



---

# Ilmanvaihtotekniset korjaukset ja rakenteiden tiivistäminen

Radonkorjauskoulutus, Kouvola 5.2.2019  
Olli Holmgren

# Ilmanvaihtojärjestelmä vaikuttaa

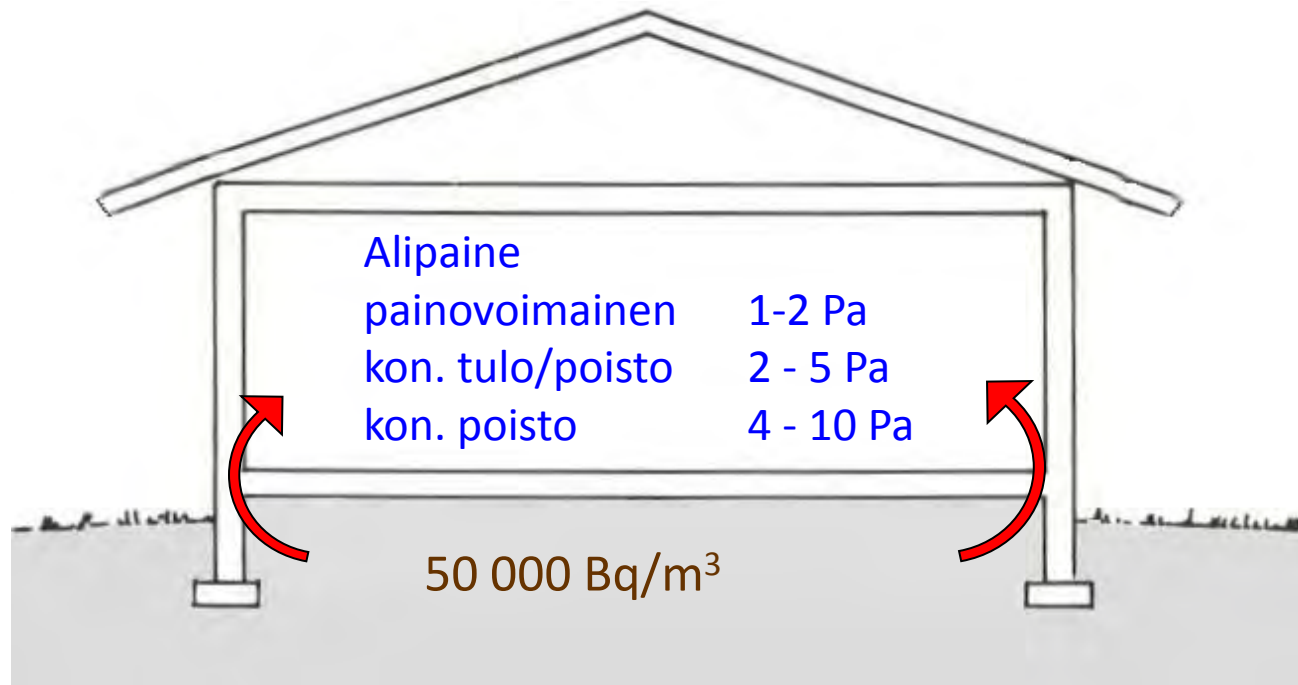
- Ilmanvaihtuvuuteen ja sen kautta radonpitoisuuden laimenemiseen
- Asunnon alipaineisuuteen ja sitä kautta radonpitoisen ilman virtaukseen maaperästä
- Joskus jopa radonkorjauksen toimivuuteen: kasvanut alipaine voi heikentää radonimurin toimintaa



# Paine-ero

pakottaa maaperän radonpitoisen ilman virtaamaan sisätiloihin

Hallinta vaikeinta koneellisen poiston taloissa



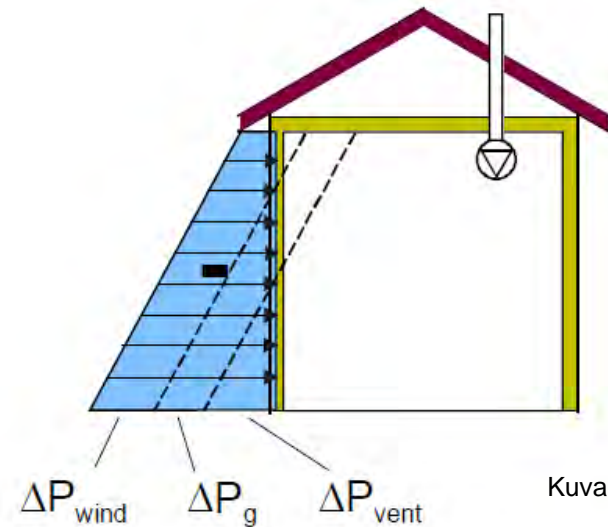
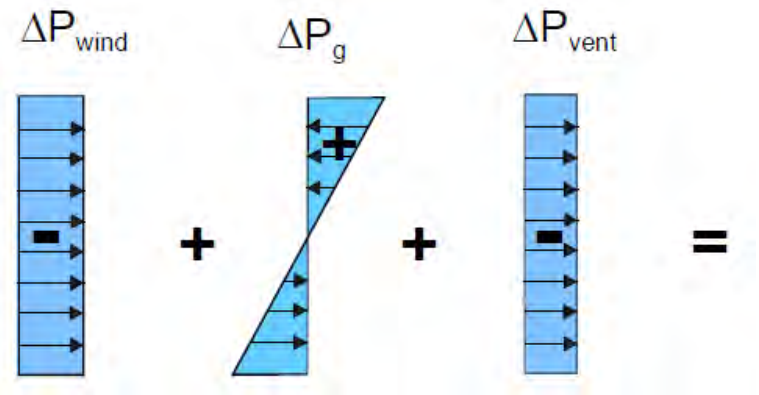
# Tulo- ja poistoilmanvaihtokoneen säätäminen

- Aikaisempien rakentamismääräysten mukaan ilmanvaihdon pitää olla **aina lievästi alipaineinen** eli yhteenlaskettujen poistoilmavirtojen on oltava suurempi kuin tuloilmavirtojen.
- YM:n asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta
  - 21 §: Erityissuunnittelijan **on suunniteltava** rakennuksen ulko- ja ulospuhallusilmavirrat siten, ettei **rakenteisiin aiheudu ylipaineen vuoksi** rakenteita vaurioittavaa pitkäaikaista **kosteusrasitusta** eikä **alipaineen vuoksi epäpuhtauksien siirtymistä sisäilmaan**. Pääsuunnittelijan, erityissuunnittelijan ja rakennussuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti suunniteltava rakennuksen **vaipan ja sisärakenteiden ilmanpitävyys** ja hormivaikutuksen hallinta siten, että edellytykset ilmanvaihdon toiminnalle voidaan varmistaa ja vältetään rakenteissa olevien epäpuhtauksien, **maaperässä olevien epäpuhtauksien ja radonin siirtymistä sisäilmaan** ja vältetään kosteuden siirtymistä rakenteisiin.
- Ohjeet: Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas, Talotekniikkateollisuus, <https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>

# Asunnon alipaine

## Alipaine lattiatasolla

- ilmavuotojen sijainti vaipassa
- ikkunat
- ilmanvaihtohormit
- tuuli
- koneellinen poisto kasvattaa alipainetta



Kuva: Juha Vinha

tuuli   lämpötilaero   ilmanvaihto

# Ilmanvaihtotekniset radonkorjaukset

## Mahdollisia toimenpiteitä

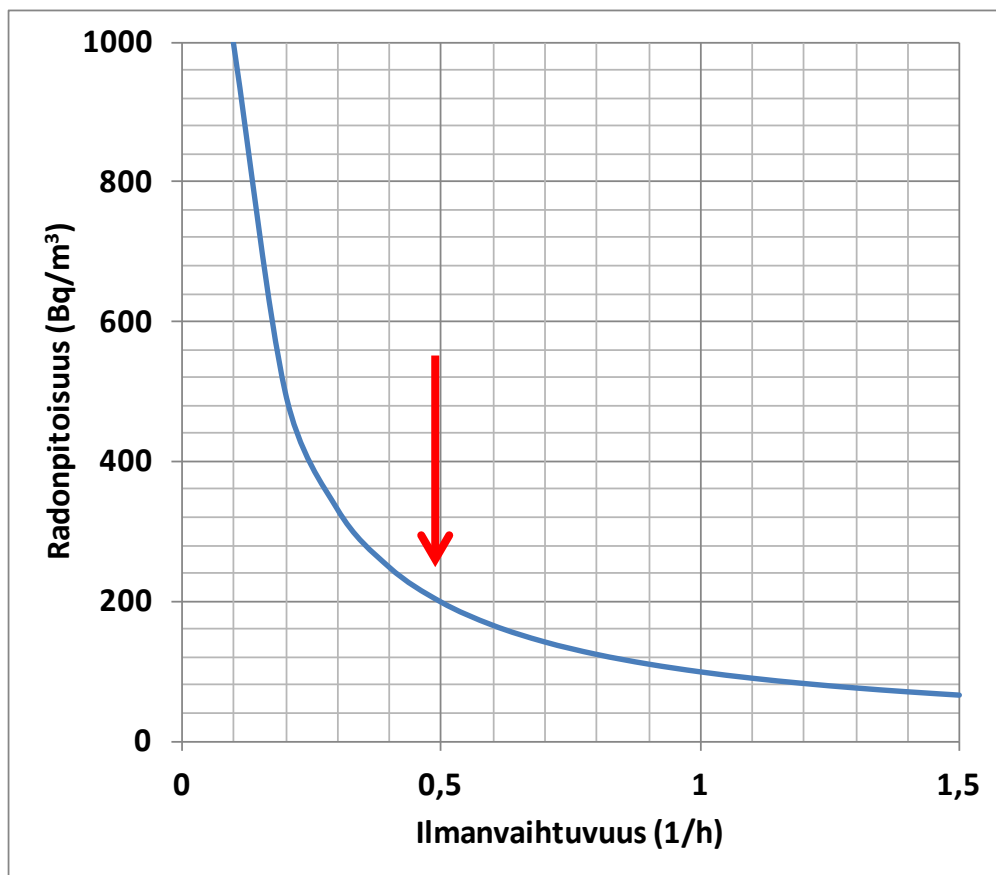
- Korvausilmaventtiilien asentaminen/lisääminen (suodatin, esilämmitin mahdollisia)
- Tulo- ja poistoilmanvaihtokoneen säätöjen tarkistus (ilmamäärät, asunnon alipaineisuus)
- Venttiilien, suodattimien, ritilöiden ja putkistojen puhdistus
- Poistopisteiden lisääminen tai tehostaminen
- Tuloilmapuhaltimien asentaminen, ilmanvaihto suunniteltava kokonaisuutena
- Uusi koneellinen ilmanvaihto (harkittava tarkoin!)

# Ilmanvaihtotekniset radonkorjaukset

- Onnistumiseen vaikuttaa vallitseva ilmanvaihtuvuus ja alipaineisuus, nämä on syytä tarkistaa ennen korjausta
- Parhaat tulokset saatu, kun
  - Ilmanvaihtuvuus on ollut aikaisemmin huono tai
  - suurta alipaineisuutta pystytään pienentämään
- Ilmanvaihtuvuus: tavoite  $0.5 \text{ h}^{-1}$ ,  
ilma vaihtuu kerran kahdessa tunnissa

# Ilmanvaihdon vaikutus radonpitoisuuteen

Oletus: alipaine ja radonlähde pysyvät samana

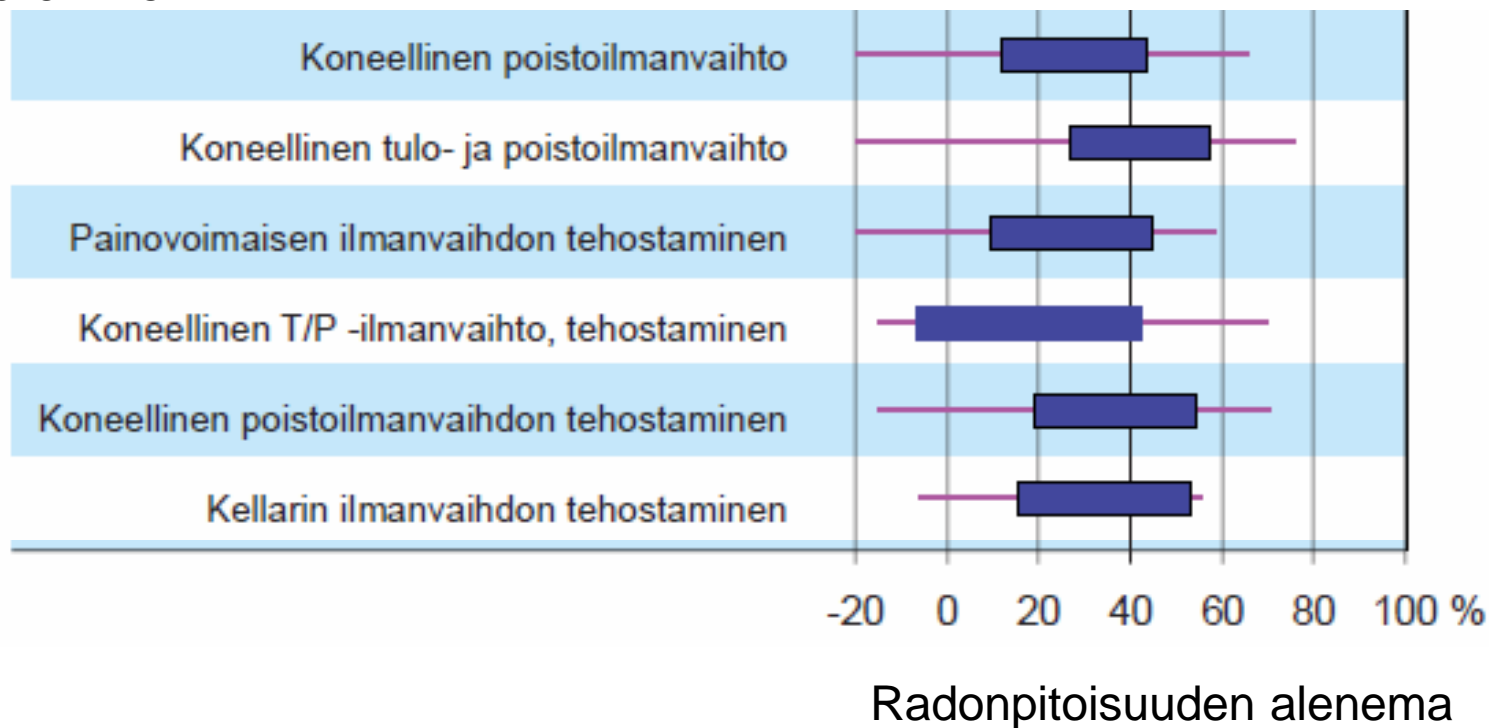


- Hallittu + hallitsematon ilmanvaihto:
  - IV-järjestelmä
  - Rakenteiden liitoskohtien läpi tulevat ilmavirrat



# Korjausmenetelmien tehokkuus

STUK-A252



# Alipaine- ja IV-mittauksia Tuusulan asuntomessualueella 2000

## 9 kohdetta, koneellinen poisto

- normaali käyttöteho, 3-10 Pa, ka 7 Pa, max 10 Pa
- max teho 10-20 Pa, ka 12 Pa, max 21 Pa
- korvausilmaventtiilejä pääsääntöisesti riittävästi
- ilmanvaihdon tehostaminen ei alenna radonpitoisuutta merkittävästi, joskus voi jopa kasvattaa sitä

## 15 kohdetta, koneellinen tulo/poisto

- normaali käyttöteho, 1-5 Pa

## Ilmanvaihtuvuudet normaalikäytössä 0.3 - 0.7 1/h

- pääsääntöisesti ohjeiden mukainen
- yksi kohde, minimiasennossa 0.7 1/h
- toinen kohde max. asennolla 0.5 1/h

# Alipaine- ja IV-mittauksia Tuusulan asuntomessualueella 2000

## 9 kohdetta, koneellinen poisto

- normaali käyttöteho, 3-10 Pa, ka 7 Pa, max 10 Pa
- max teho 10-20 Pa, ka 12 Pa, max 21 Pa
- korvausilmaventtiilejä pääsääntöisesti riittävästi
- ilmanvaihdon tehostaminen ei alenna radonpitoisuutta merkittävästi, joskus voi jopa kasvattaa sitä

## 15 kohdetta, koneellinen tulo/poisto

- normaali käyttöteho, 1-5 Pa

## Ilmanvaihtuvuudet normaalikäytössä 0.3 - 0.7 1/h

- pääsääntöisesti ohjeiden mukainen
- yksi kohde, minimiasennossa 0.7 1/h
- toinen kohde max. asennolla 0.5 1/h

Viite: Airaksinen M, Arvela H, Jokiranta K. Ilmanvaihto- ja radontutkimukset Tuusulan asuntomessualueella. Raportti B73. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto, LVI-tekniikan laboratorio; 2002.

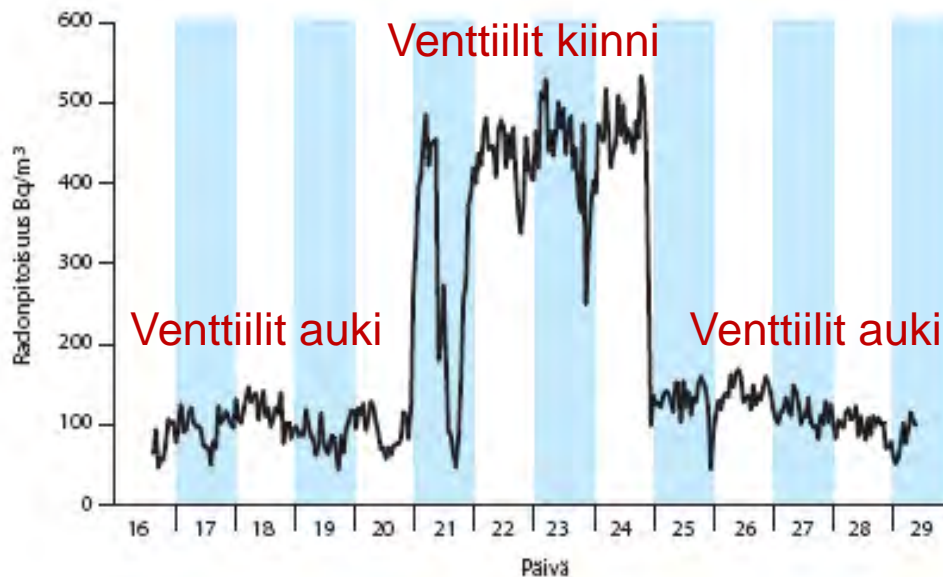
# Alipaine- ja radonmittauksia paritaloasunnossa

- koneellinen poistoilmanvaihto
- alipaine ja poistoilmavirrat mitattiin ilmanvaihdon eri tehoilla
- alipaine kaksinkertaistuu kun venttiilit suljetaan
- radonimuri toiminnassa, laatan alla kilpaileva alipaine

Koneellisen poistoilmanvaihdon säätöasento	Poistoilmavirta l/s (m <sup>3</sup> /h)	Alipaine ulkoilma-venttiilit auki Pa	Alipaine ulkoilma-venttiilit kiinni Pa
1	27 (97)	6	14
2	44.5 (157)	11	27
3	58.5 (211)	16	41
4 (max)	70 (252)	21	55

# Alipaine- ja radonmittauksia paritaloasunnossa

- radonimuri toiminnassa
- radonpitoisuus venttiilit kiinni 400 Bq/m<sup>3</sup>
- radonpitoisuus venttiilit auki 100 Bq/m<sup>3</sup>
- alipaineiden kilpatilanne - alipaine laatan alla ja asunnossa



# Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon säätäminen

Tuloilmasuodattimen tukkoisuus voi kasvattaa alipainetta; tukkoinen suodatin vähentää tuloilman määrää.

Esimerkki: Ennen tuloilmasuodattimen vaihtamista ja ilmanvaihdon säätämistä alipaine oli 12 Pa. Korjauksen jälkeen 4 Pa. Varsinainen korjaus tehtiin kytkemällä huippuimuri radonputkistoon. Alipaineisuus heikensi korjaustulosta ennen säätöjä.

# Esimerkkejä ilmanvaihdon tehostamisen vaikutuksesta radonpitoisuuteen

# Ilmanvaihdon tehostaminen, koneellinen poisto

Esimerkit perustuvat asukkaiden vastauksiin

Kohde	Radon ennen Bq/m <sup>3</sup>	Radon jälkeen Bq/m <sup>3</sup>	Toimenpide
Nokia	240	170	Käyttöä lisätty yöaikaan, venttiilien puhd.
Espoo	230	340	1 kpl ulkoilmaventtiili (UIV) asennettu
Jyväskylä	280	230	Asennettu 6 kpl UIV, KP puoliteho
Tampere 2C	770	220	Asennettu 4 kpl UIV, KP täysi teho
Tampere 2F	360	250	- “ -
Pispala	180	200	Ikkunatiivisteitä poistettu , 7 ikkunaa
Valkeala	430	290	Asennettu 1 kpl UIV



# Ilmanvaihdon tehostaminen, painovoimainen IV

Esimerkit perustuvat asukkaiden vastauksiin

Kohde	Radon ennen Bq/m <sup>3</sup>	Radon jälkeen Bq/m <sup>3</sup>	Toimenpide
Kotka	890	370	Ulkoilmaventtiilien (UIV) asennus, 6 kpl
Kerava	380	390	UIV asennus, 3 kpl
Kerava	220	120	UIV asennus 6 kpl, ikkunatiiviisteitä poistettu 5 kpl
Kotka	410	340	UIV asennus 4 kpl
Kotka	770	640	Ulkoilmaventtiileitä avattu

# Koneellisen poistoilmanvaihdon asennus

Esimerkit perustuvat asukkaiden vastauksiin

Kohde	Radon ennen Bq/m <sup>3</sup>	Radon jälkeen Bq/m <sup>3</sup>	Toimenpide
Huittinen	560	100	Huonekohtainen poistopuhallin ja UIV
Kuusan- koski	980	540	Uusi poistolaite ja 4 kpl UIV
Kuusan- koski	300	130	Uusi poistolaite ja 4 kpl UIV, kellarikerros ja avoin portaikko
Sammatti	670	440	Uusi poistolaite ja 7 kpl UIV

# Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asennus

Esimerkit perustuvat asukkaiden vastauksiin

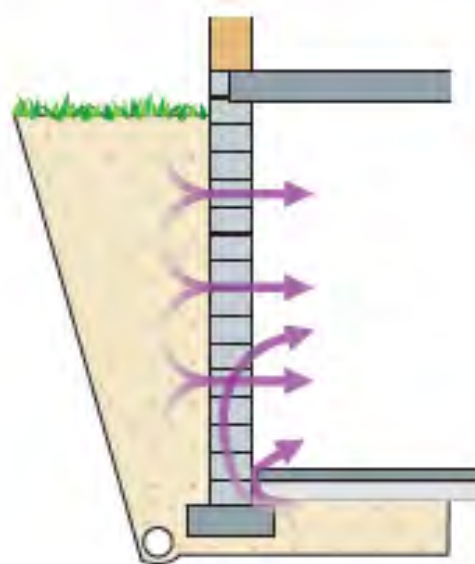
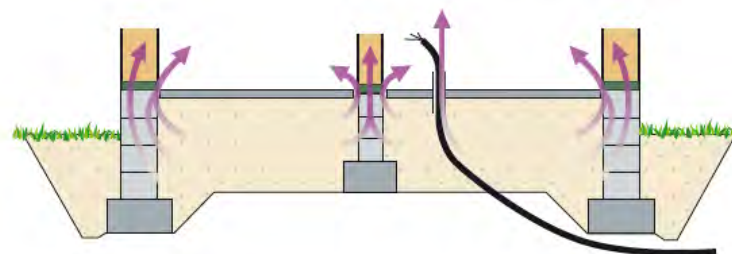
Kohde	Radon ennen Bq/m <sup>3</sup>	Radon jälkeen Bq/m <sup>3</sup>	Toimenpide
Sodankylä	610	790	Uusi TP-laite, säätö
Pyhäselkä	410	270	Uusi laite, säädetty, ilman laatu nyt hyvä!
Pyhäselkä	880	420	uusi laite, säätö
Porvoo	1190	120	Koneellinen poisto korvataan tulo/poisto-laitteella, louhittu kallio
Taipalsaari	760	370	Uusi laite
Viljakkala	500	40	Uusi laite, runsaasti tulopisteitä OH ja MH
Ylöjärvi	1140	320	Uusi laite, säätö, vanha painovoimainen

# Rakenteiden tiivistäminen

# Rakenteiden tiivistäminen

## Tiivistettäviä vuotokohtia

- lattian ja sokkelin välinen rako
- lattian ja kantavien väliseinien liitos
- läpiviennit laatussa
- maanvastaiset kevytsoraharkkoseinät, ohutrappaus
- betonilattia maapohjaiseen kellariin tai varastoon



# Rakojen tiivistäminen

## Edellytykset

- rakoon päästävä käsiksi (esim. parketti vaikeuttaa)
- tarvittaessa suurennettava / avarrettava
- tartuntapintojen oltava esillä, tiivistys betonipintoja vasten
- pinnat puhdistettava huolella

## Testattuja saumausaineita

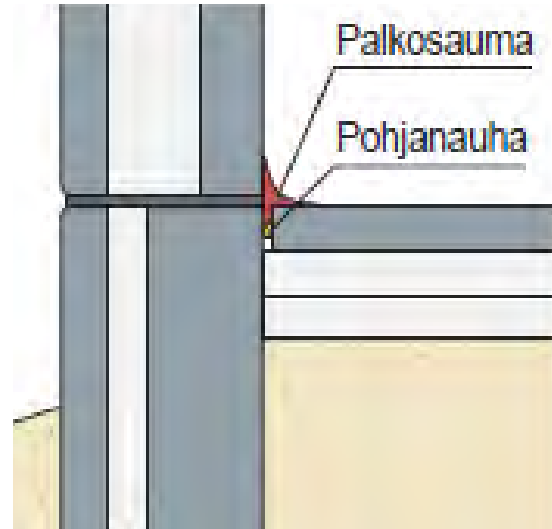
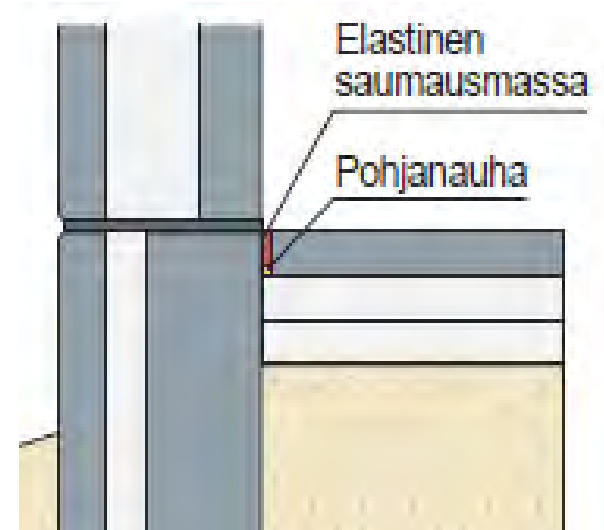
- polyuretaanipohjaiset saumausaineet
- vedeneristysmassat
- muut kaupalliset tiivistysjärjestelmät
- ~~kuumakumibitumi (lämpötila, tulityölupa)~~ - Ei sovellu sisäkäyttöön

## Ongelmat

- rakojen täydellinen tiivistäminen voi olla mahdotonta
- harkkosokkeli, rakojen tiivistäminen auttaa vain vähän

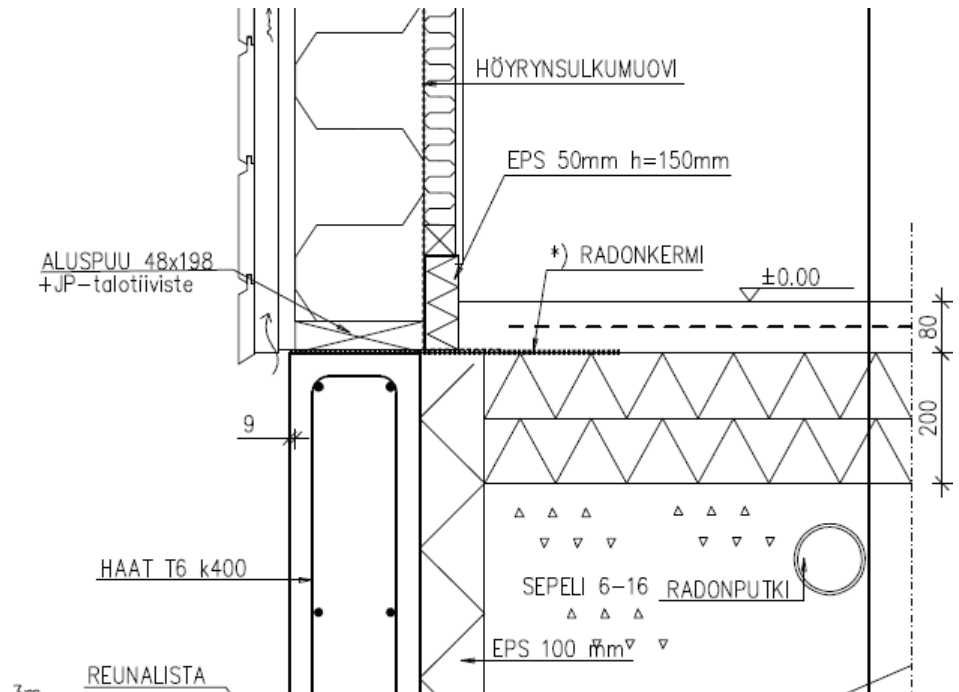
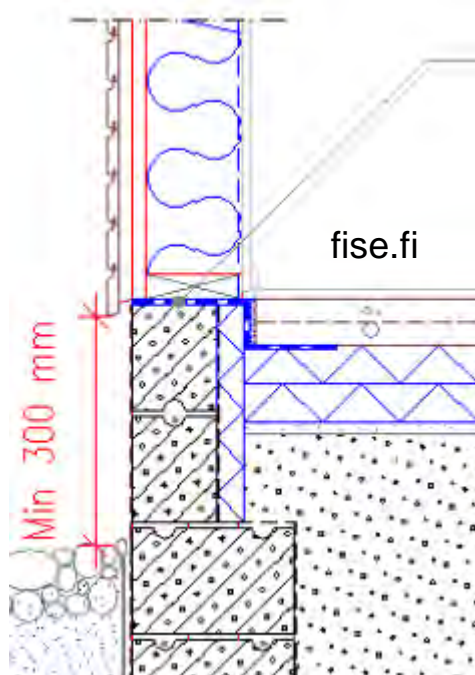
# Rakenteiden tiivistäminen

- sauman oltava puhdas ja riittävän avara
- tarvittaessa pohjanauha
- myös palkosauma mahd., jos riittävät kiinnityspinnat



# Puurakenteiset talot

- Puurakenteista talojen tiivistykset voivat olla haastavia
  - Lämmöneristeet, valesokkelit, yms.





# Rakenteiden tiivistäminen

- esimerkki nopeasti tehdystä ja vuotavasta tiivistystyöstä
- rakoa ei ole avarrettu eikä puhdistettu



# Rakenteiden tiivistäminen

- esimerkki vedeneristysmassalla tehdystä hyvästä tiivistyksestä (betonielementtiseinä)
- massa + tukinauha + uusi massaus, parketti poistettu



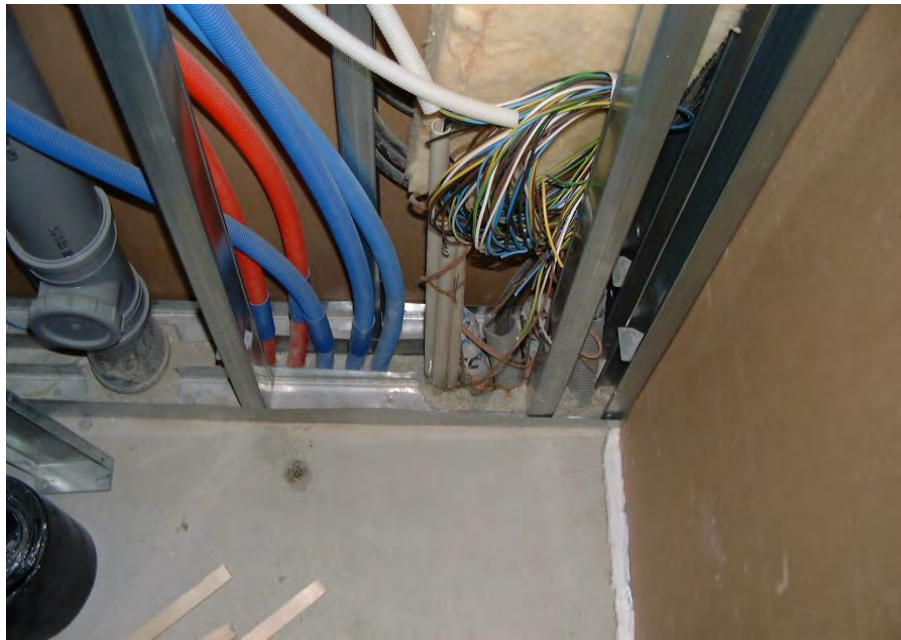
# Rakenteiden tiivistäminen

- esimerkki väliseinän kohdalla tehdystä tiivistystyöstä, vedeneristysmassa, metallirangan alaosa poistettu
- laatan ja sokkelin välillä on solumuovieriste, joka ei tarjoa mitään tiivistystä



# Rakenteiden tiivistäminen

- Läpivientien tiivistäminen jälkikäteen väliseinärakenteissa työlästä
- Vaikeuttavat hyvän tuloksen saavuttamista



# Tiivistämätön kaapeliläpivienti

Teknisessä tilassa radonpitoisuus 2000 Bq/m<sup>3</sup>

Teknisen tilan vuodot kasvattivat asuintilojen radonpitoisuutta 200 Bq/m<sup>3</sup>



# Tiivistämätön päävesijohto

- Voidaan helposti tiivistää laittamalla putkeen sopivaa pohja-ainetta. Tämän jälkeen tiivistetään sopivalla elastisella aineella 1-2 cm matkalta.
- Mahdollisen salaojaputken aukot tiivistettävä (esim. vedeneristysmassalla ja vahvikenauhalla).
- Jos suojojutkessa on uretaanivaahtoa, tiivistys vedeneristysmassalla



# Tiivistämätön kevytsoraharkkoseinä

- Tiivistäminen on jälkikäteen erittäin vaikeata
- Talon alla oleva radonputkisto ei ollut riittävän tehokas
- Alarinteelle asennettu radonkaivo laski radonpitoisuutta 50 % (8000 → 4000 Bq/m<sup>3</sup>)
- Imurin kytkeminen salaojaputkistoon alensi pitoisuutta tasolle 400 Bq/m<sup>3</sup>
- Korjausta tehostettiin tiivistämällä seinät rappaamalla



# Uudisrakennuskohde Vantaa

- Sokkelin ja laatan liitoskohta tiivistetty kumibitumikermillä
- Vaatehuoneessa vuotava jakotukki
  - Tiivistys lattiatasoitteella
- Radonpitoisuus olohuoneessa
  - ennen  $600 \text{ Bq/m}^3$
  - jälkeen  $60 \text{ Bq/m}^3$





# Rakenteiden tiivistäminen

Radonpitoisuuden alenemat tyypillisesti

- puurakenteiset seinät 10 - 35 %
- betonielementtiseinät 30 - 55 %
- kerrostalot 30 - 65 %

# Esimerkkejä tiivistyskorjauksista

Esimerkit perustuvat asukkaiden vastauksiin

Kohde	Radon ennen Bq/m <sup>3</sup>	Radon jälkeen Bq/m <sup>3</sup>	Toimenpide
Jyväskylä	ak 410 yk 200	310 230	sokkeli valubetonista, Sandwich-elementti <ul style="list-style-type: none"><li>• lattian ja sokkelin liitos tiivistetty PU-saumaussmassalla</li><li>• laatoitettu osa silikonilla</li><li>• maapaineseinä kylmä ja kuumabitumi</li></ul>
Kouvola	420	350	matalaperustus, 1 krs, valubetonisokkeli <ul style="list-style-type: none"><li>• saumojen tiivistys silikonilla (ei suositeltava saumaussaine)</li></ul>

# Esimerkkejä tiivistyskorjauksista

Esimerkit perustuvat asukkaiden vastauksiin

Kohde	Radon ennen Bq/m <sup>3</sup>	Radon jälkeen Bq/m <sup>3</sup>	Toimenpide
Vantaa	510	70	matalaperustus, 1 krs, valubetonisokkeli <ul style="list-style-type: none"><li>• läpivientien tukkiminen ja kantavan väliseinän liitosten tiivistäminen</li></ul>
Sodankylä	1750	930	osakellari, sokkeli valubetonia <ul style="list-style-type: none"><li>• rinnepaikka, karkeaa soraa</li><li>• laatan ja seinän välissä pysty EPS (Styrox)</li><li>• seinän vierusta ja EPS-alue tiivistetty</li><li>• 15 litraa Sikaflex 228</li></ul>

