



# **Radon rakennusten sisäilmassa: esiintyminen, enimmäisarvot, radonlähteet**

Radonkorjauskoulutus 10.11.2022, Vantaa  
Tuukka Turtiainen

# Oppimistavoitteet tältä luennolta



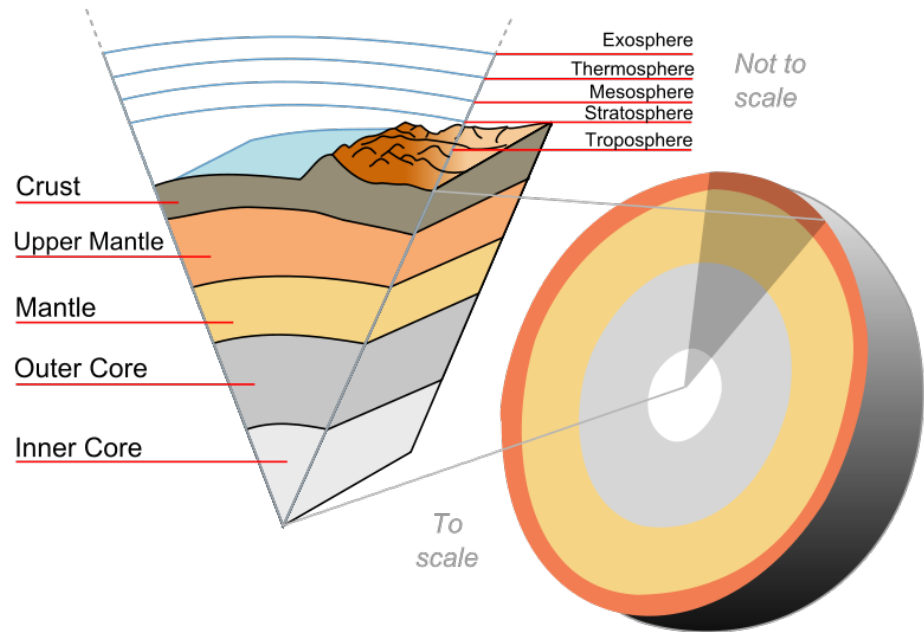
Miksi radonaltistusta pitää rajoittaa?

Mitkä ovat radonin enimmäisarvot?

Mitkä seikat vaikuttavat radonin kulkeutumiseen rakennusten sisäilmaan?

# Radon on peräisin uraanista

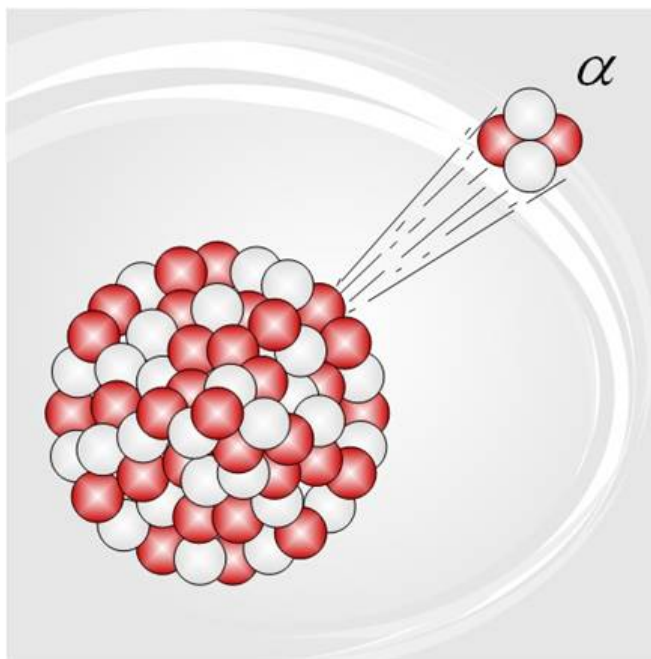
- Maankuoressa on pieniä määriä uraania (~1,4 mg/kg)
  - puoliintumisaika 4,5 miljardia vuotta
- Uraani on radioaktiivinen aine, jolla on hyvin pitkä puoliintumisaika (4,5 miljardia vuotta)
- Graniittisissa kivilajeissa suurimmat U-pitoisuudet
- Geokemiallisten prosessien ansiosta siirtynyt koko elinympäristöön
- Radioaktiivisen hajoamisen seurauksena uraani tuottaa koko ajan maankuoressa muita radioaktiivisia aineita, kuten radonia
- Maaperästä radon voi kulkeutua
  - Rakennusten sisäilmaan
  - Pohjaveteen



Lähde: Wikipedia

# Säteilyn määrää kuvataan becquerelillä

- Radioaktiivisen aineen ytimessä on liikaa energiaa = viritystila
- Viritystila purkautuu, kun ydin järjestyy uudelleen eli hajoaa
- Samalla syntyy säteilyhiukkanen



- Yksi becquerel (Bq) vastaa yhtä hajoamista sekunnissa
- Radonpitoisuuden yksikkö on Bq/m<sup>3</sup>
- Yksi becquerel (Bq) radonia vastaa vain 0,18 fg (femtogrammaa)  
 $1,8 \cdot 10^{-16} \text{ g}$
- Sen massa on häviävän pieni  
→ ei voi nähdä/ haistaa/ maistaa
- Esiintyy sekoittuneena ilmaan

# Radonia esiintyy koko maassa...

... mutta eniten Kaakkois-Suomessa ja Pirkanmaalla. Myös Länsi-Lapissa ja Pohjois-Karjalassa on selkeitä erityisen radonriskin alueita.

Korkeita pitoisuuksia eniten läpäisevillä maaperillä (soraharjut).

Keskiarvo/Medelvärde Bq/m<sup>3</sup>

>600

400 - 600

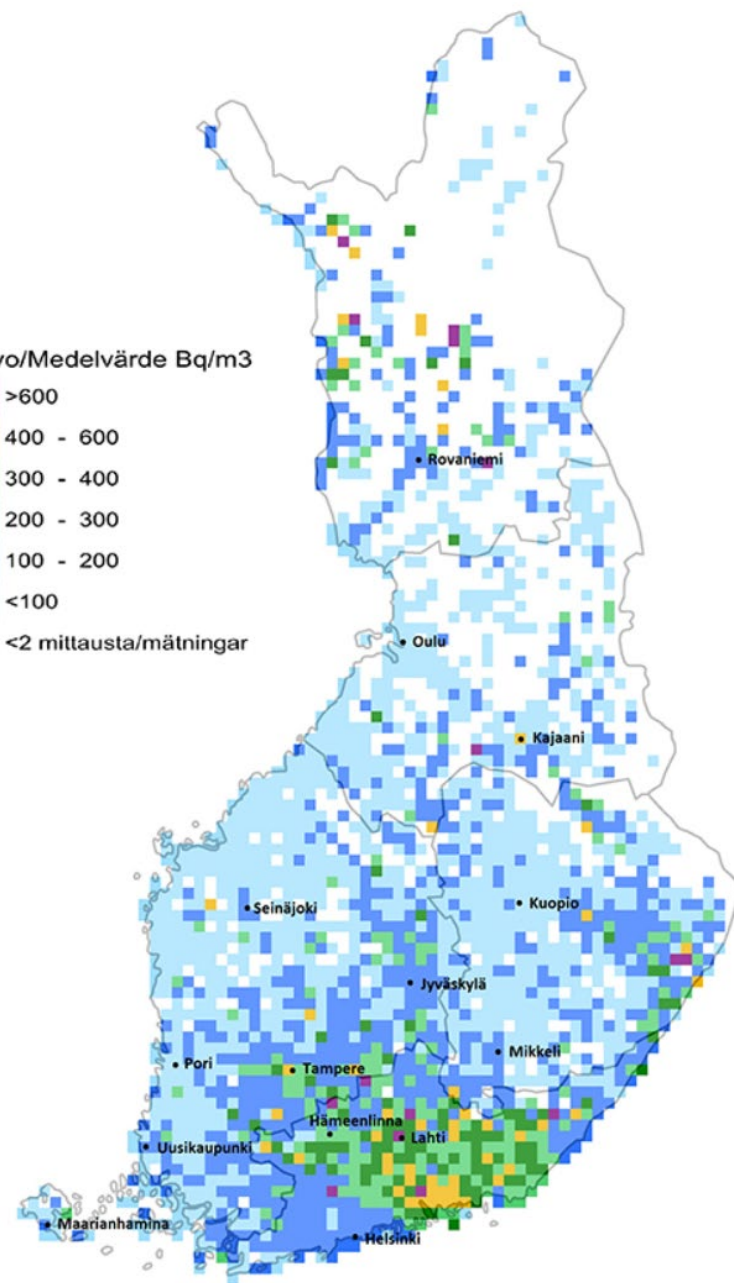
300 - 400

200 - 300

100 - 200

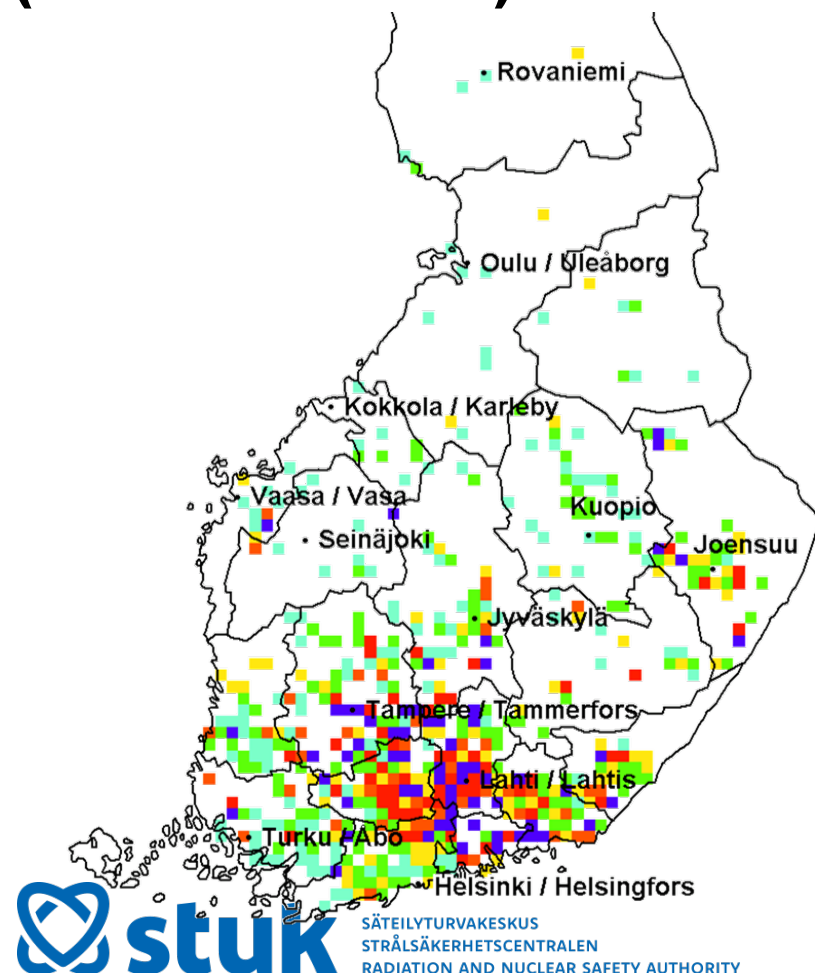
<100

<2 mittausta/mätningar

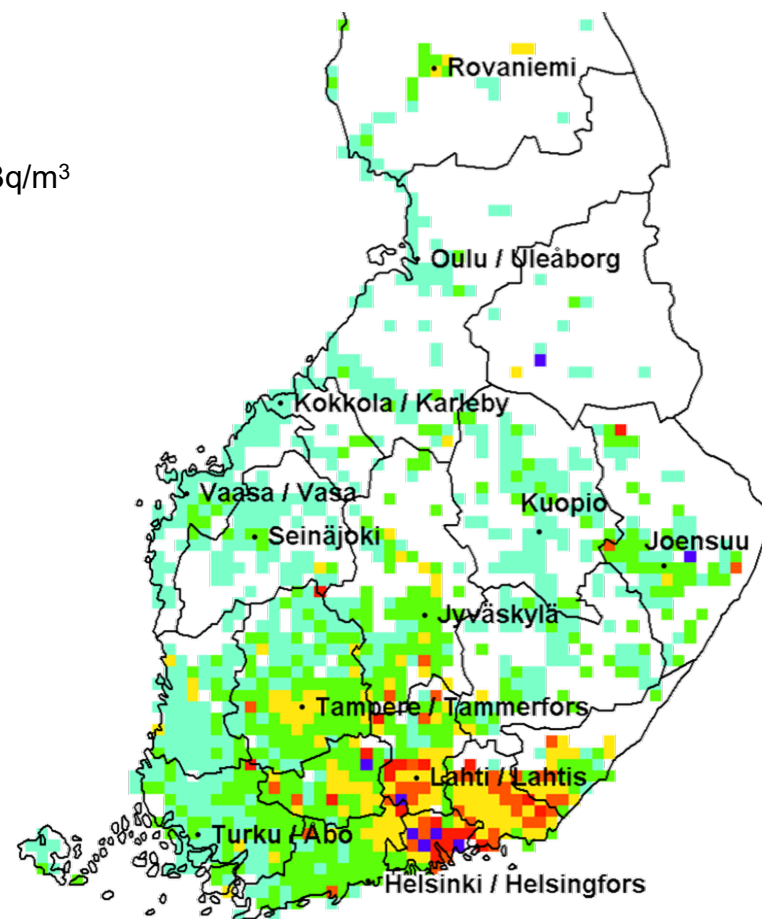


# Soraharjuilla korkeimmat pitoisuudet

**Harjut ja reunamuodostumat  
(sora tai hiekka)**



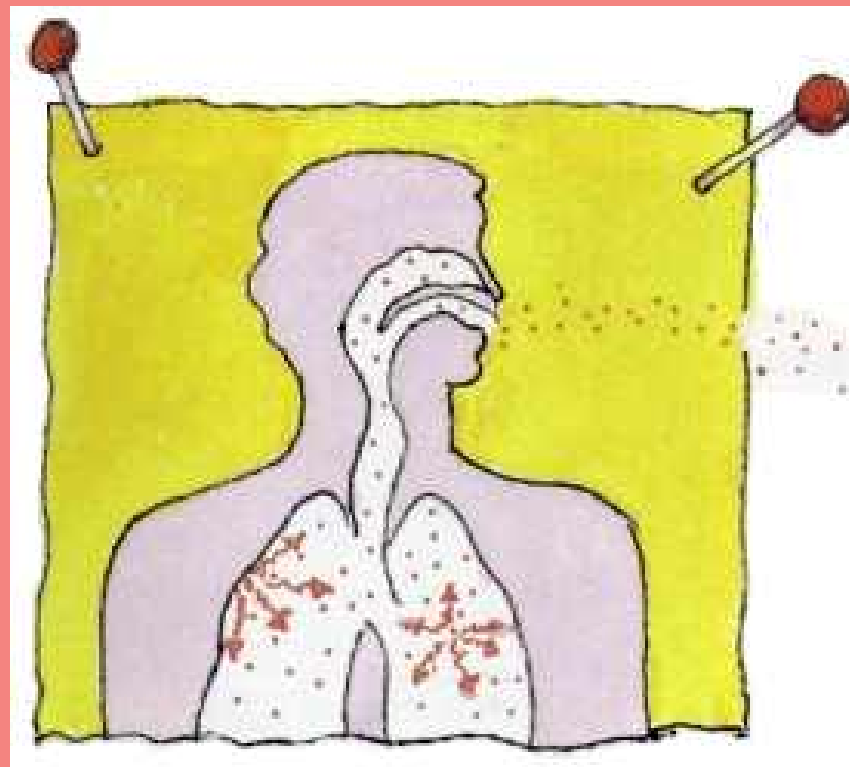
**Muut maalajit**



Tuukka Turtiainen

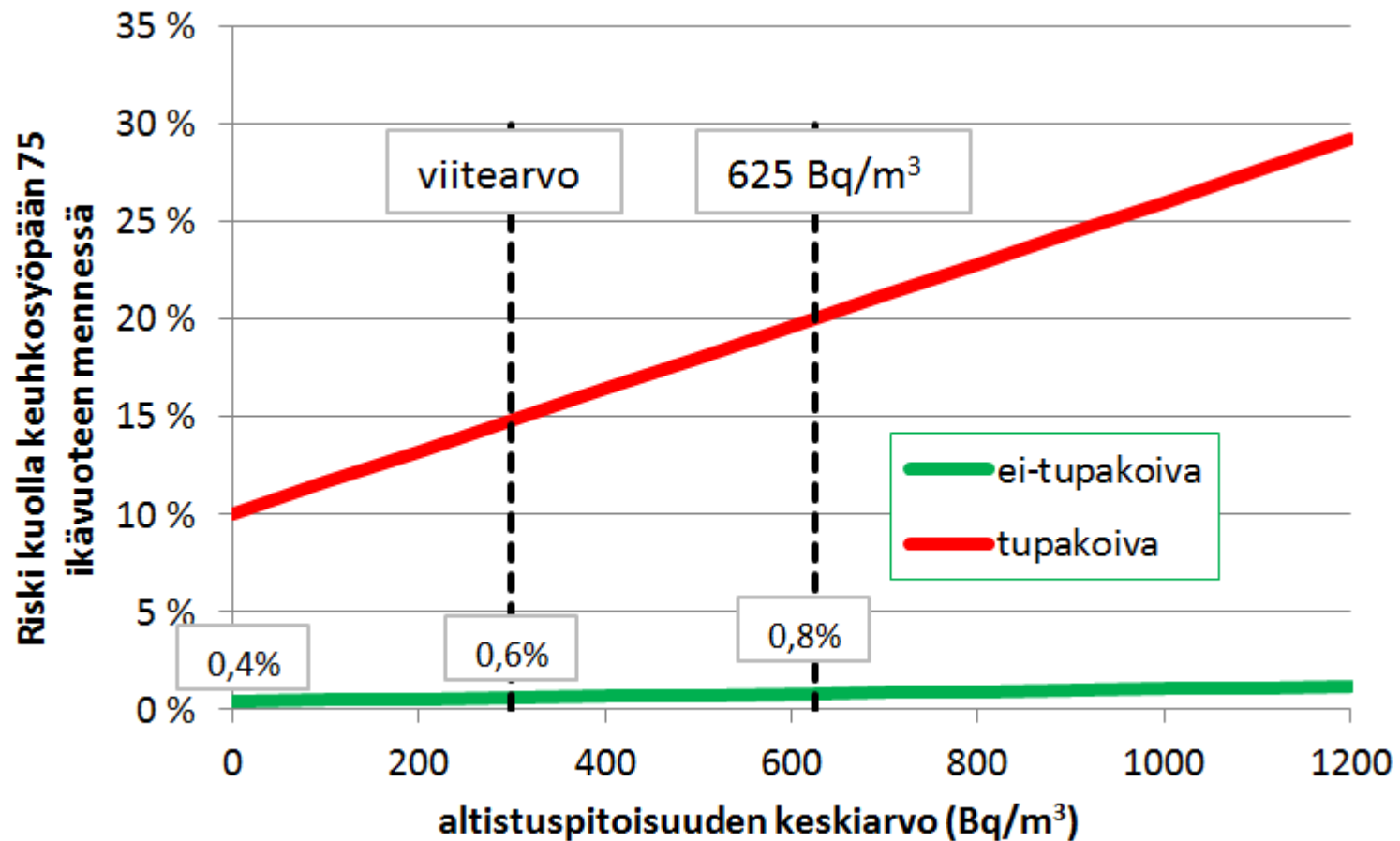
# Radonin aiheuttama terveyshaitta

- Radonkaasu tuottaa jatkuvasti ilmaan lyhytikäisiä, radioaktiivisia hajoamistuotteita, jotka esiintyvät kiinteinä hiukkasina
- Radon ja hajoamistuotteet kulkeutuvat hengityksen mukana keuhkoihin
- Hiukkaset kiinnittyvät hengitysteihin ja aiheuttavat säteilyannoksen
- Riski sairastua keuhkosityöpään kasvaa
- Nykytiedon mukaan ei aiheuta muita sairauksia



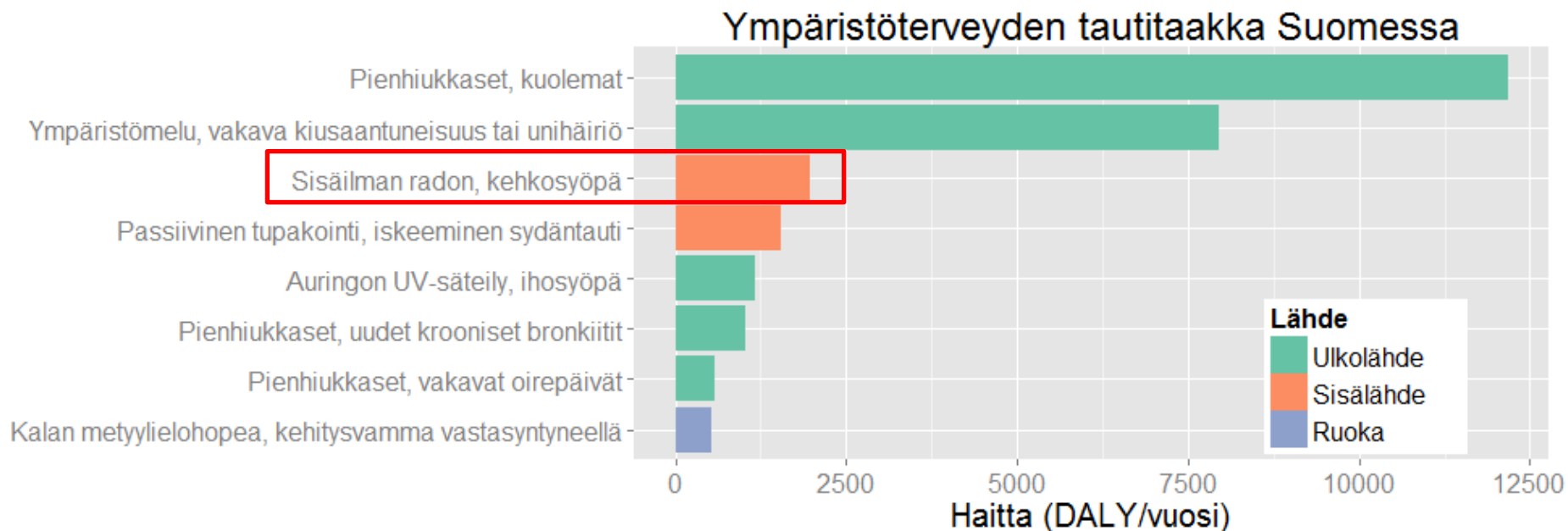
# Radonin riskinarvioinnista

- Pitkäaikainen oleskelu pitoisuudessa 100 Bq/m<sup>3</sup> kasvattaa keuhkosityöpärisiä 16 %
- Etenkin tupakoivat ovat vaarassa



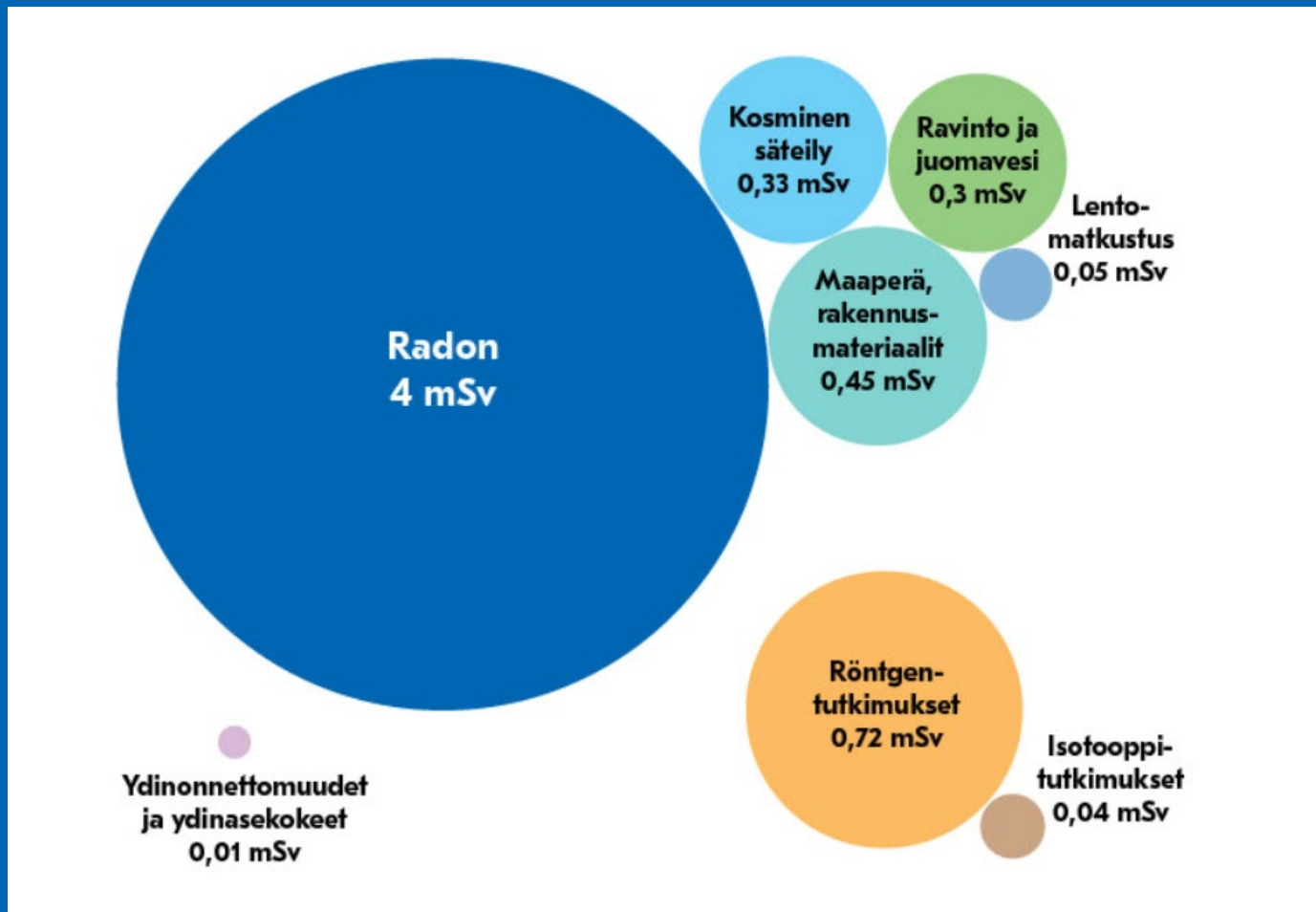


# Radon on yksi merkittävimmistä ympäristöaltisteista



[http://fi.opasnet.org/fi/Tiedosto:Ymp%C3%A4rist%C3%B6tautitaakka\\_Suomessa\\_isot.png](http://fi.opasnet.org/fi/Tiedosto:Ymp%C3%A4rist%C3%B6tautitaakka_Suomessa_isot.png)

# Radon on merkittävin säteilyaltiste



# Säteilylaki 859/2018



Laki astui voimaan 15.12.2018



Lain tarkoituksena on

terveyden suojeleminen säteilyn aiheuttamilta haitoilta (työntekijät, potilaat, väestö) ehkäistä ja vähentää säteilystä aiheutuvia ympäristöhaittoja ja muita haittoja



Lakia sovelletaan säteilytoimintaan, vallitsevaan altistustilanteeseen ja säteilyvaaratilanteeseen

Esim. säteilyn käyttö teollisuudessa ja lääketieteellinen altistus  
Luonnonsäteily: mm. radon, luonnon radioaktiivisia aineita sisältävien aineiden käyttö

# Viranomaiset

- Säteilylaki, 3 luku
  - **14 § Säteilyturvakeskus** valvoo säteilylain noudattamista, jollei laissa toisin säädetä. ... (mm. työpaikkojen radonvalvonta)
  - **15 § Kunnan terveydensuojeluviranomainen** valvoo ....asuntojen ja muiden oleskelutilojen radonia koskevien viitearvojen noudattamista... (*tehtävät säilyvät ennallaan*)
- Työpaikat, jotka muita oleskelutiloja (koulut, päiväkodit): Terveydensuojelu + STUK
- AVlen työsuojelu
  - Työympäristö (Työturvallisuuslaki)
  - Yhteistyötä STUKin kanssa



# Radonpitoisuuden viitearvot

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

- Työpaikan, asunnon ja muun oleskelutilan radonpitoisuuden viitearvo on **300 Bq/m<sup>3</sup>**
- Uuden rakennuksen suunnittelua ja toteutusta koskeva sisäilman radonpitoisuuden viitearvo on **200 Bq/m<sup>3</sup>**
- Työperäistä altistusta koskeva viitearvo radonille on **500 000 Bq h/m<sup>3</sup>** vuoden aikana
  - Radonpitoisuus x työaika eri työtiloissa
  - Esim.

| Radonpitoisuus<br>(Bq/m <sup>3</sup> ) | Työtunnit<br>(h/a) | Radonaltistus<br>(Bq h/m <sup>3</sup> ) | Annos<br>(mSv) |
|----------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------|----------------|
| 100                                    | 1500               | 150 000                                 | 0,9            |
| 1000                                   | 100                | 100 000                                 | 0,6            |
| 4000                                   | 100                | 400 000                                 | 2,5            |
|                                        | 1700               | 650 000                                 | 4              |

# Vuosikeskiarvo

- STM:n asetus 1044/2018:
  - Asunnon radonpitoisuus määritetään radonpitoisuuden vuosikeskiarvona, joka mitataan tai mittauksen perusteella arvioidaan vuoden pituiselta yhtäjaksoiselta ajalta.
  - Työpaikan ja muun oleskelutilan radonpitoisuus lasketaan tilan käytön aikaisena/työnaikaisena radonpitoisuuden vuosikeskiarvona.
- Radonmittauksen tulos = mittausjakson radonpitoisuuden keskiarvo
- Vuosikeskiarvoa voidaan arvioida kertomalla mittauskaudella saatu tulos luvulla 0,9 (STUKin määräys, työpaikat)
  - Korjauskertoimen luottamusväli (90 %) on kahden kuukauden mittauksella 0,6–1,5 ja kolmen kuukauden mittauksella 0,7–1,3
- Vuosikeskiarvon tarkkaa määrittystä varten tarvitsee tehdä koko vuoden kestävä mittaus

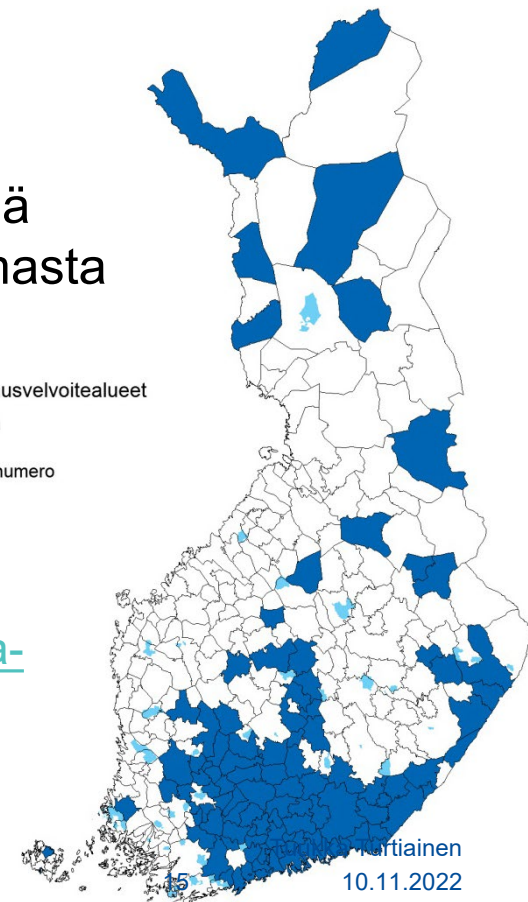
# 155 § Työpaikan radonpitoisuuden selvittäminen (=mittaaminen)

- Työnantajan on selvitettävä työtilan ja muun työskentelypaikan radonpitoisuus, jos työtilat sijaitsevat:
  - Harjulla tai muulla hyvin ilmaa läpäisevällä sora- tai hiekkamaalla (koko Suomessa)
  - Kokonaan tai osittain maanpinnan tason alapuolella
  - Talousvettä toimittavassa laitoksessa, jonka käyttämä vesi ei ole peräisin yksinomaan pintavesimuodostumasta ja pääsee kosketuksiin sisäilman kanssa
  - Tietyssä kunnassa tai postinumeroalueella, joissa >10% mittauksista viitearvon yli
    - 102 kuntaa sekä 53 postinumeroaluetta (aikaisemmin vain 60 kuntaa)
    - <https://www.stuk.fi/stuk-valvoo/luonnonsäteilylle-altistava-toiminta/radon-tyopaikoilla/alueet-joissa-tyopaikkojen-radonmittaus-on-pakollinen>

Radonin mittausvelvoitealueet

Kunta

Postinumero



# Muita radoniin liittyviä pykäläiä

- 157 § Sisäilman radonpitoisuuden rajoittaminen rakennushankkeessa
  - Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja toteutetaan siten, että sisäilman radonpitoisuus on mahdollisimman pieni.
- 158 § Asunnon tai muun oleskelutilan sisäilman radonpitoisuuden rajoittaminen
  - Rakennuksen omistajan ja haltijan on huolehdittava osaltaan, että sisäilman radonpitoisuus on olosuhteet huomioiden mahdollisimman pieni
  - Säteilystä aiheutuvan terveyshaitan selvittämisestä, poistamisesta ja rajoittamisesta sekä näiden valvonnasta asunnossa ja muussa oleskelutilassa säädetään lisäksi terveydensuojelulaissa.



# 202 § Siirtymäsäännökset

## Työpaikat

- Jos työpaikan radonpitoisuus on aikaisemmassa mittauksessa ollut 300–400 Bq/m<sup>3</sup> (vuosikeskiarvo), viitearvoa sovelletaan viimeistään **10 vuoden kuluttua** lain voimaan tulosta (eli viimeistään 15.12.2028)

## Asunnot ja muut oleskelutilat

- Ennen tämän lain voimaantuloa **rakennetussa** asunnossa tai muussa oleskelutilassa, joka ei ole työpaikka ja jonka radonpitoisuus on ennen tämän lain voimaantuloa mittauksin todettu olevan säädettyä **viitearvoa suurempi, kuitenkin enintään 400 Bq/m<sup>3</sup>**, on huolehdittava säädetyn viitearvon noudattamisesta viimeistään, kun asuntoon tai muuhun oleskelutilaan tehdään **seuraava sellainen korjaustoimi**, jonka yhteydessä radonpitoisuuden pienentäminen on tarkoituksenmukaista.

# Enimmäisarvojen ylitykset pientaloasunnoissa

|                   | Keskiarvo<br>Bq/m <sup>3</sup> | Yli 200 Bq/m <sup>3</sup><br>osuus (kpl) | Yli 400 Bq/m <sup>3</sup><br>osuus (kpl) |
|-------------------|--------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| Ahvenanmaa        | 121                            | 14,8 % (1200)                            | 6,3 % (500)                              |
| Etelä-Karjala     | 213                            | 31,2 % (12300)                           | 11,4 % (4500)                            |
| Etelä-Pohjanmaa   | 82                             | 5,3 % (3700)                             | 1,5 % (1100)                             |
| Etelä-Savo        | 98                             | 7,4 % (3800)                             | 1,1 % (500)                              |
| Itä-Uusimaa       | 297                            | 42,6 % (12200)                           | 18,6 % (5300)                            |
| Kainuu            | 113                            | 9,1 % (2500)                             | 3,4 % (900)                              |
| Kanta-Häme        | 230                            | 35,4 % (17500)                           | 10,9 % (5400)                            |
| Keski-Pohjanmaa   | 53                             | 1,6 % (400)                              | 0,7 % (200)                              |
| Keski-Suomi       | 135                            | 16,4 % (12600)                           | 3,3 % (2600)                             |
| Kymenlaakso       | 274                            | 48,8 % (26400)                           | 18,1 % (9800)                            |
| Lappi             | 120                            | 11,1 % (6600)                            | 3,1 % (1800)                             |
| Pirkanmaa         | 214                            | 30,0 % (34600)                           | 9,7 % (11200)                            |
| Pohjanmaa         | 54                             | 1,7 % (900)                              | 0,5 % (200)                              |
| Pohjois-Karjala   | 143                            | 14,8 % (8300)                            | 4,2 % (2300)                             |
| Pohjois-Pohjanmaa | 58                             | 1,7 % (1900)                             | 0,2 % (300)                              |
| Pohjois-Savo      | 82                             | 5,8 % (4100)                             | 0,4 % (300)                              |
| Päijät-Häme       | 331                            | 46,6 % (22000)                           | 20,0 % (9500)                            |
| Satakunta         | 74                             | 4,7 % (3500)                             | 0,7 % (600)                              |
| Uusimaa           | 158                            | 22,8 % (52200)                           | 6,0 % (13700)                            |
| Varsinais-Suomi   | 100                            | 9,0 % (10800)                            | 1,7 % (2000)                             |
| Yhteensä          | 142                            | 17,4 % (237300)                          | 5,3 % (72600)                            |

Viitearvo 300 Bq/m<sup>3</sup> ylittyy noin 100 000 asunnossa

Tuukka Turtiainen

# Sisäilman radonlähteet

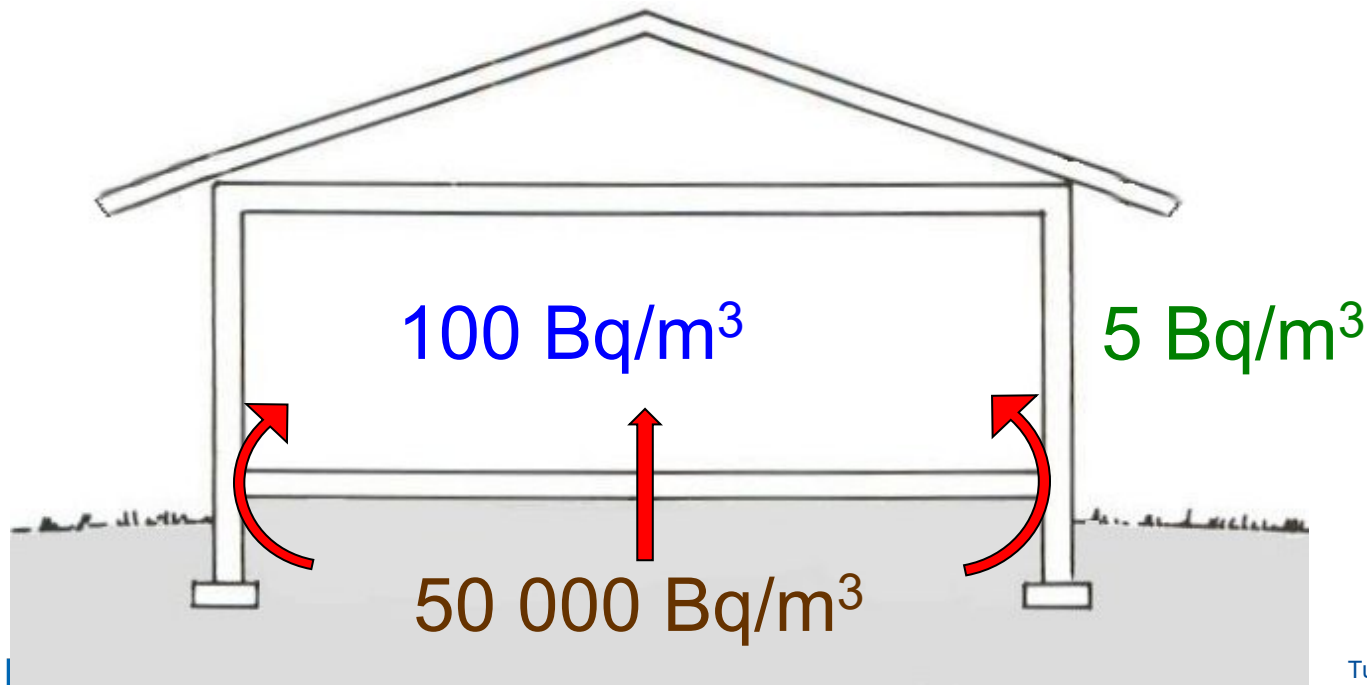
- **Rakennuksen alla ja ympärillä oleva maaperä**
- Täyttömaa, kapillaarikatko
- Rakennusmateriaalit
- Talousvesi
  - 1000 Bq/l vedessä → 40 Bq/m<sup>3</sup> ilmassa
- Ulkoilma (n. 10 Bq/m<sup>3</sup>)



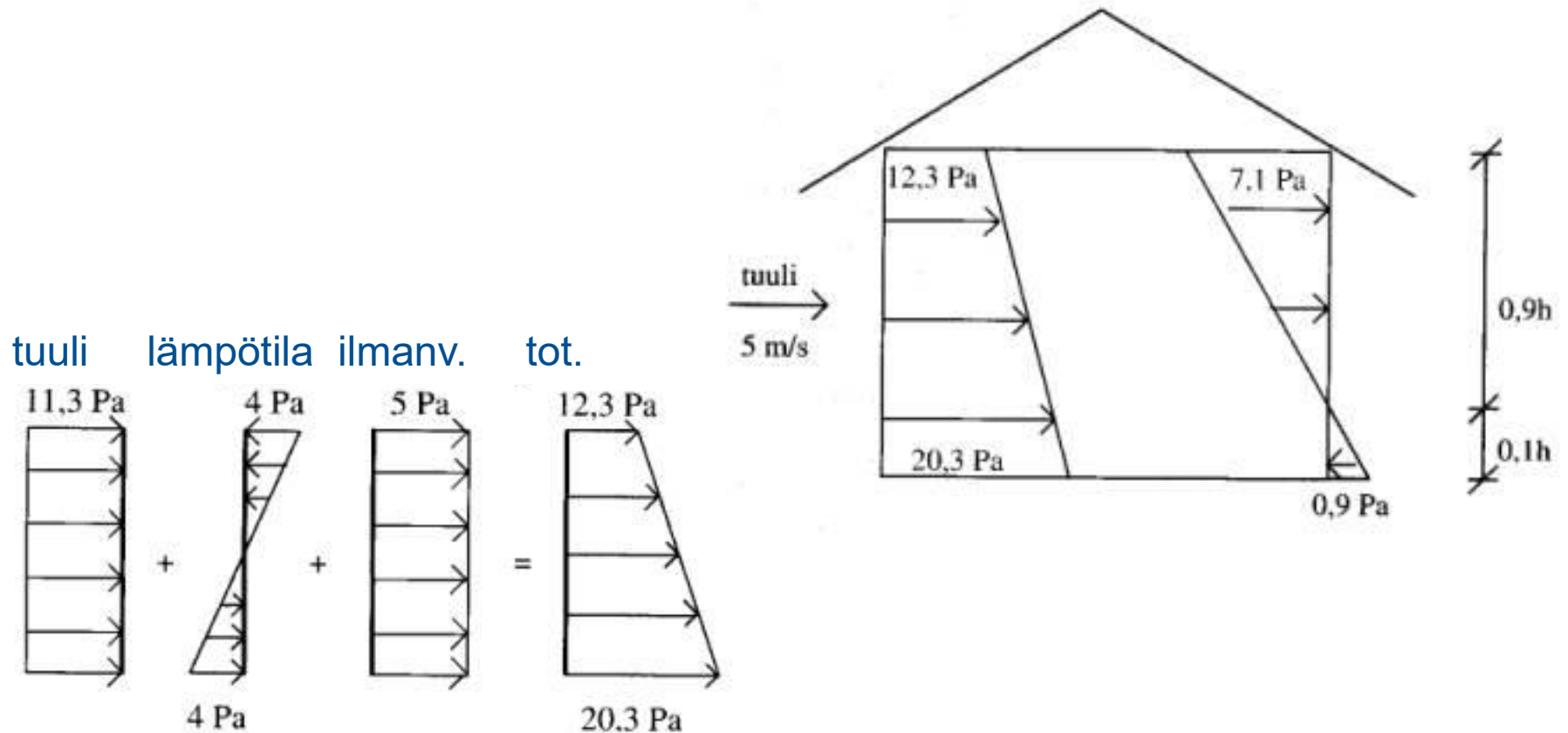
# Radonpitoinen huokosilma kulkeutuu maaperästä alipaineiseen asuntoon

Alipainetta aiheuttaa:

- ulko- ja sisäilman lämpötilaero ( $0 - 20\text{ °C} \rightarrow 1\text{--}3\text{ Pa}$ )
- koneellinen ilmanvaihto (tulo+poisto  $2\text{--}5\text{ Pa}$ , poisto  $5\text{--}10\text{ Pa}$ )
- tuuli



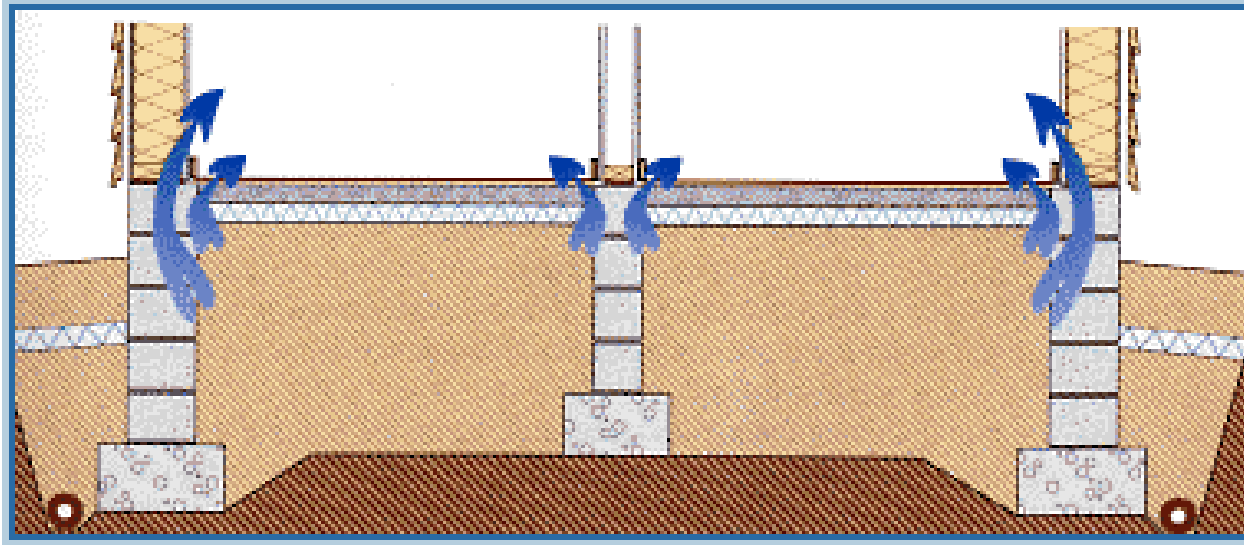
# Paine-eroon vaikuttavat tekijät



Lähde:

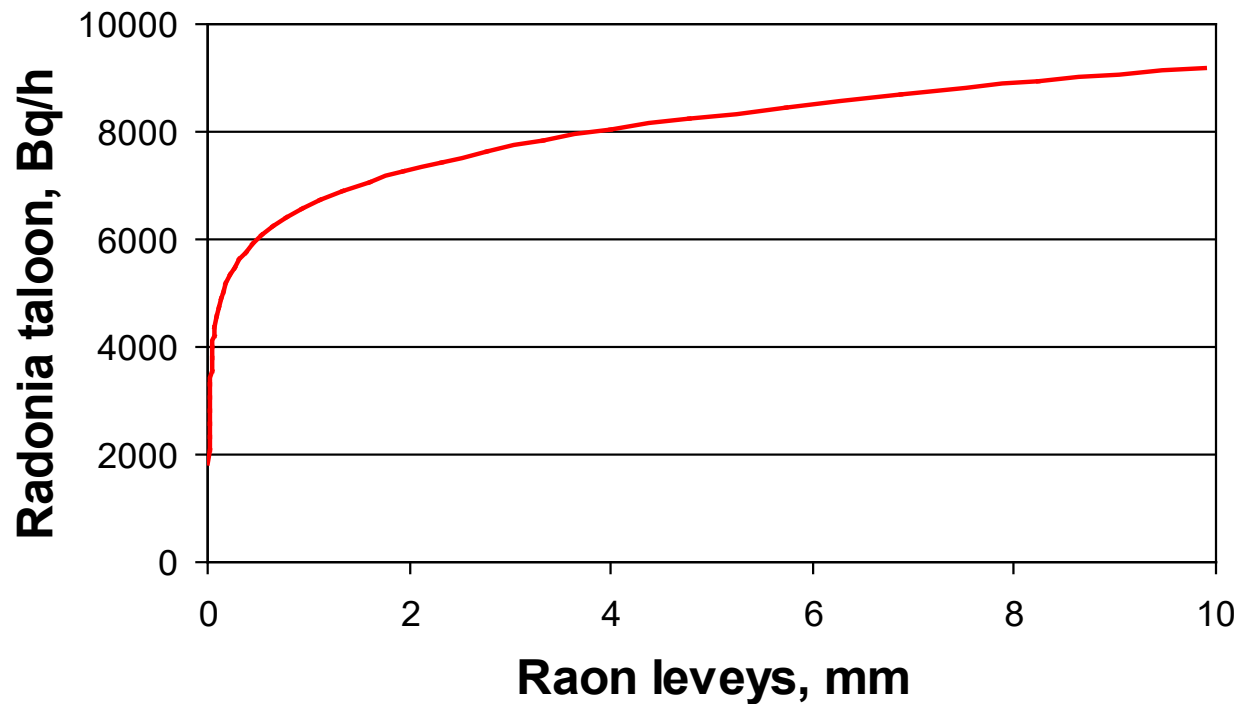
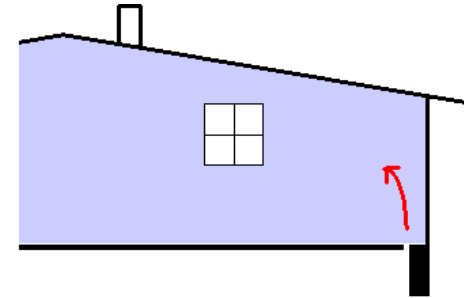
Ilmavirtaukset rakennuksessa. 2008. Sisäilmayhdistys

# Vuotoreitit, maanvarainen laatta

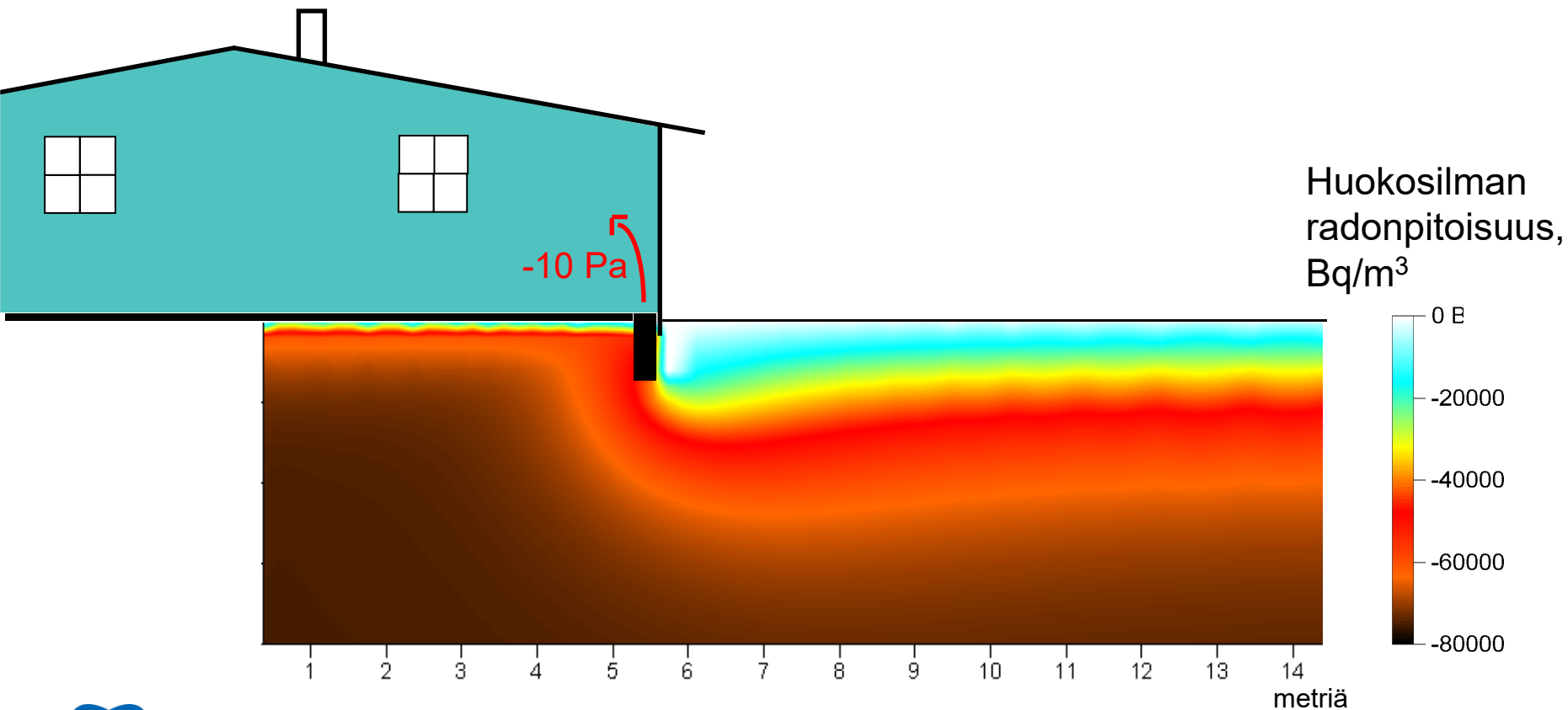


- Lattialaatan ja sokkelin välinen rako
- Kevytsoraharkosta tehty sokkeli
- Kantavien väliseinien liitoskohdat
- Putkien läpiviennit

# Maaperän huokosilma kulkeutuu sisälle kapeastakin raosta



# Lämpäisevässä maaperässä huokosilma kulkeutuu helposti

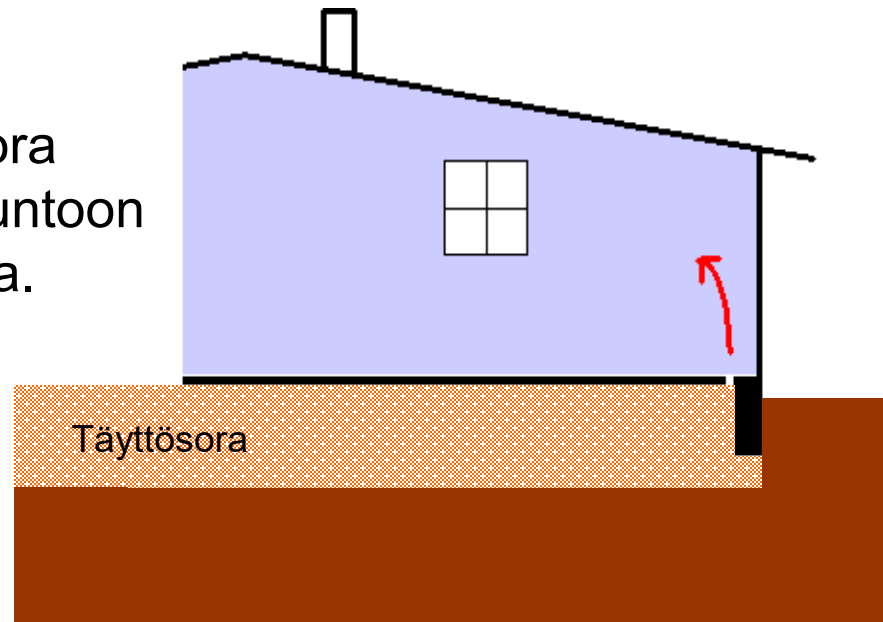




# Täyttömaan vaikutus

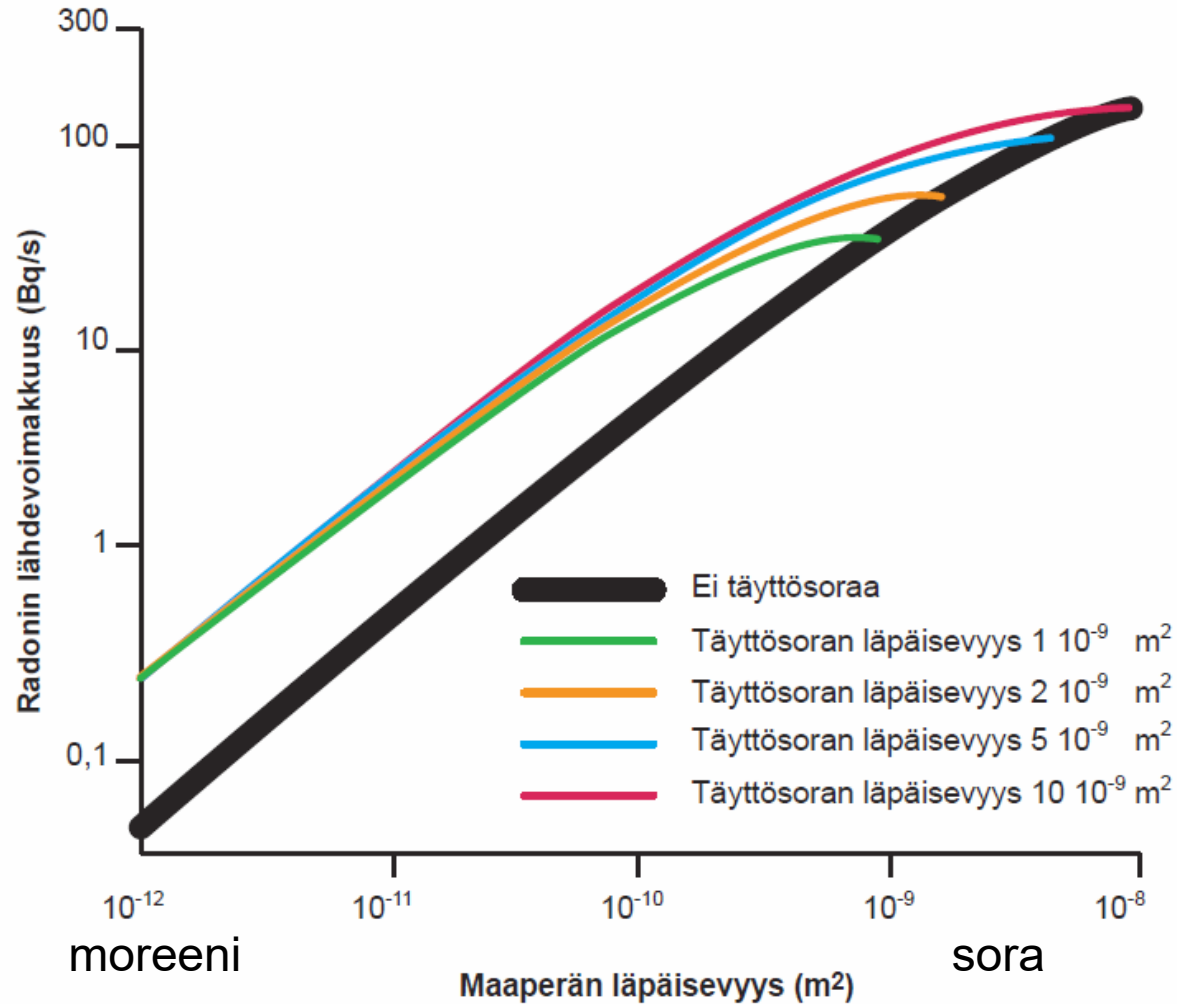
- Karkea, läpäisevä täyttösora kasvattaa maaperästä asuntoon suuntautuvaa ilmavirtausta.

→ Täyttösora kasvattaa radonpitoisuutta, vaikka sora itse ei tuottaisi radonia.



- Täyttösoran oma radontuotto osaltaan kasvattaa asuntoon tulevan radonin määrää.

# Maaperän läpäisevyys vaikuttaa vuotovirtauksiin



# Ilmanläpäisevyyksiä

- kostea savi, betonilaatta  $10^{-15} \text{ m}^2$
- hieno siltti  $10^{-13} \text{ m}^2$
- keskitiivis hiekka  $10^{-11} \text{ m}^2$
- hieno sora  $10^{-9} \text{ m}^2$
- karkea sora, kevytsoraharkko  $10^{-7} \text{ m}^2$

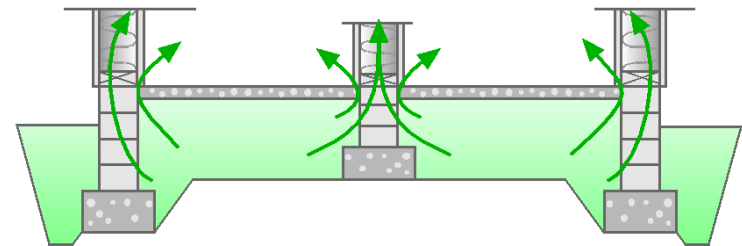
Karkeilla maalajeilla ilmanläpäisevyys n. 1...2 kertaa vedenläpäisevyys, hienoilla maalajeilla ero on paljon suurempi (1000-kertainen).

Kosteus pienentää läpäisevyyttä, mutta lisää radontuottoa

# Perustamistapa vaikuttaa radonpitoisuuteen

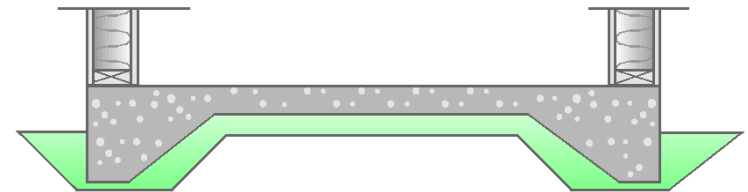
Maanvarainen laatta ja perusmuuri

- yleisin perustamistapa
- radonin kannalta haasteellinen perustamistapa



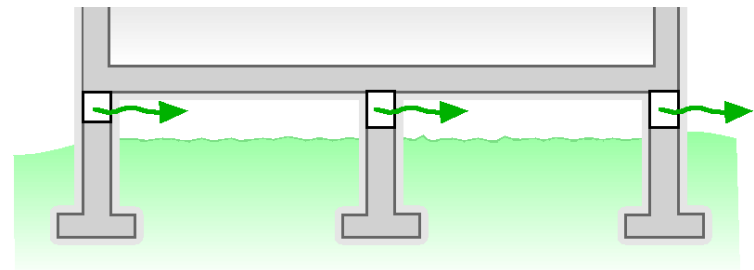
Reunavahvistettu laatta

- yhtenäinen rakenne



Tuulettuva alapohja (ryömintätila)

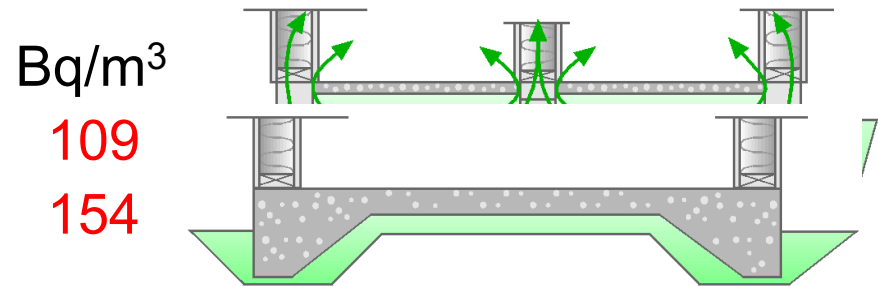
- radonpitoinen ilma laimenee tuulettuvassa alapohjassa



# Keskimääräiset pitoisuudet eri perustamistavoilla

Maanvarainen laatta,  
ei kellaria

- perusmuuri valubetonia
- kevytsoraharkkoista



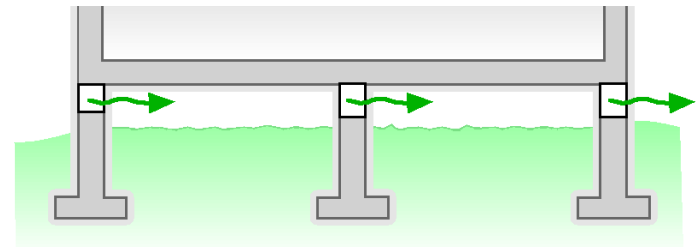
Reunavahvistettu laatta

\* todellisuudessa pienempi, koska tämä perustamistapa on vaikea tunnistaa

93 \*

Ryömintätilainen perustus

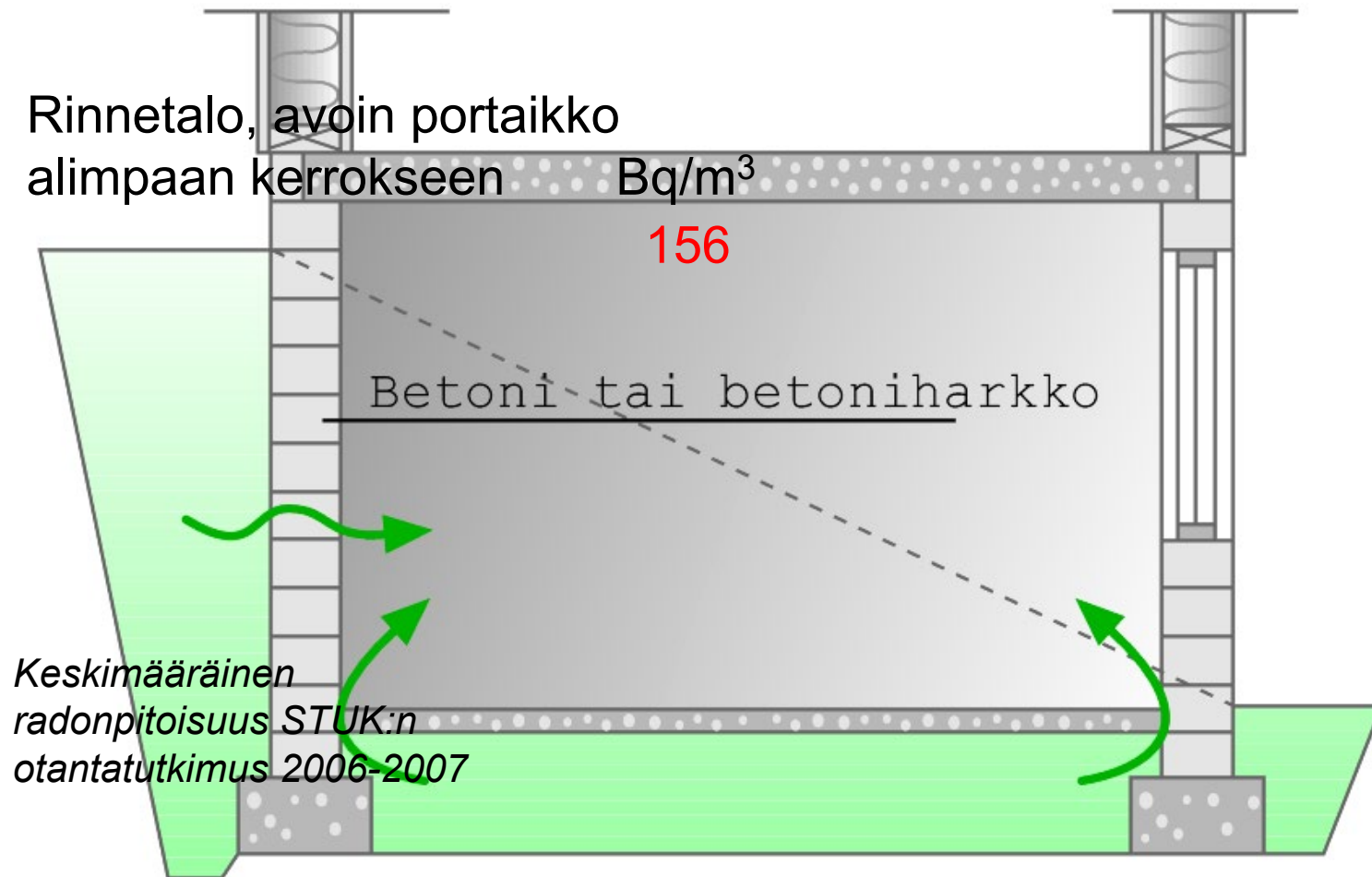
61



*Keskimääräiset radonpitoisuudet*

*STUK:n otantatutkimus 2006-2007*

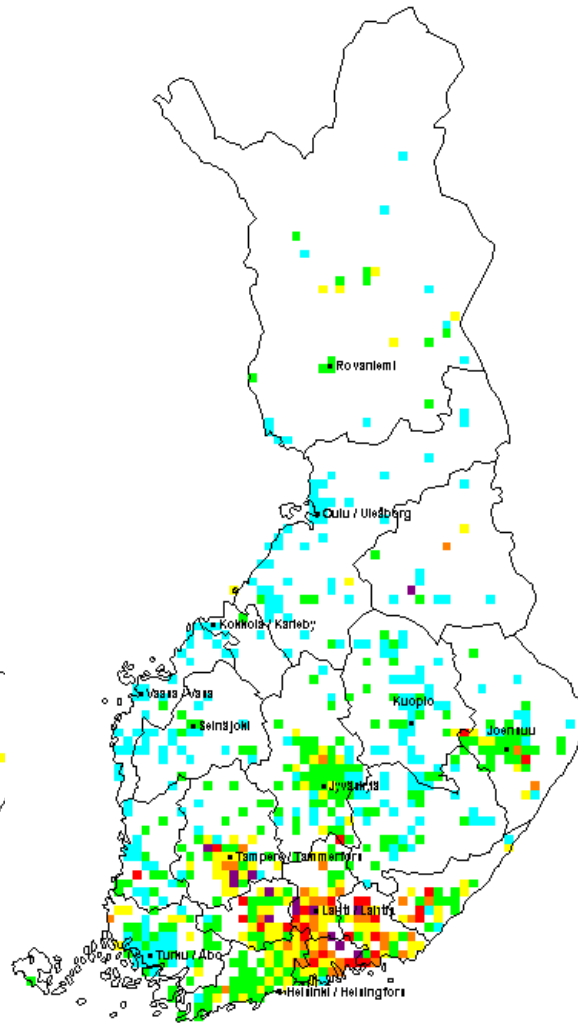
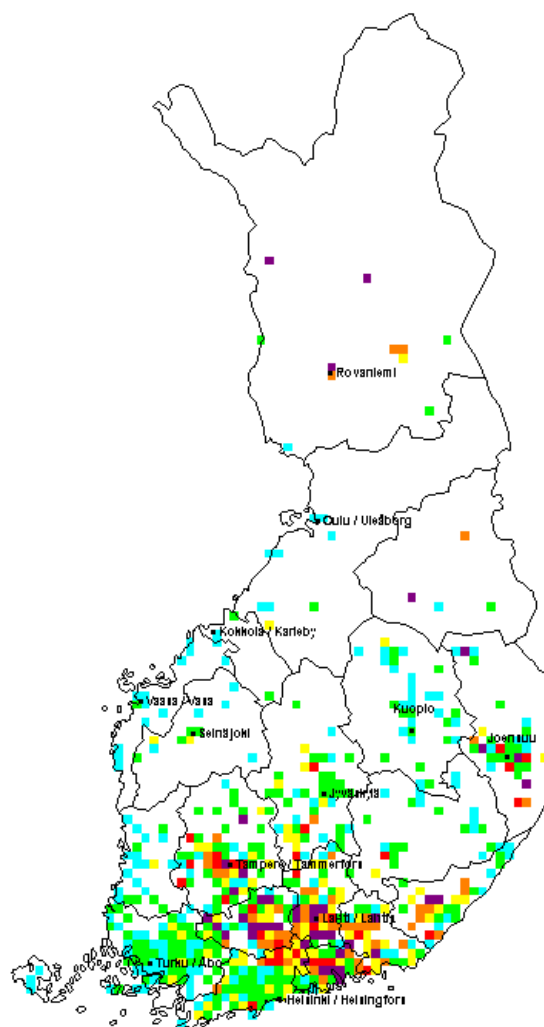
# Rinnetaloissa keskimäärin suurimmat pitoisuudet



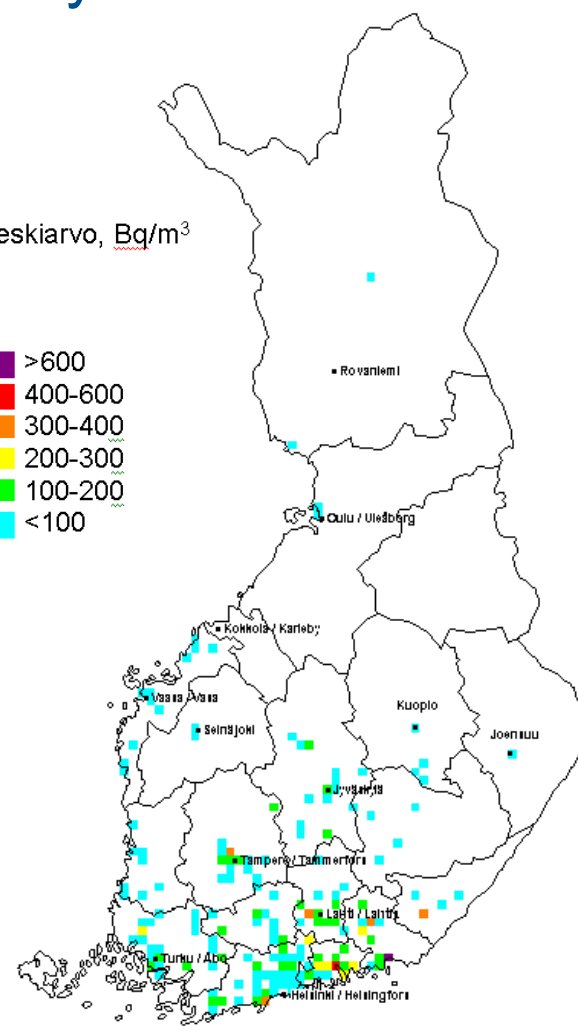
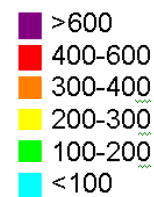
## Rinnetalo

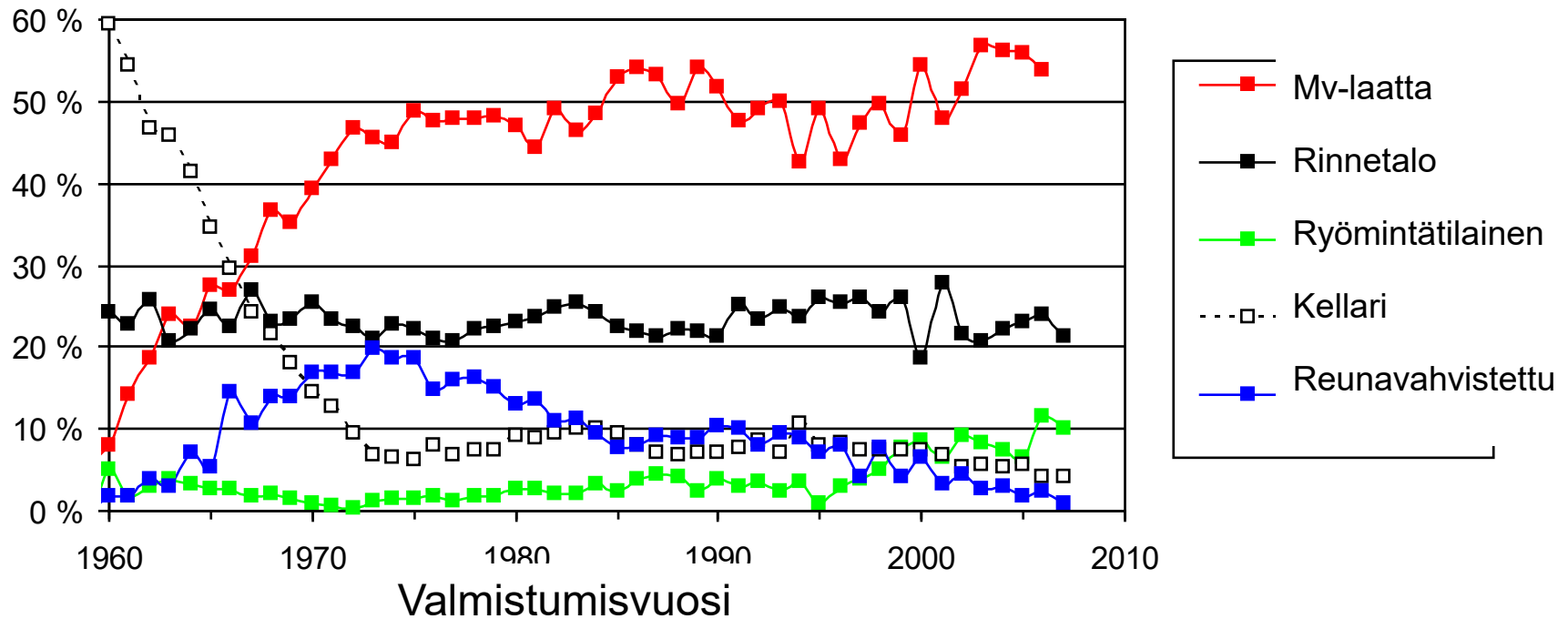
## Maanvarainen laatta

## Ryömintätilainen



Keskiarvo, Bq/m<sup>3</sup>

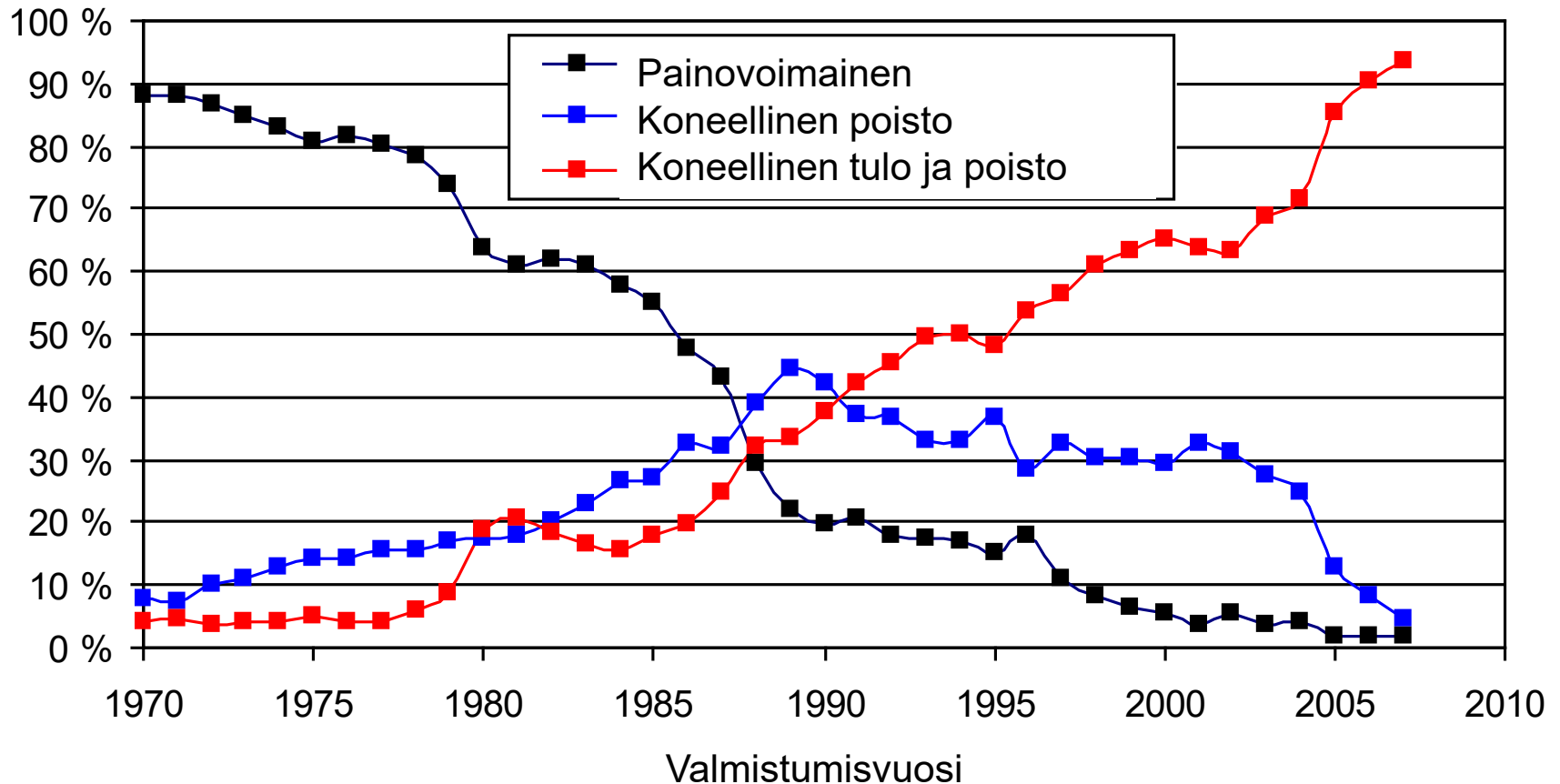




- Maanvarainen laatta kesto-suosikki
- Ryömintätalaitset yleistyneet viime aikoina
- Tiedot kerätty asukkailta radonmittauksen yhteydessä



# Suomalaisen pientalon ilmanvaihtotavat

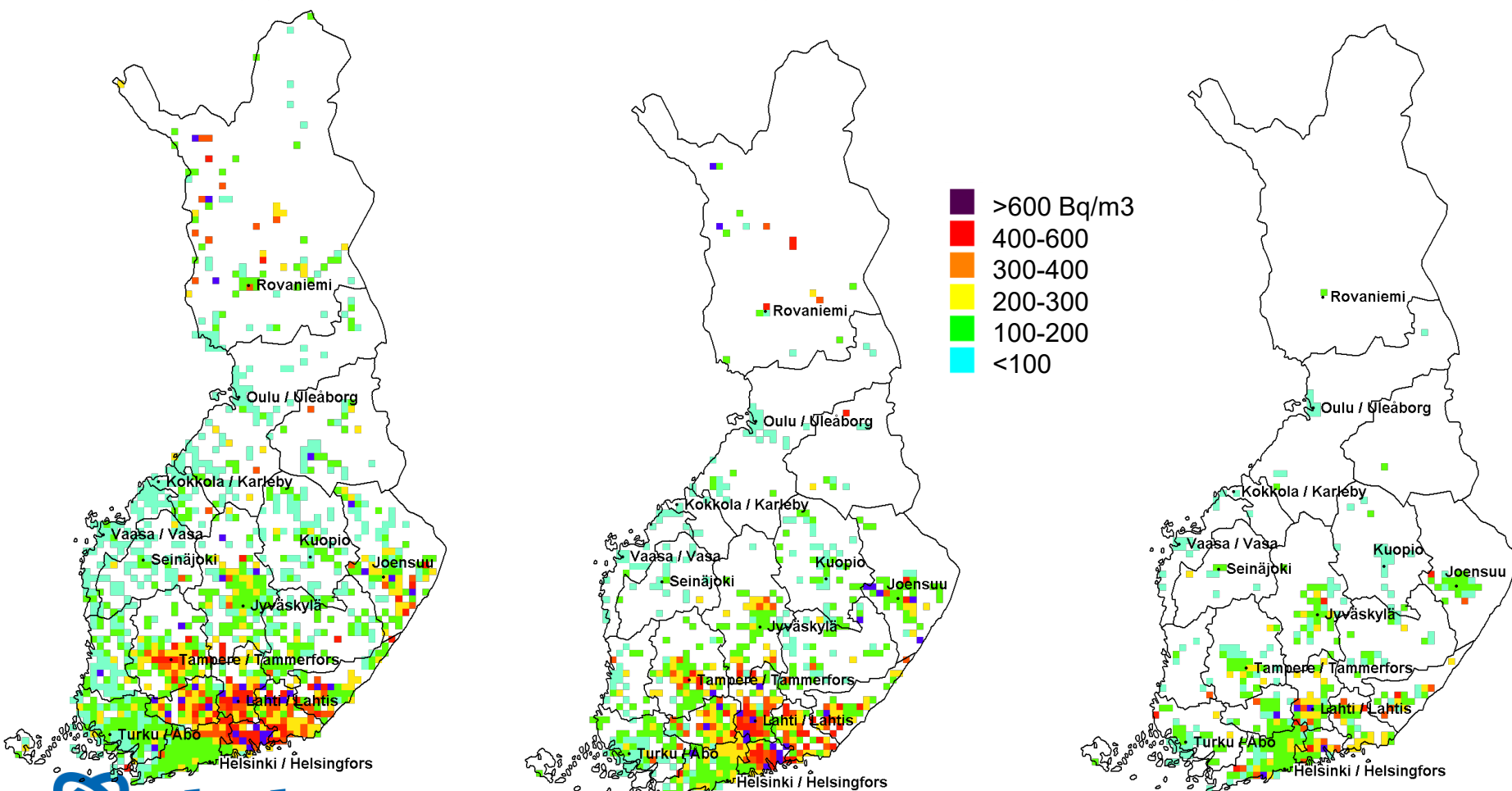


# Radonpitoisuudet kääntyneet laskuun 2000-luvulla

1980-luku

1990-luku

2000-luku



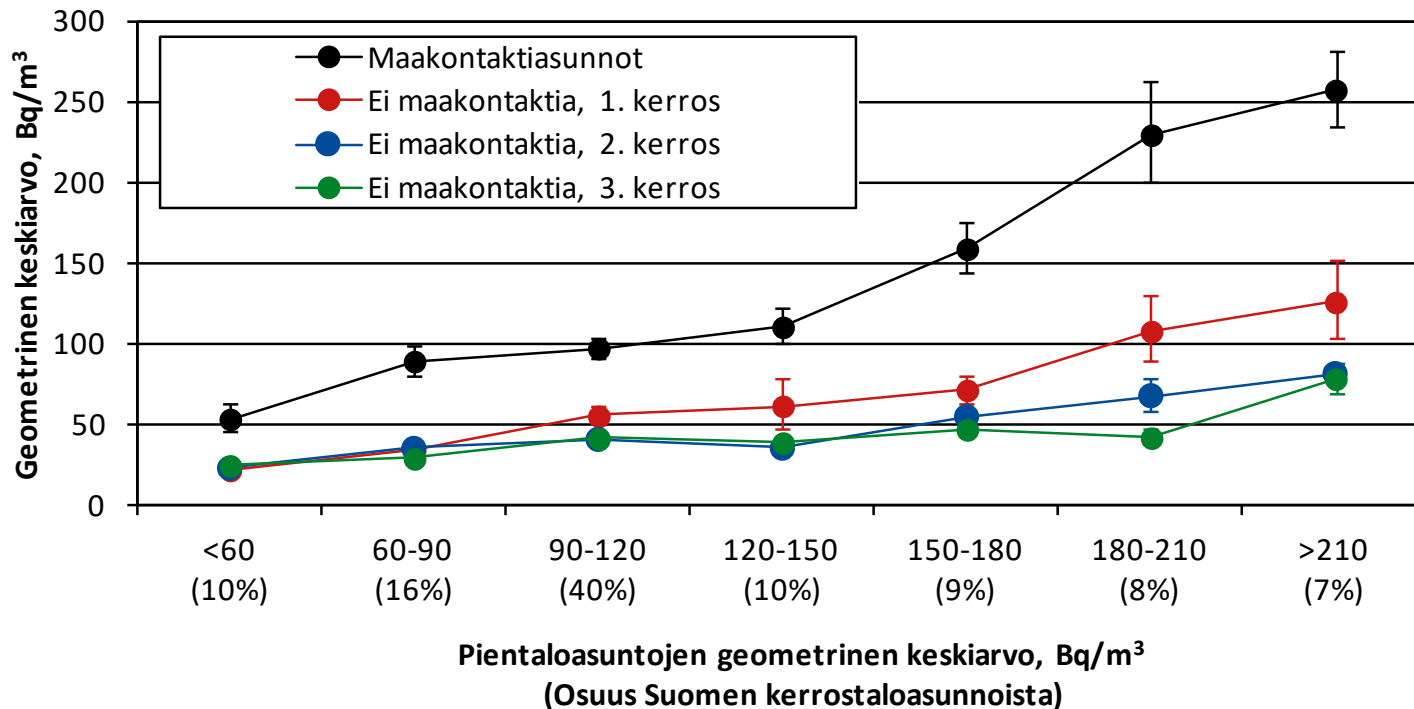
# Kerrostalot

- Alimmassa kerroksessa, jos lattia yhteydessä maaperään, esiintyy korkeita pitoisuuksia. Suuri alipaine (10-20 Pa) nostaa pitoisuutta.
- Ylemmissä kerroksissa radon tulee lähes yksinomaan rakennusmateriaaleista. Putkikanavia myöten radon saattaa siirtyä maaperästä myös ylempiin kerroksiin.

| Asunnon alla on:                  | Kpl        | Keskiarvo<br>Bq/m <sup>3</sup> | Mediaani<br>Bq/m <sup>3</sup> | Suurin<br>Bq/m <sup>3</sup> |
|-----------------------------------|------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Toinen asunto tai<br>muita tiloja | 523        | 44                             | 36                            | 424                         |
| Maata tai kalliota                | 49         | 122                            | 79                            | 687                         |
| <b>Yhteensä</b>                   | <b>572</b> | <b>51</b>                      | <b>37</b>                     | <b>687</b>                  |

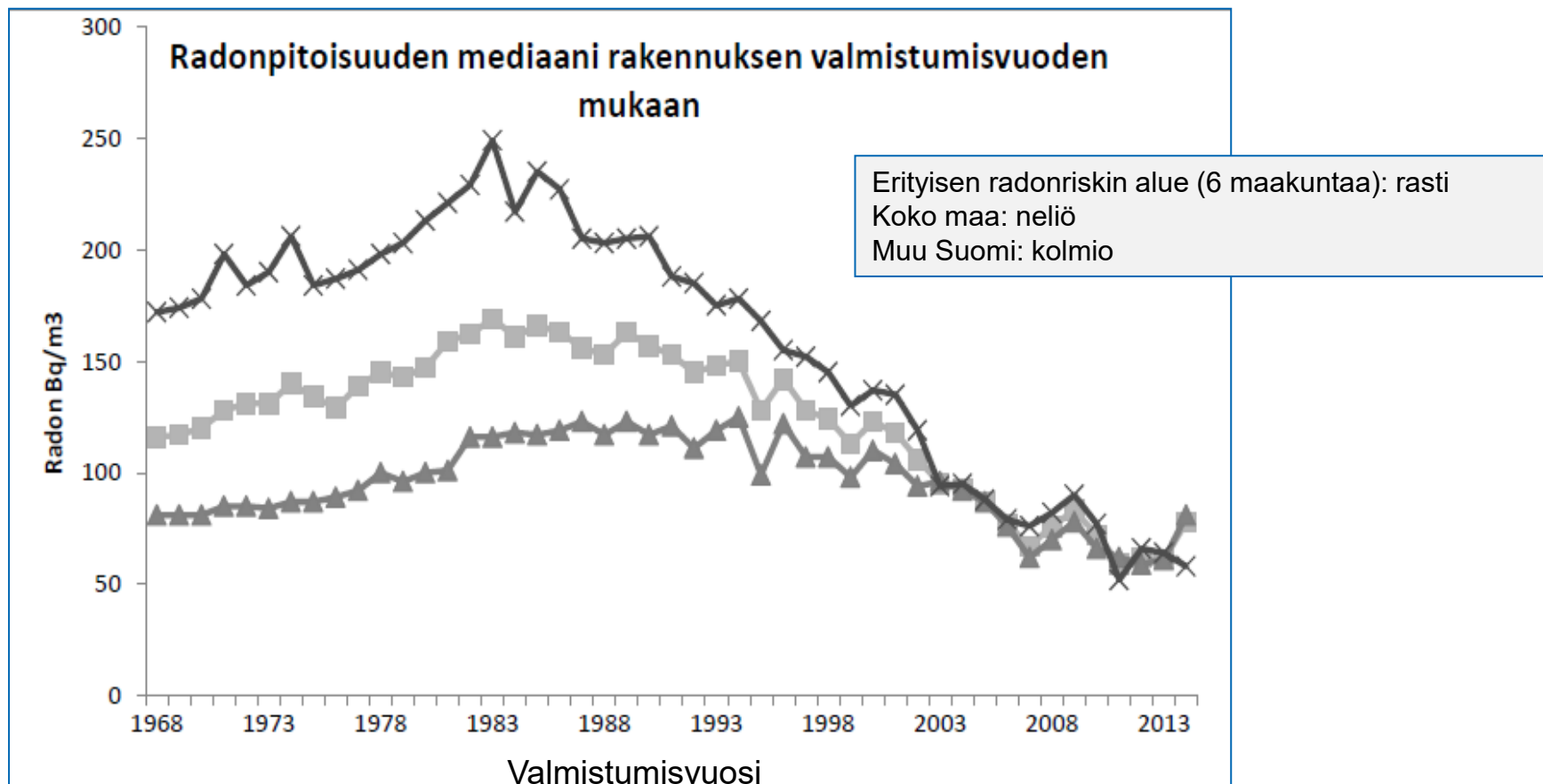
Säteilyturvakeskuksen otantatutkimus 2006-2007

# Maakontaktiasuntojen radonpitoisuus keskimäärin sama kuin kyseisen kunnan pientaloasunnoissa



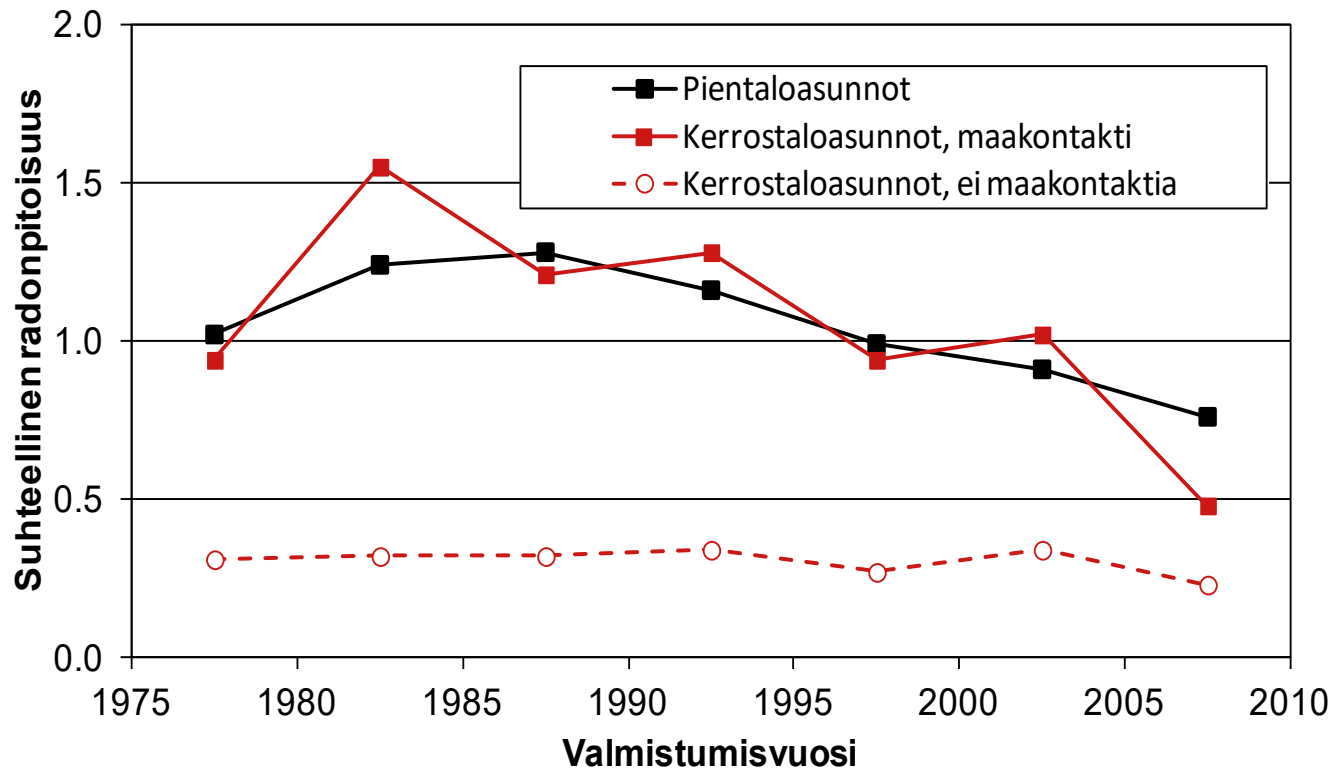
Määritetty STUKin radonmittaustietokannasta ottaen huomioon mittausten epätasainen alueellinen jakautuminen.

# Pientaloasuntojen radonpitoisuus



Määritetty STUKin 100 000 asunnon radonmittaustietokannasta ottaen huomioon mittausten epätasainen alueellinen jakautuminen.

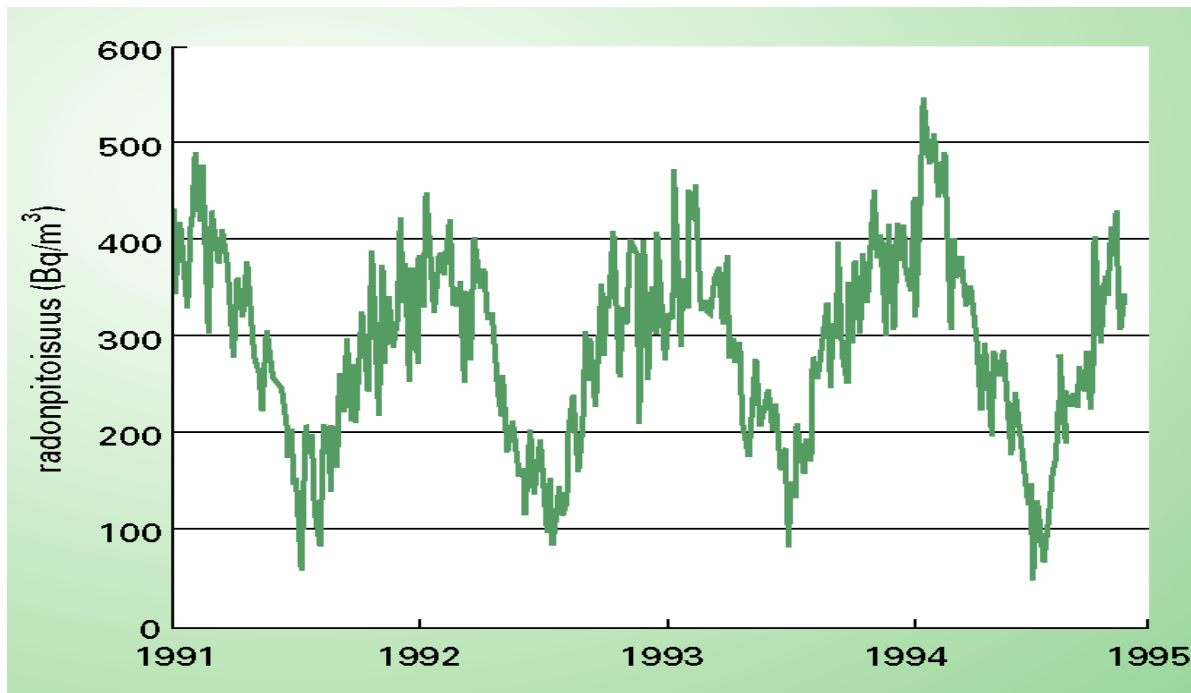
# Radonpitoisuudet ovat pienentyneet kerrostalojen maakontaktiasunnoissa



Määritetty STUKin radonmittaustietokannasta ottaen huomioon mittausten epätasainen alueellinen jakautuminen. Suhteellinen radonpitoisuus = asunnon radonpitoisuus jaettuna kyseisen kunnan pientaloasuntojen keskiarvolla

# Radonpitoisuus on suurin talvella

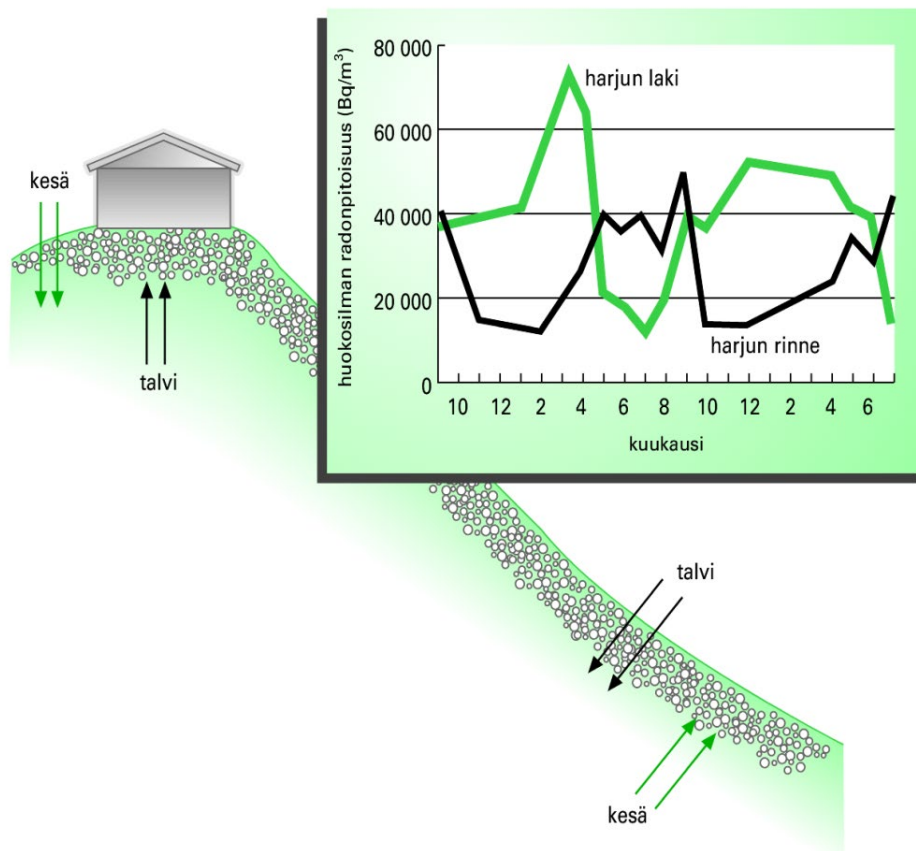
... jolloin sisä- ja ulkoilman lämpötilaero (ja sen myötä ilman virtaus maaperästä sisätiloihin) on suurin. Kesällä pitoisuutta pienentää myös ikkunoiden aukipitäminen. Talvella mitattu radonpitoisuus on keskimäärin 10 % korkeampi kuin vuosikeskiarvo.



Kuva kirjasta: Säteily  
ympäristössä  
(Säteily- ja ydinturvallisuus  
2.osa, STUK, 2003)

# Poikkeuksiakin löytyy:

Harjun alarinteellä kesällä suuremmat pitoisuudet, mutta vain tosi jyrkkärinteisillä ja korkeilla harjuilla



Kuva kirjasta: Säteily ympäristössä  
(Säteily- ja ydinturvallisuus 2.osa, STUK,  
2003)



# Rakennusmateriaalit

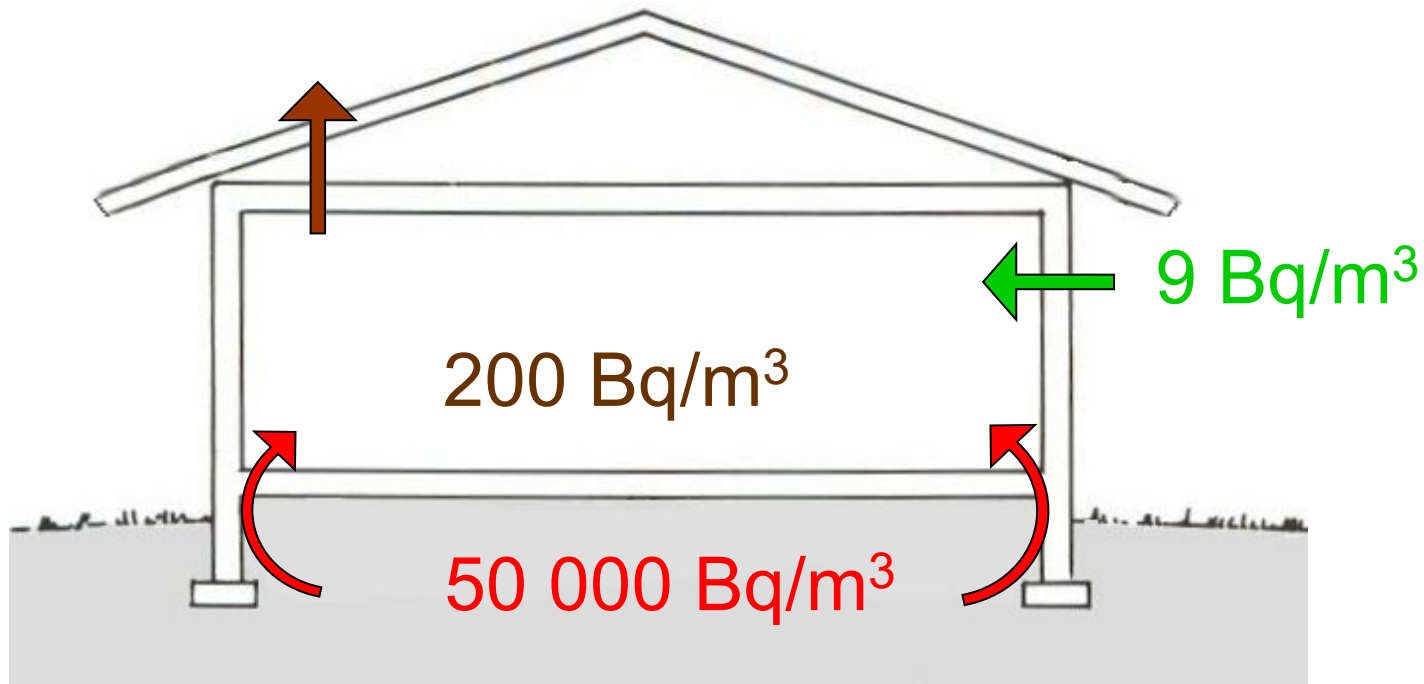
- Asuinkerrostalojen ylemmissä kerroksissa radonpitoisuus keskimäärin 40–50 Bq/m<sup>3</sup>, aiheutuu betonirakenteista
- Riippuu ilmanvaihdosta ja betonin radioaktiivisuudesta
- Betonielementtipientaloissa rakennusmateriaalien vaikutus on samanlainen kuin kerrostaloissa
- Jos vain lattialaatta on betonista, on lisäys 10-30 Bq/m<sup>3</sup>.

## Radonin ekshalaatio rakennusmateriaaleista (Bq m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>)

|                                      |          |
|--------------------------------------|----------|
| Betoni                               | 7,5 - 32 |
| Sivutuotteesta valmistettu kipsilevy | 5 - 42   |
| Kevytbetoni                          | 1 - 3    |
| Tiili                                | 0,4      |

# Radon poistuu ilmanvaihtodon mukana

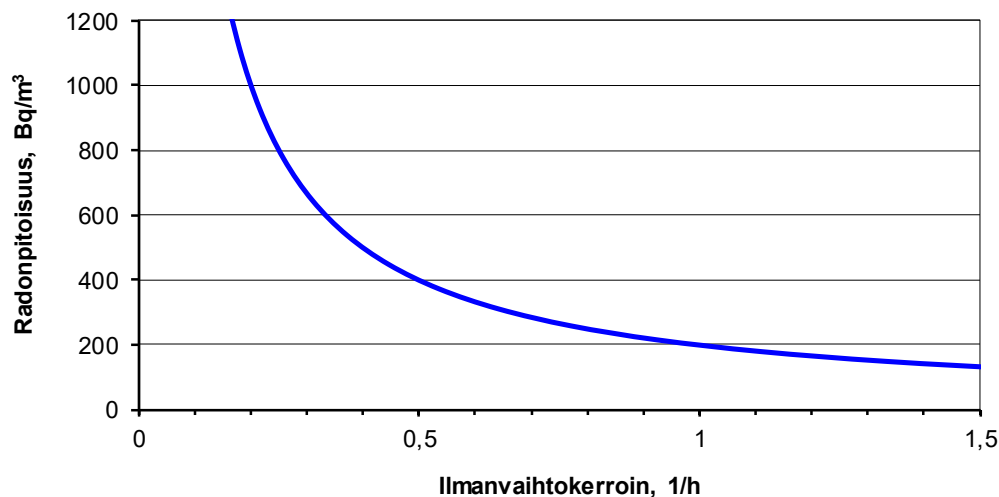
- Riittävä ilmanvaihtuvuus
- Rakennus ei liian alipaineinen
- Kaikki korvausilma pyritään saamaan ulkoilmasta



# Ilmanvaihdon vaikutus radonpitoisuuteen

Radonpitoisuus Bq/m<sup>3</sup> =

$$\frac{\text{Radonia sisään (Bq/h)}}{\text{Tilavuus (m}^3\text{)} \cdot \text{Ilmanvaihtokerroin (h}^{-1}\text{)}}$$

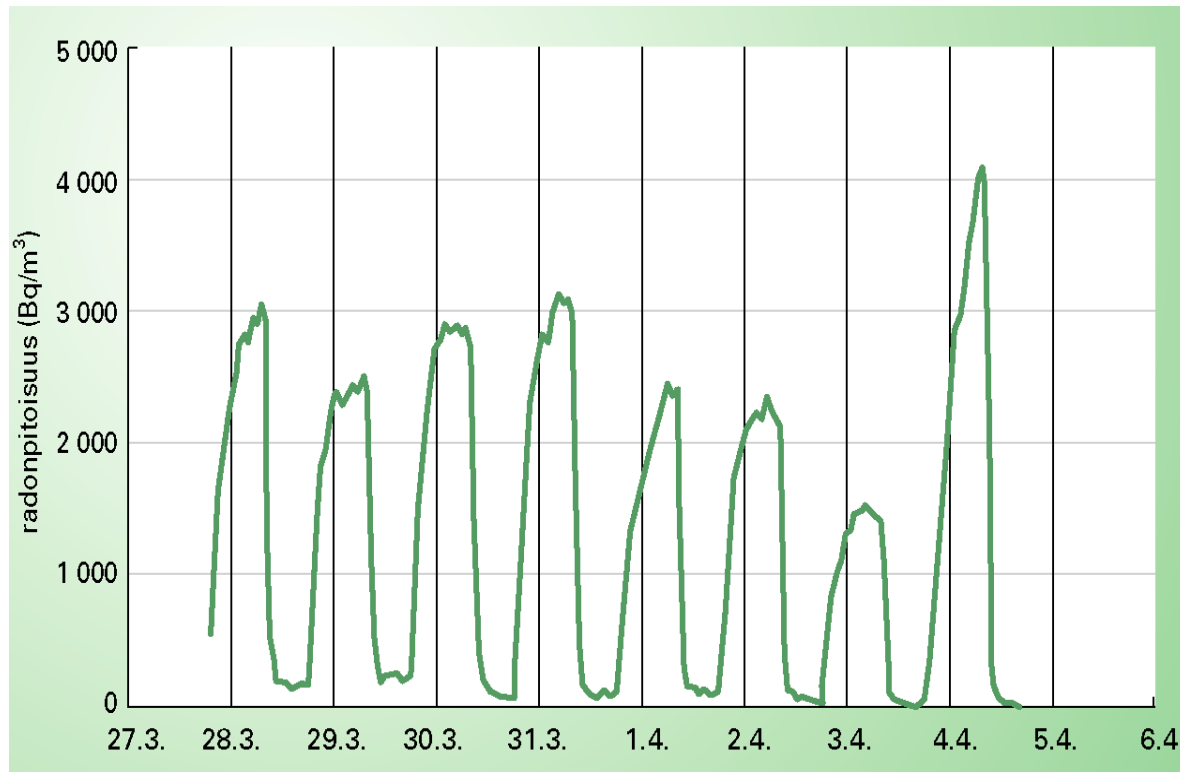


Jos ilmanvaihtokerroin kaksinkertaistetaan lisäämättä talon alipaineisuutta ➡ radonpitoisuus putoaa puoleen

# Radonin torjunnan kannalta hyvä ilmanvaihto

- Ilmanvaihtokerroin riittävä ( $>0,5 \text{ h}^{-1}$ )
- Ilmanvaihtojärjestelmä ei alipaineista rakennusta liikaa  
(yleinen ongelma jos tehokas koneellinen poisto ja liian vähän korvausilmaventtiileitä)

# Radonpitoisuuden vaihtelu, kun koneellinen ilmanvaihto pois päältä yöllä



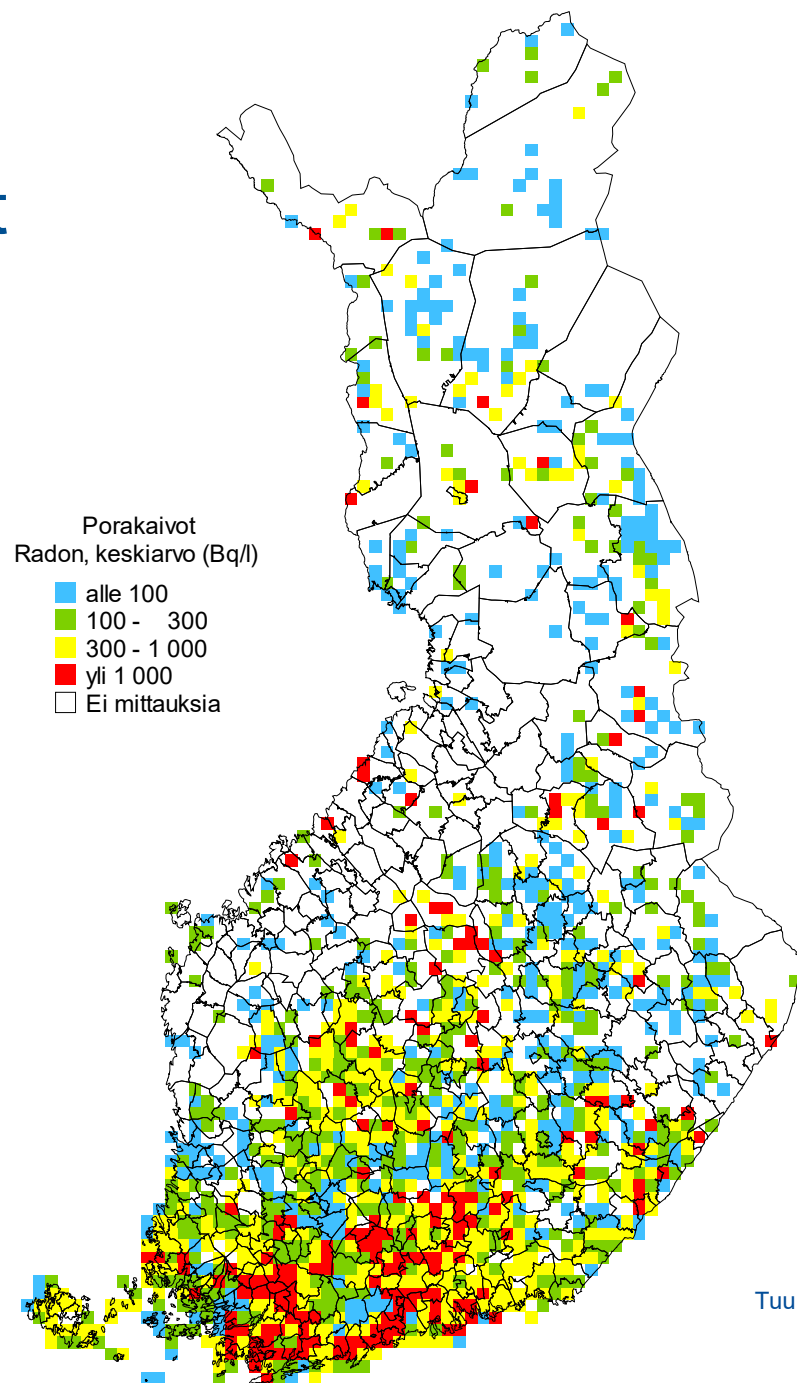
Kuva kirjasta: Säteily ympäristössä (Säteily- ja ydinturvallisuus 2.osa, STUK, 2003).

# Talousveden radon

- Porakaivovesissä voi esiintyä suuria radonpitoisuuksia (keskimäärin 460 Bq/l, maailmanennätys 130 000 Bq/l Askolassa)
- Radon liukenee veteen peruskalliossa ja vapautuu sisäilmaan ilmaan esim. pesukoneen, astianpesukoneen, suihkun ym. käytössä
- Nyrkkisääntö:  
Vedessä 1000 Bq/l  $\longrightarrow$  ilmaan 40 Bq/m<sup>3</sup>
- Radonpitoisen talousveden terveysriski tulee pääosin hengityksen kautta

# Radon ja porakaivot

- 10 %:ssa kaikista Suomen porakaivoista pitoisuus >1000 Bq/l

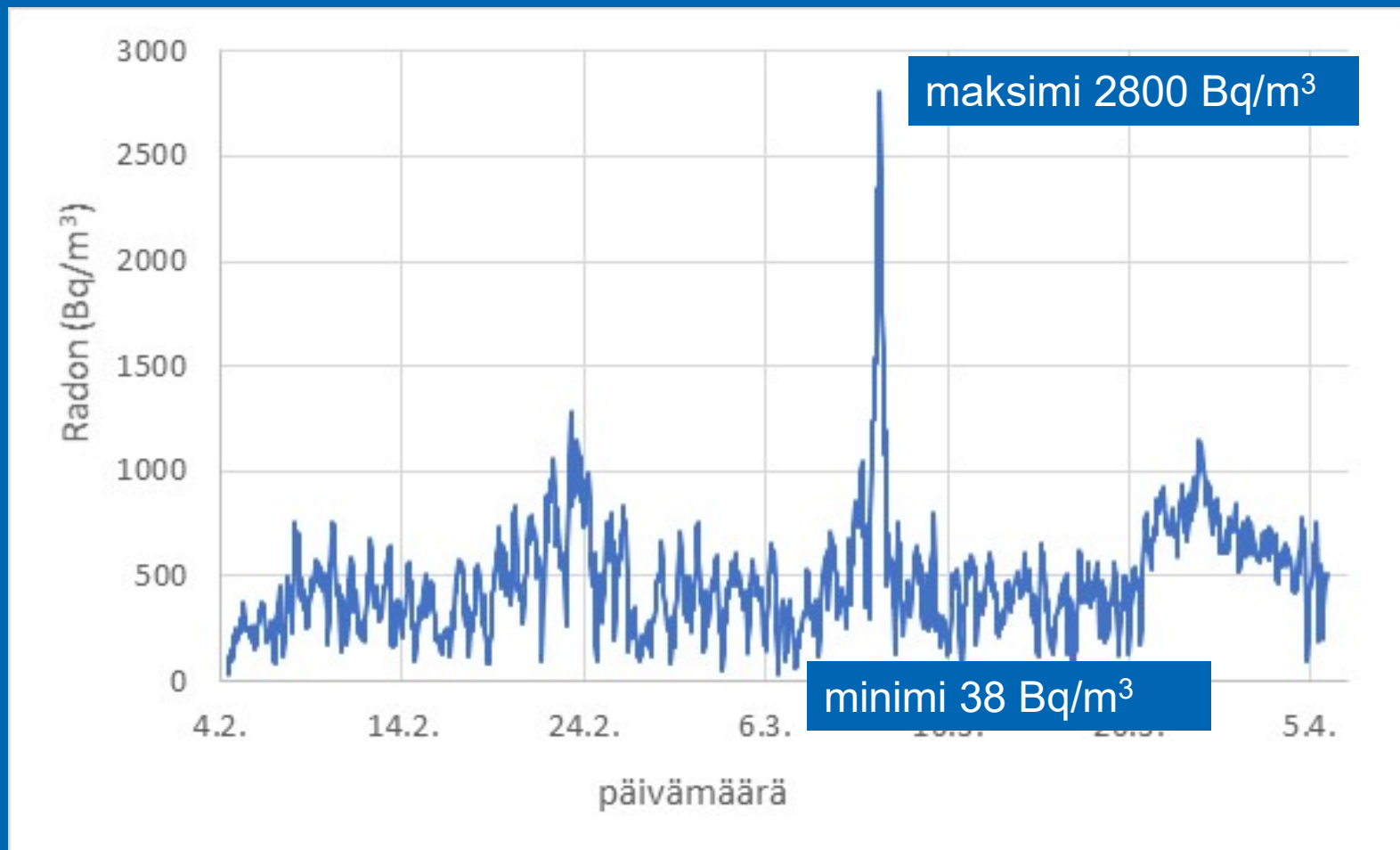


# Kertaus: vaikuttavat tekijät

- Maaperän uraanipitoisuus
- Maalaji (ilmanläpäisevyys)
- Maaperän kosteus
- Täyttösorakerroksen paksuus
- Rakennusmateriaalit
- Perustusten raot, läpivientien tiiveys
- Lämpötilaero
- Tuuli
- Ilmanvaihto (painovoimainen/pakotettu, tuulettaminen ovista/ikkunoista)



# Radonpitoisuuden luontaista vaihtelua asunnossa



# Lisätietoja [www.radon.fi/](http://www.radon.fi/)

Nettisivuilta on ladattavissa (pdf) mm. seuraavat STUKin raportit ja kirja:

- Asuntojen radonkorjaaminen. STUK-A252 Arvela H, Holmgren O, Reisbacka H.
- Radon uudisrakentamisessa – Otantatutkimus 2016 : Ympäristön säteilyvalvonnan toimintaohjelma. Kojo, Katja; Holmgren, Olli; Pyysing, Anni; Kurttio, Päivi
- Radon uudisrakentamisessa. Otantatutkimus 2009. STUK-A244 Arvela H, Mäkeläinen I, Holmgren O, Reisbacka H.
- Radon suomalaisissa asunnoissa – Otantatutkimus 2006. STUK-A242 Mäkeläinen I, Kinnunen T, Reisbacka H, Valmari T, Arvela H.
- Porakaivoveden radon- ja uraanikartasto. STUK-A256 Vesterbacka P, Vaaramaa K.
- Säteily ympäristössä -kirja. (Säteily- ja ydinturvallisuus 2.osa, STUK, 2003).

