksen perusteella määritetty radonpitoisuuden keskiarvo vuoden pituisena yhtäjaksoisena aikana. Radonpitoisuus määritetään Säteilyturvakeskuksen hyväksymällä mittausmenetelmällä. Määrityksen tulee perustua vähintään kahden kuukauden pituiseen yhtäjaksoiseen mittaukseen.¹³

7. MITTAUKSET

Raportissa on mukana radonmittaustulokset yhteensä 1469 asunnosta Helsingin alueella. Helsingin kaupungin ympäristökeskus on mitannut radonpitoisuuden 866 asunnossa. Koko väestön saaman altistuksen selvittämiseksi Säteilyturvakeskus suoritti 1990 - 91 satunnaisotantaan perustuvan tutkimuksen koko maassa.¹⁴ Tähän otantaan kuuluvia Helsingin alueella tehtyjä mittauksia sisältyy raporttiin 97 kpl. Lisäksi mukana on muita Säteilyturvakeskuksen Helsingissä tekemiä ja yksityisten Säteilyturvakeskuksella teettämiä mittauksia 506 kpl.

Mittaukset tehtiin integroivalla, pitkän aikavälin keskiarvon mittaavalla menetelmällä. Säteilyturvakeskuksen huoneilman radonpitoisuuden mittaukseen tarkoitettussa radonmittauspurkissa on alfasäteilylle herkkä polykarbonaattifilmi, johon radonin ja sen hajoamistuotteiden lähettämä alfasäteily saa aikaan näkymättömiä jälkiä. Jäljet saadaan esiin sähkökemiallisella syövytyksellä. Jälkien lukumäärä ja mittaustulos lasketaan automaattisesti.¹⁵ Radonmittauspurkit olivat asunnoissa kaksi kuukautta marraskuun alun ja huhtikuun lopun välisenä aikana, jolloin huoneilman radonpitoisuus on yleensä korkeimmillaan. Säteilyturvakeskus huolehti mittausten päätyttyä mittauspurkkien käsittelystä ja tulosten laskemisesta. Mittausajankohdan vaikutus pitoisuuden vaihteluihin on otettu huomioon muuntamalla yksittäiset mittaustulokset vuosikeskiarvoiksi.

Ympäristökeskuksen tekemissä mittauksissa mittauskohteet valittiin alkuvuosina siten, että saadaan alueellisesti ja kallioperän suhteen kattava jakautuma. Vuosina 1992, -93 ja -94 tehdyissä mittauksissa kohteet valittiin Säteilyturvakeskuksen laatiman radonmittausten jatkosuunnitelman mukaan.⁴ Suunnitelmassa oli osoitettu alueita, joilta ei ollut vielä riittävästi mittaustuloksia ja alueita, jotka erottuivat ympäristöstä korkeamman radontason vuoksi. Jälkimmäisillä alueilla mittauksia tehtiin osin hyvinkin tiheästi, jotta löydettäisiin asunnot, joissa radonpitoisuus ylittää 400 Bq/m^3 .

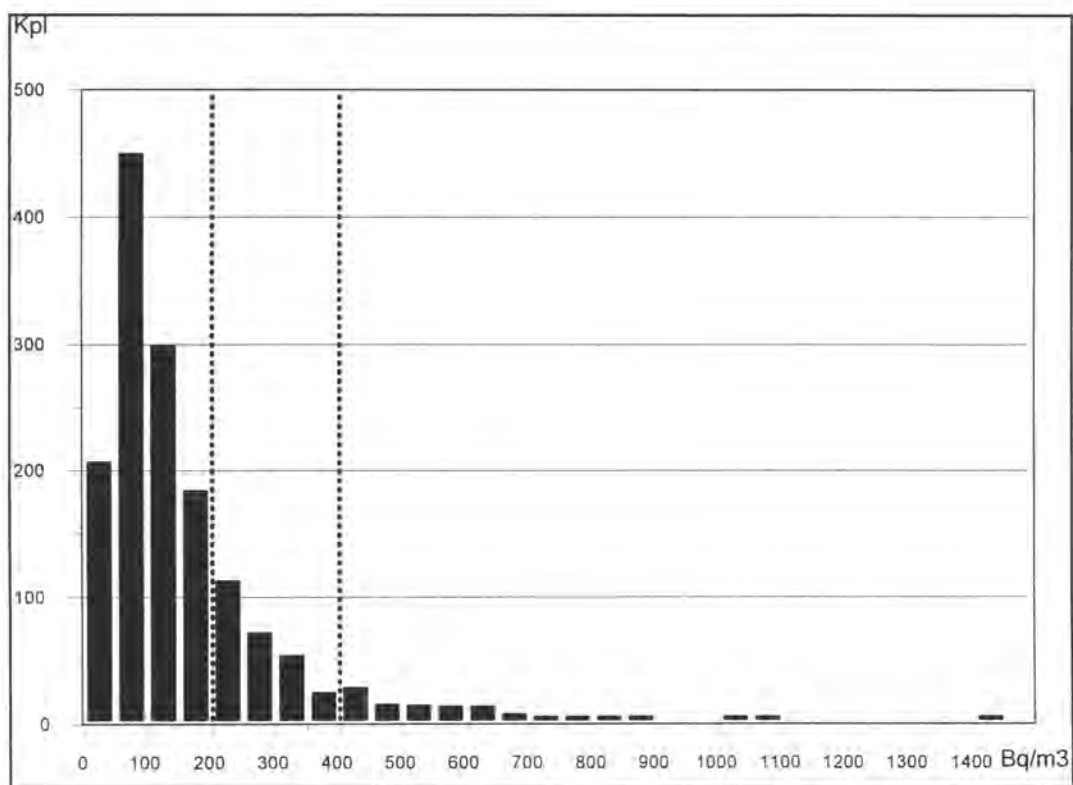
Mittauskohteiksi valittiin uusia ja vanhoja pientaloja sekä kerrostalojen maata vasten olevia asuntoja. Mittauspurkin yhteydessä asukkaat saivat Säteilyturvakeskuksen laatiman lomakkeen, jonka tietojen perusteella Säteilyturvakeskus on tallentanut rakennuksen rakenne- ja maaperätiedot. Kyselylomakkeen tiedot maaperästä on täydennetty Säteilyturvakeskuksen toimesta maa- ja kallioperäkarttojen avulla.^{16,17,18,19}

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen tekemien mittausten tulokset on tiedotettu asukkaille kirjallisena. Lääkintöhallituksen ohjekirjeen mukaisesti tulokset luokiteltiin kolmeen luokkaan, jotka olivat $\leq 200 \text{ Bq/m}^3$, $201 - 800 \text{ Bq/m}^3$ ja yli 800 Bq/m^3 .² Sosiaali- ja terveysministeriön antaman päätöksen jälkeen luokat olivat: $\leq 200 \text{ Bq/m}^3$, $201 - 400 \text{ Bq/m}^3$ ja yli 400 Bq/m^3 .¹³ Alimmassa luokassa

radonpitoisuus todettiin normaaliksi eikä alentaviin toimenpiteisiin tarvitse ryhtyä. Luokassa 201 - 400 (800) Bq/m³ huoneilman radonpitoisuus todettiin kohonneeksi ja sitä kehoitettiin alentamaan huolehtimalla riittävästä tuuletuksesta ja ilmanvaihdosta. Luokassa yli 400 Bq/m³ asukkaille lähetettiin tuloksen ilmoittamisen yhteydessä Säteilyturvakeskuksen tiedote, Asuntojen radonkorjaaminen.²⁰ Lisäksi asukkaita kehoitettiin lisätietojen saamiseksi ottamaan yhteyttä Helsingin kaupungin ympäristökeskukseen.

8. TULOKSET

Kuva 3 esittää asuntojen määrän radonpitoisuuden mukaan luokiteltuna. Kaikkien mitattujen asuntojen radonpitoisuuden keskiarvo oli 154 Bq/m³ ja mediaani 116 Bq/m³. Koko maan pientalojen keskiarvo oli Säteilyturvakeskuksen otantatutkimuksessa 145 Bq/m³.¹⁴ Helsingin radontilanne vastaa hyvin koko maan keskimääräistä tilannetta, sillä kerrostalojen maata vasten olevien asuntojen radonpitoi-



Kuva 3. Mitattujen asuntojen jakauma radonpitoisuuksien mukaan.

suudet ovat vertailukelpoisia pientalojen pitoisuuksiin. Mitatuista asunnoista 6 %:ssa radonpitoisuus ylitti 400 Bq/m³. Uusia asuntoja koskeva radonpitoisuuden enimmäisarvo 200 Bq/m³ ylittyi 23 %:ssa mitatuista asunnoista.

8. 1 MAA- ja KIVILAJIN VAIKUTUS RADONPITOISUUTEEN

Rakennusten alla oleva maalaji voitiin luotettavasti määrittää 941 mitatun asunnon kohdalta. Taulukossa 1 on esitetty eri maalajeille rakennettujen asuntojen lukumäärä, radonpitoisuuden keskiarvo, 200 ja 400 Bq/m³ ylitysten osuus sekä mitattu maksimipitoisuus.

Taulukko 1. Huoneilman radonpitoisuuden keskiarvot, 200 ja 400 Bq/m³ ylitykset ja maksimipitoisuudet maalajin mukaan.

Maalaji	Lukumäärä	Keskiarvo Bq/m ³	200 Bq/m ³ ylit. %-osuus	400 Bq/m ³ ylit. %-osuus	Maksimipit. Bq/m ³
Harju	9	275	22	11	1444
Muu hiekka	140	146	19	4	627
Kallio	355	166	29	6	870
Moreeni	219	136	17	5	812
Savi	218	118	14	2	553

Harju = sora tai hiekka harjumuodostumissa.

Muu hiekka = sora tai hiekka muissa lajittuneen maalajin muodostumissa.

Harjulle rakennettujen asuntojen radonpitoisuuden korkea keskiarvo johtuu asunnosta, josta mitattiin koko aineiston korkein pitoisuus. Kalliolle rakennettujen asuntojen keskiarvo on jonkin verran muille maalajeille rakennettujen asuntojen keskiarvoa suurempi ja 200 Bq/m³ ylittävien asuntojen osuus on selvästi muita suurempi. Savelle rakennettujen asuntojen radonpitoisuuksien keskiarvo on matalin, mutta 200 Bq/m³ ylittävien asuntojen osuus on kuitenkin 14 %. Savi on huonosti ilmaa läpäisevä maalaji ja osa korkeista radonpitoisuuksista saattaa olla peräisin rakennuksen alla olevasta täytemaasta.

Helsingin kallioperä on pääasiassa tumman ja vaalean kivilajin pienipiirteistä vaihtelua. Tällaisia kiviä kutsutaan migmatiiteiksi eli seoskiviksi. Pääkivilajina on graniitti, joka vuorottelee kiillegneissin tai amfiboliitin kanssa. Todellisen kivilajivaihtelun esittäminen kallioperäkartoilla on mahdotonta. Niinpä kartoissa graniittialueella tai granodioriittialueella tarkoitetaan aluetta, jossa kyseinen kivilaji on pääkivilaji, mutta myös muita kivilajeja esiintyy. Kivilajien uraanipitoisuus Helsingin alueella vaihtelee paljon. Mitään tiettyä kivilajialuetta ei kuitenkaan voida pitää muita uraanirikkaampana.

Kaikille tutkituille asunnoille määritettiin rakennuspaikan kivilaji kallioperäkartan avulla.¹⁹ Kallioperän pienipiirteisestä migmaattisesta luonteesta johtuen kyseinen talo voi kuitenkin olla rakennettu yhtä hyvin myös jollekin muulle kuin kartassa esitetyille kivilajille. Taulukossa 2 on tarkasteltu kalliolle rakennettujen talojen radonpitoisuuksia.

Taulukko 2. Huoneilman radonpitoisuuden keskiarvot, 200 ja 400 Bq/m³ ylitykset ja maksimipitoisuudet kivilajin mukaan.

Kivilaji	Lukumäärä	Keskiarvo Bq/m ³	200 Bq/m ³ ylit. %-osuus	400 Bq/m ³ ylit. %-osuus	Maksimipit. Bq/m ³
GR	106	153	25	6	660
GRDR	100	205	41	14	870
GN	100	162	28	2	590
AFB	45	114	11	2	640

GR = graniitti, GRDR = granodioriitti tai kvartsidioriitti, GN = kiillegneissi tai kvartsimaasälpä gneissi tai -liuske, AFB = amfiboliitti, mafinen vulkaniitti.

Itä-Helsingin granodioriittialueella huoneilman radonpitoisuudet olivat hieman korkeampia kuin muilla kivilajialueilla. Amfiboliittialueilla pitoisuudet olivat keskimääräistä alhaisempia. Gneissi- ja graniittivaltaiset alueet edustavat Helsingin keskitasoa. Kaikilla alueilla esiintyy 400 Bq/m³ ylittäviä huoneilman radonpitoisuuksia. Koska kuitenkin on selvittämättä, mitä kivilajeja talojen rakennuspohjat todella edustavat, ei kivilajin vaikutuksesta asunnon radonpitoisuuteen voi tehdä luotettavia johtopäätöksiä.

8. 2 PERUSTAMISTAVAN VAIKUTUS RADONPITOISUUTEEN

Rakennuksen perustamistavan merkitystä huoneilman radonpitoisuuteen voidaan tarkastella 673 asunnon kohdalla. Taulukossa 3 on perustamistavan merkitys radonpitoisuuksiin. Ryömintätilainen perustus näyttää olevan radonin kannalta edullisin ja sokkeli+maanvarainen lattialaatta epäedullisin. Tällainen jaottelu ei kuitenkaan ole ainoa mahdollinen tapa kuvata rakennustavaan radonkriittisyyttä.

Taulukko 3. Huoneilman radonpitoisuuden keskiarvot, 200 ja 400 Bq/m³ ylitykset ja maksimipitoisuudet perustamistavan mukaan.

Perustamisstapa	Lukumäärä	Keskiarvo Bq/m ³	200 Bq/m ³ ylit. %-osuus	400 Bq/m ³ ylit. %-osuus	Maksimipit. Bq/m ³
Reunajäykistetty laatta	59	113	17	2	418
Sokkeli + maanvarainen lattialaatta	309	186	29	8	855
Ryömintätilainen perustus	91	100	8	1	415
Perusmuuri + kellari	214	140	21	6	812

Luokka perusmuuri+kellari sisältää sekä vanhoja "rintamamiestaloja", joiden radonriski on pieni, että uusia rinteeseen rakennettuja taloja. Huokoisen harkko-materiaalin käyttö maata vasten olevissa rakenteissa ja avoin portaikko niihin talon osiin, joissa on maata vasten olevia rakenteita, nostavat radonpitoisuutta.

Taulukossa 4 on talot jaettu perustamistavan mukaan kolmeen eri riskiluokkaan. Korkean riskin luokkaan kuuluvat talot, joissa on 1) alakerrassa maata vasten olevia seiniä, ja avoin yhteys ala- ja yläkerran välillä, tai 2) talo on rakennettu 80-luvulla tai myöhemmin, ja perustamistapana on maanvarainen laatta, tai 3) talo on vanhempi, mutta perusmuuri on rakennettu lekaharkosta. Matalaan riskiluokkaan

kuuluvat talot, joiden 1) perustuksena on ryömintätila tai 2) reunajäykistetty laatta, tai 3) talot, joiden perustamistapa on perusmuuri + kellari ja jotka ovat valmistuneet ennen vuotta 1968. Muut talot kuuluvat väliryhmään.

Taulukko 4. Huoneilman radonpitoisuuden keskiarvot, 200 ja 400 Bq/m³ ylitykset ja maksimipitoisuudet rakennustavan radonkriittisyyden perusteella.

Perustamistapa-luokka	Lukumäärä	Keskiarvo Bq/m ³	200 Bq/m ³ ylit. %-osuus	400 Bq/m ³ ylit. %-osuus	Maksimipit. Bq/m ³
Korkea riski	489	208	39	12	1037
Väliryhmä	739	133	17	3	1444
Matala riski	241	110	11	2	634

8. 3 ILMANVAIHTOTAVAN VAIKUTUS RADONPITOISUUTEEN

Tieto ilmanvaihtotavasta on käytettävissä 1375 mitatusta asunnosta. Taulukossa 5 on asuntojen jakautuminen eri ilmanvaihtotapojen mukaan ja ilmanvaihtotapojen vaikutus radonpitoisuuksiin.

Taulukko 5. Huoneilman radonpitoisuuden keskiarvot, 200 ja 400 Bq/m³ ylitykset ja maksimipitoisuudet ilmanvaihtotavan mukaan.

Ilmanvaihtotapa	Lukumäärä	Keskiarvo Bq/m ³	200 Bq/m ³ ylit. %-osuus	400 Bq/m ³ ylit. %-osuus	Maksimipit. Bq/m ³
Painovoimainen	860	129	15	3	1444
Koneellinen poisto	409	201	37	11	1059
Koneellinen tulo ja poisto	105	186	36	9	870

Painovoimainen ilmanvaihto näyttäisi olevan radonpitoisuuksien suhteen muita ilmanvaihtotapoja edullisempi. Asunnot, joissa on painovoimainen ilmanvaihto,

ovat kuitenkin suurelta osin vanhempia asuntoja. Tämä selittää osaltaan tilannetta. Koneellinen poistoilmanvaihto ja koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto aiheuttavat asunnossa alipainetta, jonka seurauksena radonin tunkeutuminen maaperästä asuntoihin tehostuu. Myös korvaavan ilman kulkureitit ovat usein järjestämättä, jolloin koneellinen poistoilmanvaihto ottaa korvaavan ilman rakenteiden läpi joko ulkoilmasta tai maaperästä.

8. 4 VALMISTUMISVUODEN VAIKUTUS RADONPITOISUUTEEN

Mitatuista asunnoista 1405 asunnon valmistumisvuosi on tiedossa. Taulukossa 6 on ennen vuotta 1975 ja sen jälkeen valmistuneet asunnot ja radonpitoisuudet. Vuonna 1975 ja sen jälkeen valmistuneissa asunnoissa radonpitoisuuksien keskiarvo oli selvästi korkeampi sekä 200 ja 400 Bq/m³ ylitysten osuus suurempi kuin aikaisemmin valmistuneissa asunnoissa. 1970-luvun alkupuolella rakennusten perustamistapa ja tiiveys muuttuivat. Avoin kulkuyhteys ala- ja yläkerran välillä yleistyi asunnoissa, joissa on alakerrassa maata vasten olevia seiniä. Myös ilmanvaihdon pienentäminen yleistyi energiakriisin jälkeen. On mahdollista, että käyttöön on otettu rakennuspaikkoja, joilla maaperän radonpitoisuus on korkeampi.

Taulukko 6. Huoneilman radonpitoisuuden keskiarvot, 200 ja 400 Bq/m³ ylitykset ja maksimipitoisuudet valmistumisvuoden perusteella.

Valmistumis- vuosi	Lukumäärä	Keskiarvo Bq/m ³	200 Bq/m ³ ylit. %-osuus	400 Bq/m ³ ylit. %-osuus	Maksimipit. Bq/m ³
Ennen 1975	732	115	12	3	1444
1975 ja jälkeen	737	191	34	9	34

9. RADONTILANNE HELSINGISSÄ

Liitteessä 1 on esitetty Helsingin kartta ja noin 940 asunnon mittaukset jaoteltuina huoneilman radonpitoisuuksien mukaan. Liite 2 esittää saman aineiston pohjalta

piirrettyä ruutukarttaa, jossa yhden ruudun sivun mitta on yksi kilometri. Verrattaessa karttoja, todetaan Itä- ja Pohjois-Helsingin alueella, että useat mitatut 400 - 800 Bq/m³ radonpitoisuudet eivät kuitenkaan runsaassa materiaalissa kohota koko alueen keskiarvoa kovin korkeaksi. Näissä kartoissa esitetyt mittaukset ovat kohteista, joista on tiedossa mittauskohteen koordinaatit.

Kaikki tehdyt mittaukset on ryhmitetty postinnumeroalueittain Helsingin radontilanteen selvittämiseksi. Liitteessä 3 on esitetty postinnumeroalueittain mittausten lukumäärä, keskiarvo, mediaani, 200 ja 400 Bq/m³ ylittävien mittausten lukumäärä sekä maksimi- ja minimipitoisuudet. Mittauksia on tehty 69 alueella 76:sta. Alueista, joilla mittauksia ei ole tehty, neljä on teollisuusalueita ja yksi Meilahden sairaala-alue. Vertailussa tarkastellaan vain sellaisia alueita, joilla on mitattu vähintään 10 asunnon radonpitoisuus. Viidellä alueella radonpitoisuuksien keskiarvo ylitti 200 Bq/m³ rajan. Nämä alueet ovat Lassila (postinnumero 00440), Pihlajamäki (00710), Heikinlaakso-Puistola (00870), Kontula (00940) ja Mellunmäki (00970). Koko Helsingin keskiarvo 154 Bq/m³ ylittyi yhdeksällä postinnumeroalueella. Osalla näistä alueista keskiarvot olivat kuitenkin hyvin lähellä koko Helsingin keskiarvoa. Jonkin verran enemmän poikkeavia keskiarvot olivat Malminkartanossa (00410), Kannelmäessä (00420), Malmilla (00700), Jollaksessa (00850) ja Vartioharjussa (00950).

Postinnumeroalueet ovat alueellisesti yhtenäisiä, mutta radontilanteen arvioimiseen ne eivät ole hyviä, sillä huoneilman radonpitoisuus on suurimmaksi osaksi riippuvainen rakennuksen alla olevan maaperän uraanipitoisuudesta ja läpäisevyydestä. Maaperän geologiset vaihtelut voivat pienenkin alueen sisällä olla huomattavia.

Hyvänä esimerkkinä radonpitoisuuden suuresta vaihtelusta pienellä alueella, voidaan mainita helsinkiläinen seitsemän paritaloa käsittävä yhtiö, jonka 14 asunnossa kahden kuukauden mittausjaksolla mitatut pitoisuudet vaihtelivat 120 - 1150 Bq/m³. Neljässä asunnossa radonpitoisuus ylitti enimmäisarvon 400 Bq/m³. Talot sijaitsevat melko jyrkästi nousevan mäen rinteessä. Osan radonpitoisuuden vaihteluista todettiin johtuvan rakenneteknisistä seikoista.²¹

10. RADONIN ESIINTYMISEN ENNUSTETTAVUUS

Liitteessä 2 esitettyä Helsingin radontilannekarttaa voidaan käyttää apuna arvioitaessa tietyn alueen radonriskiä uudisrakentamisessa. Koska radonpitoisuuteen vaikuttaa maaperän lisäksi myös rakennustapa, kartta voi antaa väärän kuvan alueista, joiden talokanta edustaa pääosin joko matalan tai korkean riskin rakennustapaa. Tämä epäkohta on korjattu liitteessä 4, jossa radonpitoisuudet on laskettu vastaamaan tilannetta, jossa kaikissa taloissa olisi käytetty korkean radonriskin rakennustapaa. Liitteestä näkyy, että suuressa osassa Helsingin aluetta keskiarvo on yli 200 Bq/m³, ellei radonia oteta huomioon rakennusvaiheessa. Ylitykset ovat luonnollisesti mahdollisia myös muualla.

11. RADONIN TORJUNTA

Radonin torjuminen asunnoissa tulisi ottaa huomioon jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Tässä vaiheessa torjuminen on helpointa ja kustannuksiltaan edullisinta. Myös kerrostalojen radontorjunta on otettava huomioon, sillä kerrostaloissa maata vasten olevien asuntojen radontilanne on täysin vastaava kuin pien- ja rivitaloissa.

Mikäli valmiissa rakennuksessa on mitattu korkea huoneilman radonpitoisuus, joudutaan tekemään valintoja erilaisten radonkorjausmenetelmien välillä. Oikean menetelmän valinta on asiantuntemusta vaativa tehtävä. Radonlähteiden ja talon rakenteiden tunteminen ovat valinnassa tärkeitä seikkoja. Jokainen asunto on tutkittava ja arvioitava omana tapauksenaan.²¹ Radonin torjunta uudisrakentamisessa ja radonkorjauksien tekeminen ovat laajoja ja monitahoisia tehtäviä ja niitä käsitteleviä tietoja on esimerkiksi seuraavissa julkaisuissa:

Ympäristöministeriö, Radonin torjuminen pien- ja rivitaloissa. Maanvaraisten rakenteiden suunnittelu. Opas 2 1993, Ympäristöministeriö. Painatuskeskus Oy, Helsinki 1994.

Arvela H. Asuntojen radonkorjauksen menetelmät STUK-A127. Säteilyturvakeskus, Helsinki 1995.

Ympäristöministeriö, Pien- ja rivitalojen radontekninen korjaus. Imupistemenetelmä. Opas 4 1996, Ympäristöministeriö. Edita Oy, Helsinki 1996.

12. JOHTOPÄÄTÖKSET

Helsingissä radonpitoisuuden keskiarvo on lähes sama kuin koko maan keskiarvo. Pääkaupunkiseudun alueella radontaso on Espoossa hieman pienempi ja Vantaalla taas suurempi kuin Helsingissä.

Radonmittausten jatkosuunnitelmassa osoitetut alueet, joilta epäiltiin löytyvän 400 Bq/m³ ylittäviä asuntoja, on nyt tutkittu. Muita geologisin perustein rajattavia radonhaitta-alueita ei ole nykyisen tietämyksen mukaan syytä määrittää. Yksittäisiä enimmäisarvon 400 Bq/m³ ylittäviä asuntoja voi kuitenkin löytyä eri puolilta Helsingiä, myös sellaisilta alueilta, joilta niitä ei ole toistaiseksi löytynyt. Syy korkeisiin pitoisuuksiin voi olla rakennuspaikan geologia, rakennustekniikka tai puutteellinen ilmanvaihto. Asunnon radonpitoisuus selviää vain mittaamalla.

Radonin torjunta asunnoissa on helpointa ja taloudellisesti edullisinta suunnittelu- ja rakennusvaiheessa.

KIRJALLISUUS

1. Forss P., Viinikka M., Voutilainen A., Mäkeläinen I. 1985. Huoneilman ja porakaivoveden radonmittaukset Helsingissä. Helsingin kaupungin työveysto, Raportti 26/1985.
2. Terveystoitolain (469/65) ja asetuksen (55/67) nojalla annetut huoneilman radonia koskevat ohjeet. Lääkintöhallituksen ohjekirje nro 2/1986, Dno 5740/02/85.
3. Rintala J., Viinikka M., Ahonen S., Forss P. 1992. Radonmittaukset Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristötoikunnan julkaisu 2/1992.
4. Voutilainen A. 1992. Huoneilman radonmittausten jatkosuunnitelma Helsingin kaupungissa. Tutkimusselostus 11.12.1992. Säteilytoivakeskus, julkaisematon.
5. Auvinen, A., Mäkeläinen, I., Hakama, M., Castrén, O., Pukkala, E., Reissbacka, H., Rytömaa, T. Indoor Radon Exposure and Risk of Lung Cancer: a Nested Case-Control Study in Finland. *J Natl Cancer Inst* 1996; 88:966-972.
6. Ruosteenoja, E. Indoor radon and risk of lung cancer: An epidemiological study in Finland. Helsinki: Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, Report STUK-A99 1991.
7. Ruosteenoja, E., Mäkeläinen, I., Rytömaa, T., Hakulinen, T., Hakama, M. Radon and Lung Cancer in Finland. *Health Phys.* 1996; 71(2):185-189.
8. Pershagen, G.; Åkerblom, G.; Axelson, O.; Clavensjö, B.; Damber, L.; Desai, G.; Enflo, A.; Lagarde, F.; Mellander, H.; Svartengren, M.; Swedje-mark, G.A. Residential radon exposure and lung cancer in Sweden. *N Engl J Med.* 1994; 330:159-164.
9. Alavanja, M.C.R., Brownson, R.C., Lubin, J.H., Berger, E., Chang, J., Boice, J.D.Jr. Residential Radon Exposure and Lung Cancer Among Nonsmoking Women. *J Natl Cancer Inst* 1994; 86:1829-1837.
10. Létoirneau, E.G.; Krewski, D.; Choi, N.W.; Goddard, M.J.; McGregor, R.G.; Zielinski, J.M.; Du, J. Case-control study of residential radon and lung cancer in Winnipeg, Manitoba, Canada. *Am J Epidemiol* 1994; 140:310-322.
11. Lubin, J.H., Boice, J.D.Jr., Samet, J.M. Errors in Exposure Assessment, Statistical Power and the Interpretation of Residential Radon Studies. *Radiat.Res.* 1995; 144:329-341.
12. Lubin, J.H., Boice, J.D.Jr., Edling, C., Hornung, R.W., Howe, G.R., Kunz, E., Kusiak, R.A., Morrison, H. I., Radford, E.P., Samet, J.M., Tirmarche, M., Woodward, A., Yao, S.X., Pierce, D.A. Lung Cancer Risk in Radon-Exposed

Miners and Estimation of Risk from Indoor Exposure. J Natl Cancer Inst 1995; 87:817-827.

13. Sosiaali- ja terveysministeriön päätös (944/92) asuntojen huoneilman enimmäisarvoista, 1992.

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

15. Säteilyturvakeskus. Radon asunnoissa. STUK Tiedottaa 3/92. Säteilyturvakeskus, Helsinki 1992.

16. Haavisto M., Kukkonen E. Suomen geologinen kartta 1:100 000, lehti 2034 Helsinki, maaperäkartta 1974 ja maaperäkartan selitys 1975, Geologinen tutkimuslaitos.

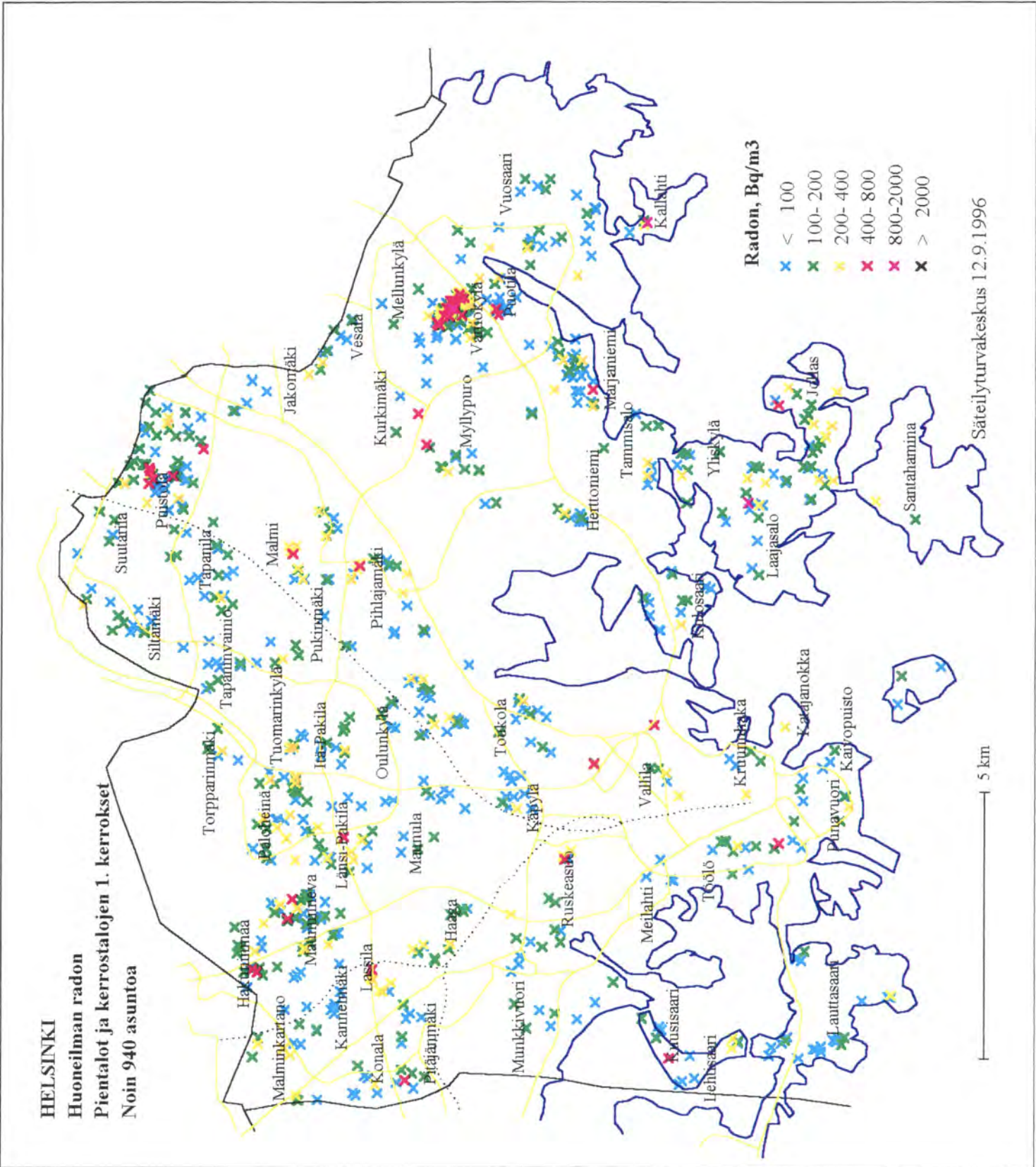
17. Virkkala K. Suomen geologinen kartta 1:100 000, lehti 2034 Kerava, maaperäkartta 1956 ja maaperäkartan selitys 1959, Geologinen tutkimuslaitos.

18. Helsingin geoteknillinen kartta, Geo 10 M/10, Helsingin kaupungin geoteknillinen toimisto 1972.

19. Helsingin geoteknillinen kartta, Geo 10K, kallioperäkartta, Helsingin Kaupungin geoteknillinen toimisto 1978.

20. Säteilyturvakeskus. Asuntojen radonkorjaaminen. STUK Tiedottaa 1/92. Säteilyturvakeskus, Helsinki 1992.

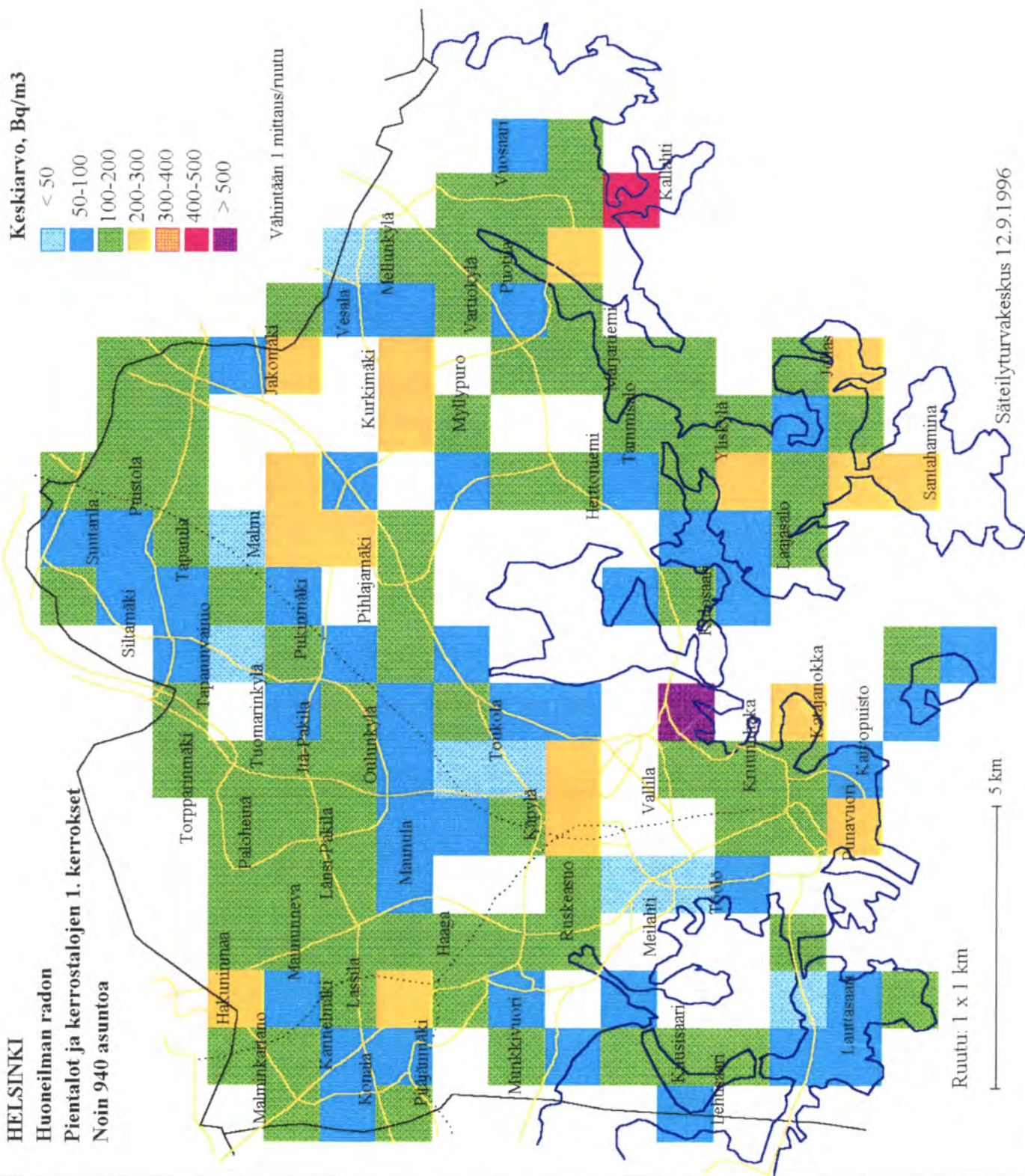
21. Arvela H. Asuntojen radonkorjauksen menetelmät, STUK-A127. Säteilyturvakeskus, Helsinki 1995.



Keskiarvo, Bq/m³



Vähintään 1 mittaus/ruutu



HELSINKI

Huoneilman radon

Pientalot ja kerrostalojen 1. kerrokset

Noiin 940 asuntoa

Ruutu: 1 x 1 km



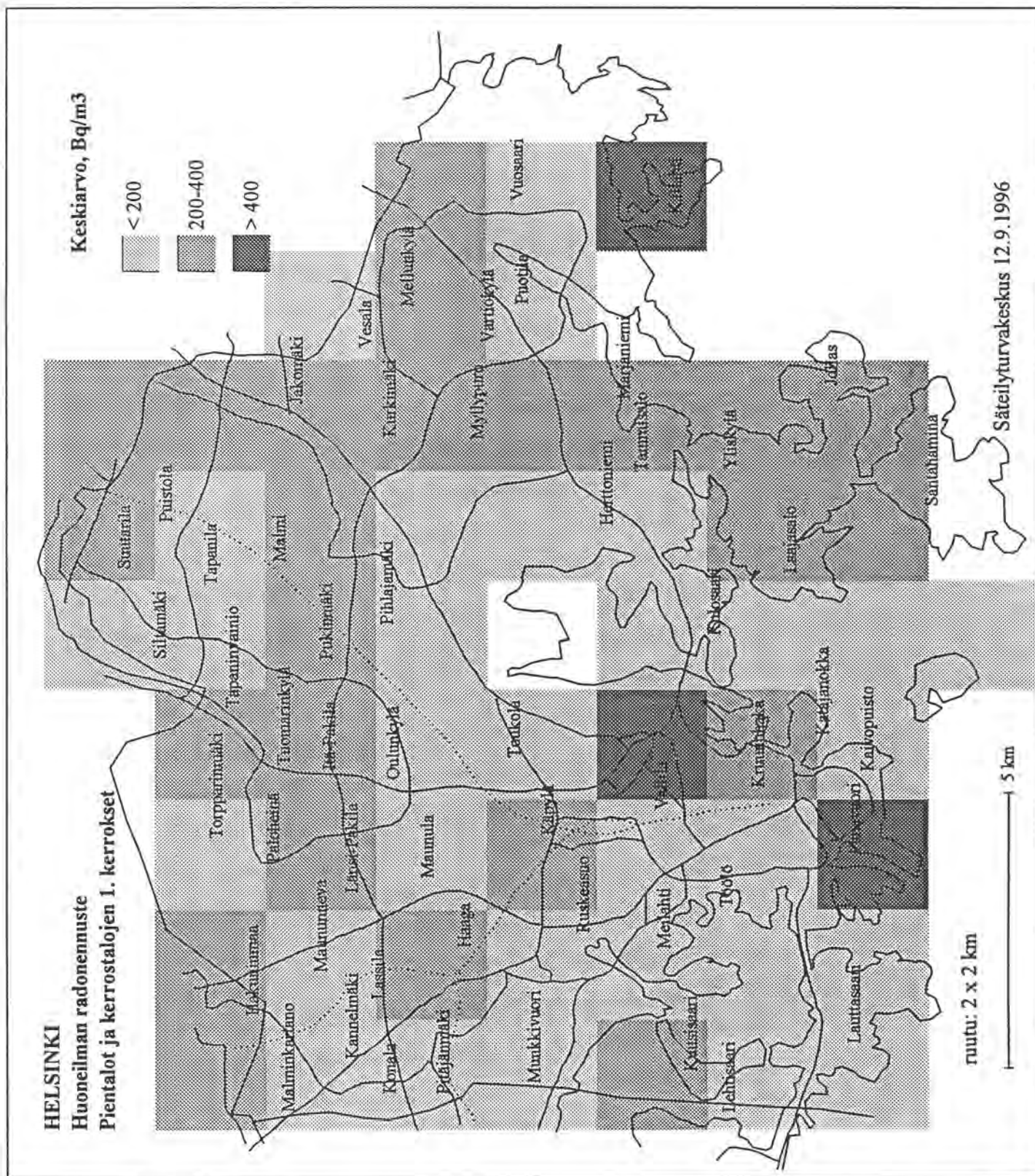
Säteilyturvakeskus 12.9.1996

Liite 3

Helsingin kaupungin alueella tehdyt huoneilman radonpitoisuusmittaukset postinumeroalueittain.

Posti-numero	Mittaus-ten lkm	Keski-arvo Bq/m ³	Medi-aani Bq/m ³	200 Bq/m ³ ylit.lkm	400 Bq/m ³ ylit.lkm	Maksimipit. Bq/m ³
00100	11	140	108	2	0	386
00120	2	84	84	0	0	124
00130	2	94	94	0	0	106
00140	6	77	76	0	0	130
00150	4	174	138	1	0	379
00160	1	246	246	1	0	246
00170	8	99	96	0	0	163
00180	6	141	82	1	1	468
00190	6	126	97	1	0	300
00200	27	71	68	0	0	154
00210	4	114	83	1	0	238
00240	5	196	211	3	1	408
00250	5	68	53	0	0	170
00260	1	38	38	0	0	38
00270	1	306	306	1	0	306
00280	2	126	126	0	0	128
00300	11	117	81	1	0	321
00310	1	245	245	1	0	245
00320	11	159	154	2	0	294
00330	6	74	52	0	0	155
00340	21	136	92	4	1	591
00350	12	79	63	0	0	145
00370	18	135	80	2	2	640
00390	16	84	68	0	0	200
00400	7	148	118	2	0	315
00410	16	174	158	7	0	346
00420	47	177	130	12	6	698
00430	44	150	133	9	2	425
00440	22	226	194	11	3	536
00500	1	737	737	1	1	737
00510	3	131	129	0	0	137
00530	4	182	170	2	0	309
00550	9	173	107	3	1	443
00560	18	93	88	1	0	279
00570	19	100	96	1	0	208
00600	14	68	49	1	0	247
00610	14	88	61	1	0	393
00620	20	109	83	2	0	392
00630	22	106	92	3	0	230
00640	18	108	101	1	0	229
00650	20	127	128	4	0	290
00660	57	145	98	14	2	614

Posti- numero	Mittaus- ten lkm	Keski- arvo Bq/m ³	Medi- aani Bq/m ³	200 Bq/m ³ ylit.lkm	400 Bq/m ³ ylit.lkm	Maksimipit., Bq/m ³
00670	51	150	139	14	1	401
00680	25	122	90	4	0	306
00690	6	177	133	2	1	458
00700	33	178	152	13	1	607
00710	20	228	172	9	4	716
00720	14	108	99	1	0	258
00730	41	116	103	6	0	281
00740	20	114	107	2	0	333
00750	18	119	100	3	0	284
00760	87	210	138	30	14	1037
00770	8	73	73	0	0	166
00780	24	101	77	4	0	285
00800	17	120	123	2	0	229
00820	3	150	148	1	0	213
00830	14	130	143	3	0	242
00840	48	157	120	9	2	870
00850	40	182	147	14	2	636
00860	3	155	143	1	0	279
00870	12	159	149	5	0	298
00900	4	78	62	0	0	159
00910	7	63	63	0	0	81
00920	25	137	128	3	1	496
00930	35	149	110	7	1	415
00940	53	215	112	17	9	1059
00950	238	184	131	75	26	812
00960	9	168	150	2	0	356
00970	10	302	241	5	3	655
00980	54	164	125	9	3	1444
YHT.	1461	154	116	341	89	1444



Tekijä(t)			
Jussi Rintala, Ilona Mäkeläinen, Anne Voutilainen ja Markku Viinikka			
Nimike			
Asuntojen radonmittaukset Helsingissä			
Julkaisija	Julkaisu-aika	Sivumäärä	Liitteet
Helsingin kaupungin ympäristökeskus	1996	16	4
Sarjan nimike		Osanumero	
Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja		8/96	
ISSN-numero 1235-9718	Kieli		
ISBN-numero 951-772-876-X	Koko teos	Tiivistelmä	Taulukot
	fin	fin, swe	Kuvatekstit
Avainsanat			
radon, huoneilma, radontilanne			
UDK			
Lisätietoja:			
Jussi Rintala, puh. 7312 2747 Markku Viinikka, puh. 7312 2756 Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristövalvontayksikkö Viipurinkatu 2, 00510 HELSINKI			

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1995

1. Töölönlahden sedimentin kunto ja sisäinen kuormitus
2. Huokoskaasu maaperän ja pohjaveden saastuneisuuden kuvaajana
3. Kosteus- ja homevaurioista helsinkiläisissä päiväkodeissa
4. Leivosten laatu ja myyntiolosuhteet myymälöissä
5. Koululounaan ravintosisältö ja laatu Helsingissä 1989 - 1993
6. Ryömintätilaisten alapohjien kosteus- ja homevauriot
7. Terveystieteiden toimipisteiden jätehuolto, 2. uudistettu painos
8. Sairauksien esiintyvyys homeille altistuneilla koululaisilla

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1996

1. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) pitoisuudet ulkoilmassa Helsingissä
2. Öljy-yhdisteiden biologinen hajoaminen ja saastuneen maan biosaneeraus
3. Helsingin ja Espoon merialueiden veloitettarkkailu vuonna 1995
4. Altistuminen typpidioksidille, hiilimonoksidille ja bentseenille Helsingin jäähallissa
5. Sedimentin kemikalioiden ja lisäveden johtamisen vaikutus Töölönlahden veden laatuun
6. Suomalainen ekobussi Pietarin ympäristöviikolla
7. Huoneilman ammoniakki
8. Asuntojen radonmittaukset Helsingissä

Julkaisujen tilaus:

ympäristökeskuksen neuvonta
Helsinginkatu 24, 00530 HELSINKI
puh. 7312 2730, fax 7312 2235

ISSN 1235-9718

ISBN 951-772-876-X
