



Ilmanvaihtotekniset korjaukset ja rakenteiden tiivistäminen

Radonkorjauskoulutus, 10.11.2022 Vantaa
Olli Holmgren

Ilmanvaihtojärjestelmä vaikuttaa

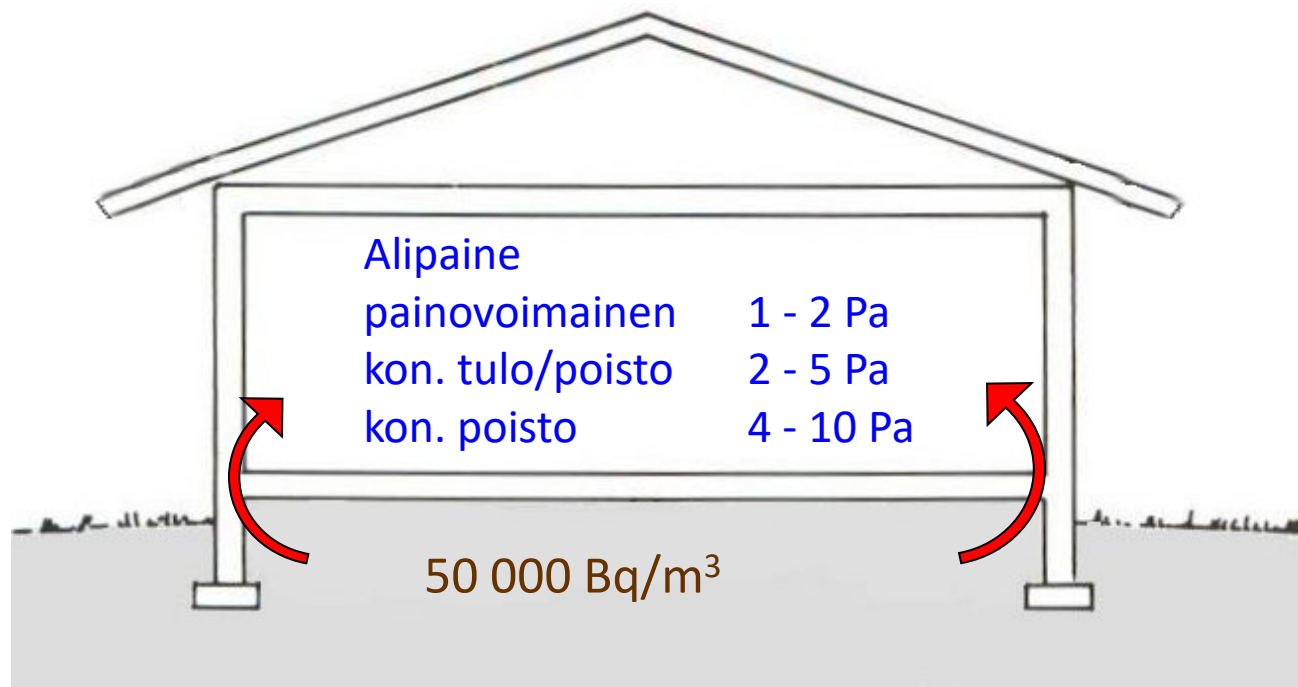
- Ilmanvaihtuvuuteen ja sen kautta radonpitoisuuden laimenemiseen
- Asunnon alipaineisuuteen ja sitä kautta radonpitoisen ilman virtaukseen maaperästä
- Joskus jopa radonkorjauksen toimivuuteen: kasvanut alipaine voi heikentää radonimurin toimintaa



Paine-ero

pakottaa maaperän radonpitoisen ilman virtaamaan
sisätiloihin

Hallinta vaikeinta koneellisen poiston taloissa



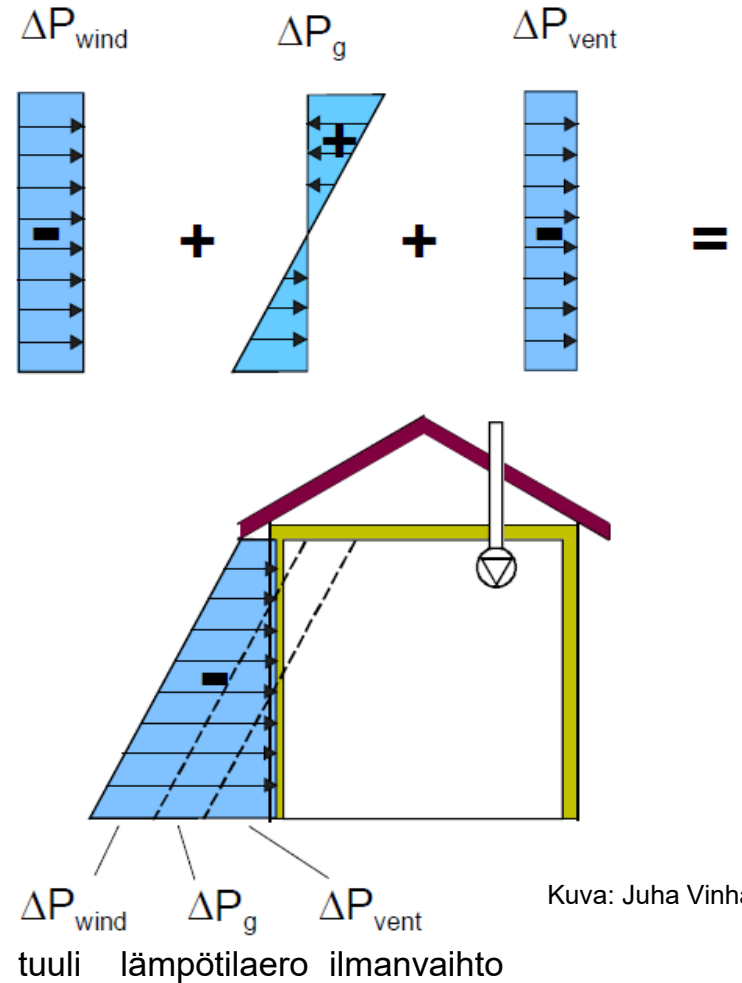
Tulo- ja poistoilmanvaihtokoneen säätäminen

- 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 (2017)
 - 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

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



Kuva: Juha Vinha

Ilmanvaihtotekniset radonkorjaukset

Mahdollisia toimenpiteitä

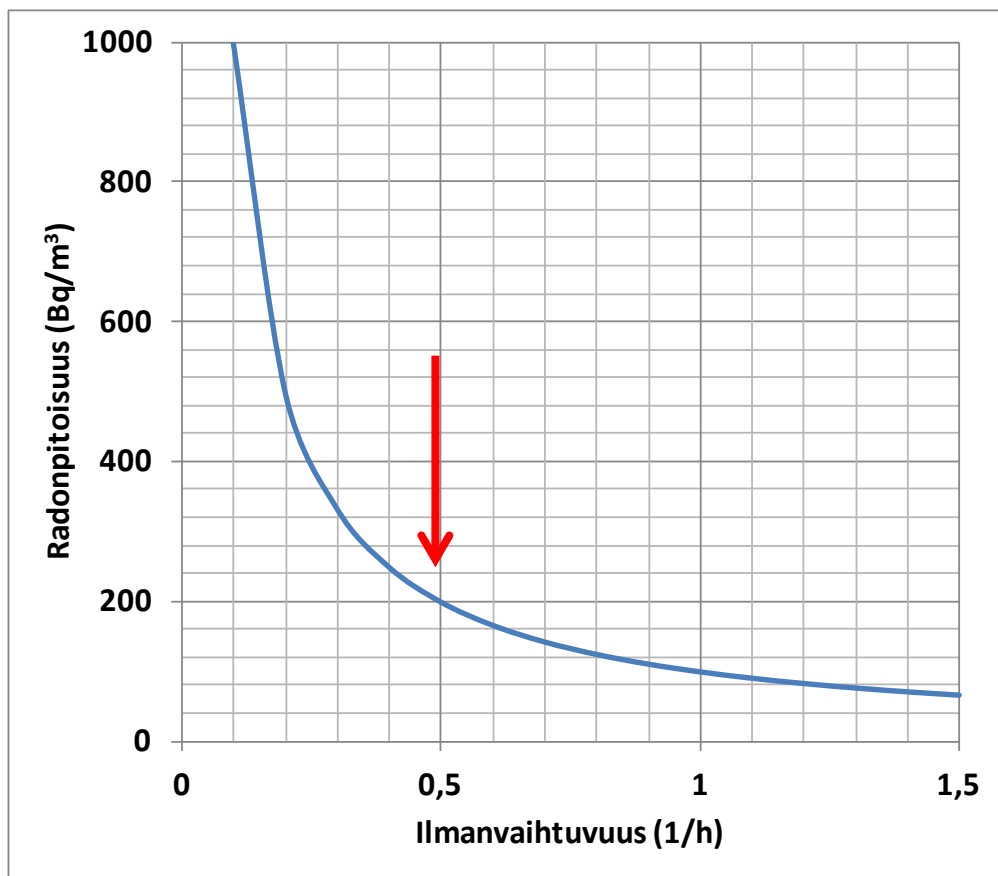
- Venttiilien, suodattimien, ritilöiden ja putkistojen puhdistus
- Tulo- ja poistoilmanvaihtokoneen säätöjen tarkistus (ilmamäärät, asunnon alipaineisuus)
- Korvausilmaventtiilien asentaminen/lisääminen (suodatin ja esilämmitin mahdollisia)
- Tuloilmapuhaltimien asentaminen, mutta tällöin ilmanvaihto on suunniteltava uudelleen kokonaisuutena
- Painovoimaisen IV:n poistopisteiden lisääminen tai tehostaminen
- Uusi koneellinen ilmanvaihto (harkittava tarkoin, ei pelkästään radonin takia!)

Ilmanvaihtotekniset radonkorjaukset

- Onnistumiseen vaikuttaa korjausta edeltävä ilmanvaihtuvuus ja alipaineisuus
 - Nämä on hyvä tarkistaa mittauksin ennen korjausta
- Parhaat tulokset saatu, kun
 - Ilmanvaihtuvuus on ollut aikaisemmin huono tai
 - suurta alipaineisuutta pystytään pienentämään
- Ilmanvaihtuvuus: tavoite 0.5 h^{-1} ,
ilma vaihtuu kerran kahdessa tunnissa

Ilmanvaihdon vaikutus radonpitoisuuteen

Oletus: alipaine ja radonlähde pysyvät samana

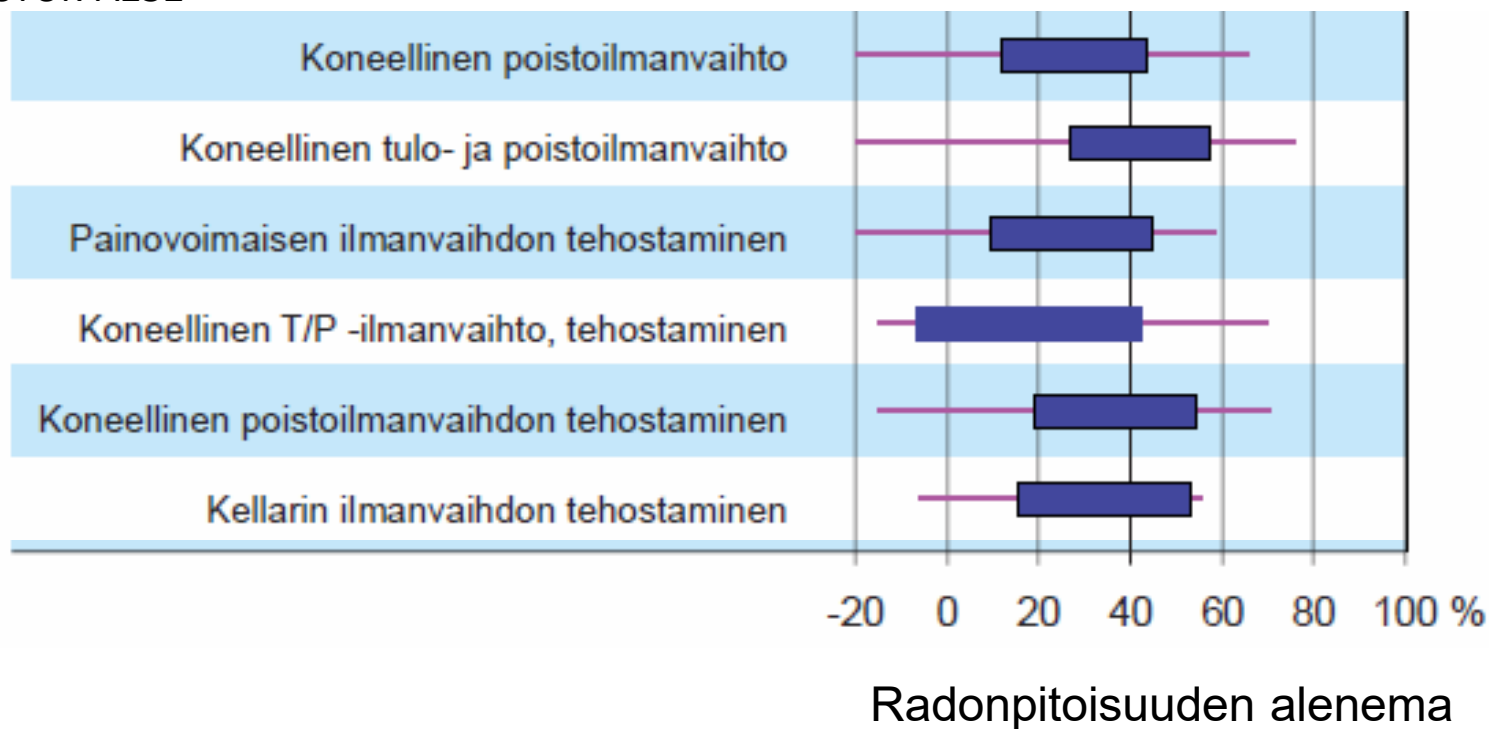


- Hallittu + hallitsematon ilmanvaihto:
 - IV-järjestelmä
 - Rakenteiden liitoskohtien läpi tulevat ilmavirrat

Korjausmenetelmien tehokkuus

- Korjauksen on voinut tehnyt asukas itse tai ammattilainen

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

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

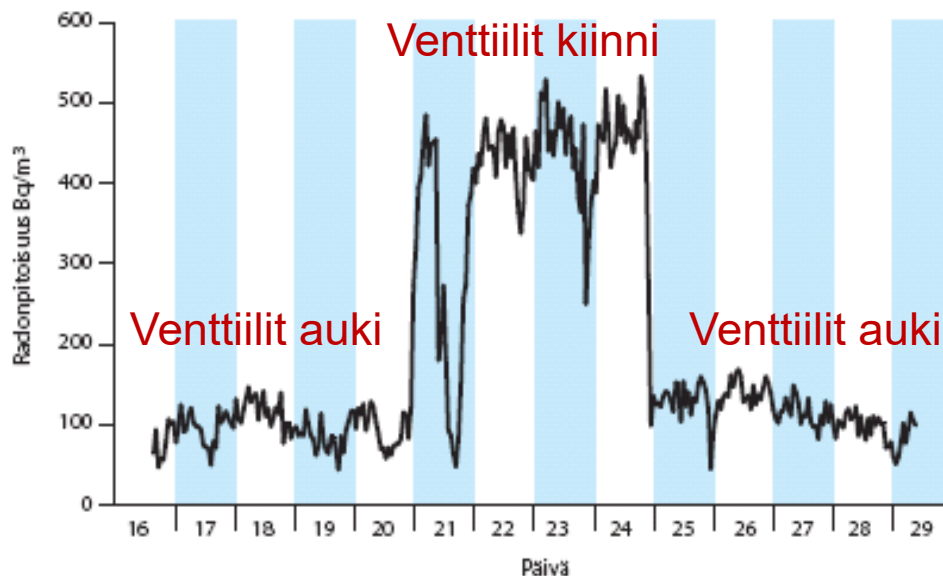
Alipaine- ja radonmittauksia paritaloasunnossa

- 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 ³ /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/m³
- radonpitoisuus venttiilit auki 100 Bq/m³
- alipaineiden kilpatilanne - alipaine laatan alla ja asunnossa



Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon säätäminen

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

- Pahimmillaan tulo-poisto-IV onkin käytännössä koneellinen poisto-IV

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 ³	Radon jälkeen Bq/m ³	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 ³	Radon jälkeen Bq/m ³	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 ³	Radon jälkeen Bq/m ³	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

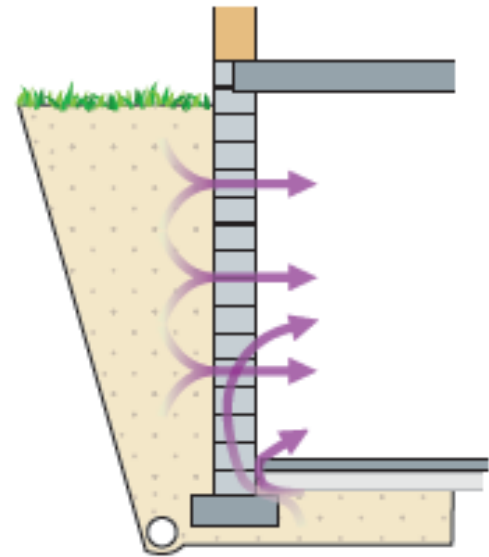
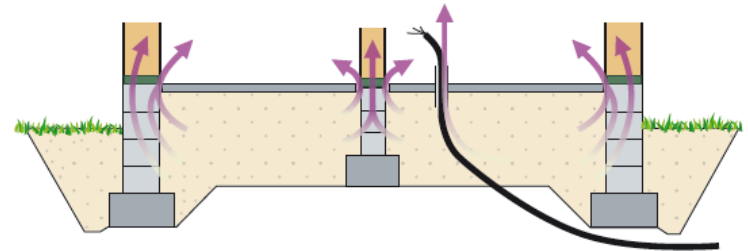
Kohde	Radon ennen Bq/m ³	Radon jälkeen Bq/m ³	Toimenpide
Sodankylä	610	790	Uusi TP-laite, säätö
Pyhäselkä	410	270	Uusi laite, säädetty, ilman laatu nyt hyvä!
Pyhäselkä	880	420	uusi laite, säätö
Porvoo	1190	120	Koneellinen poisto korvataan tulo/poisto-laitteella, louhittu kallio
Taipalsaari	760	370	Uusi 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

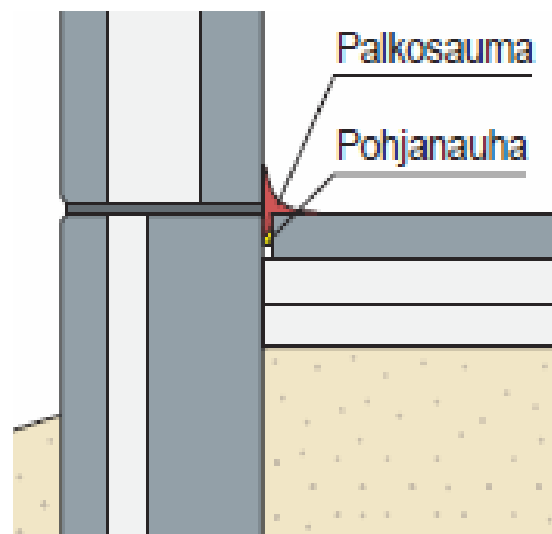
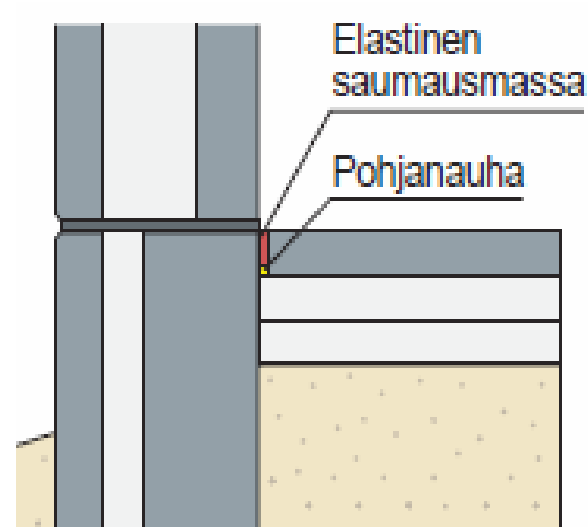
- polyuretaanipohjaiset saumausaineet
- vedeneristysmassat
- muut kaupalliset tiivistysjärjestelmät ja -aineet
- ~~kuumakumibitumi (lämpötila, tulityölupa)~~ - Ei sovellu sisäkäyttöön

Ongelmat

- rakojen täydellinen tiivistäminen voi olla mahdotonta (kiintokalusteet, väliseinät, rappuset)
- harkkosokkeli, rakojen tiivistäminen auttaa vain vähän

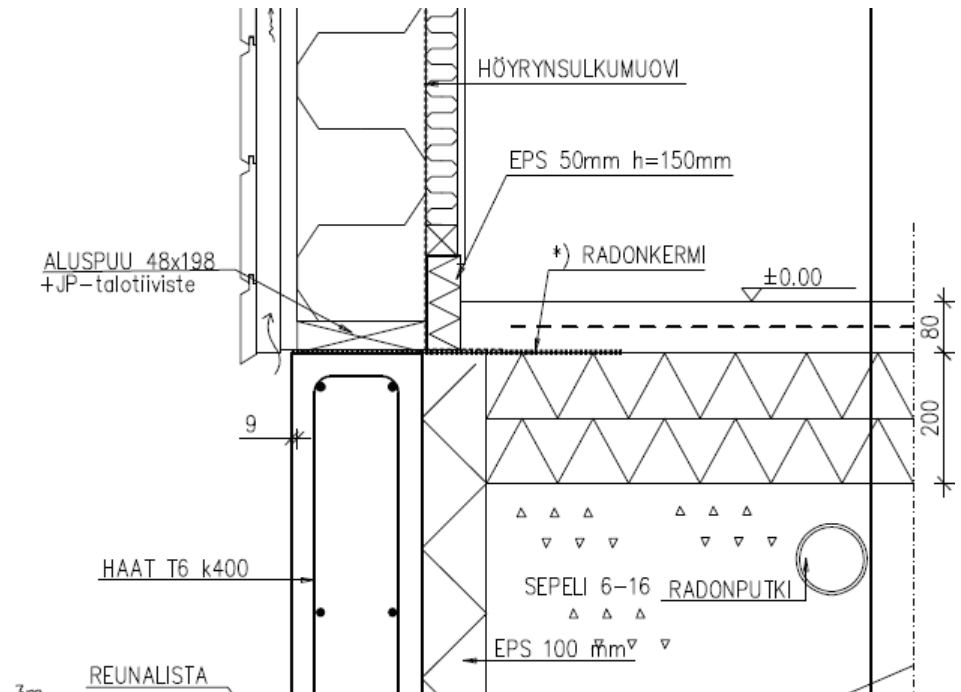
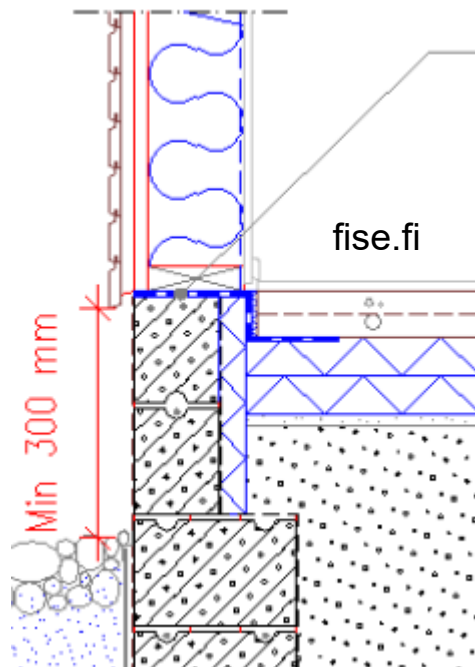
Rakenteiden tiivistäminen

- 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



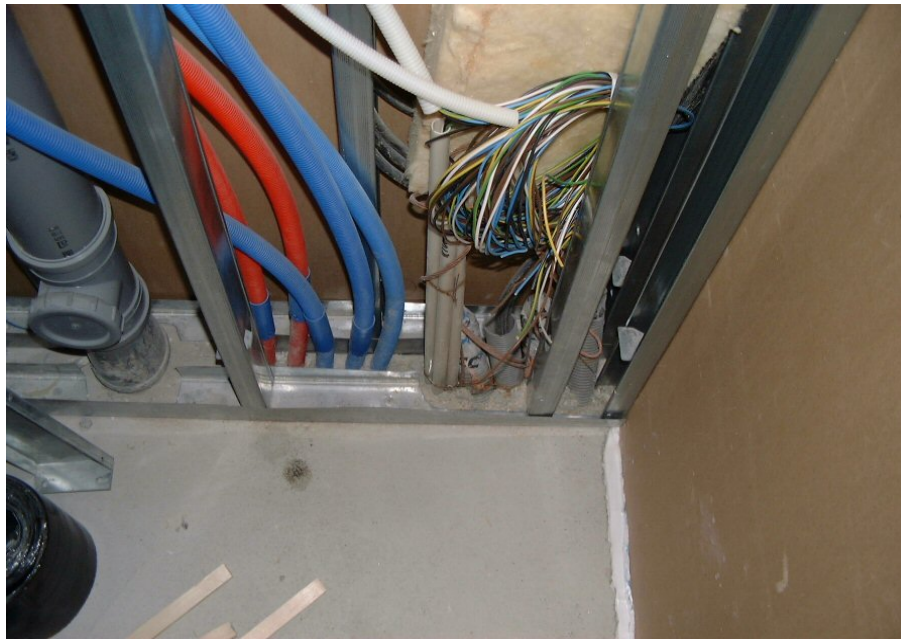
Rakenteiden tiivistäminen

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



Rakenteiden tiivistäminen

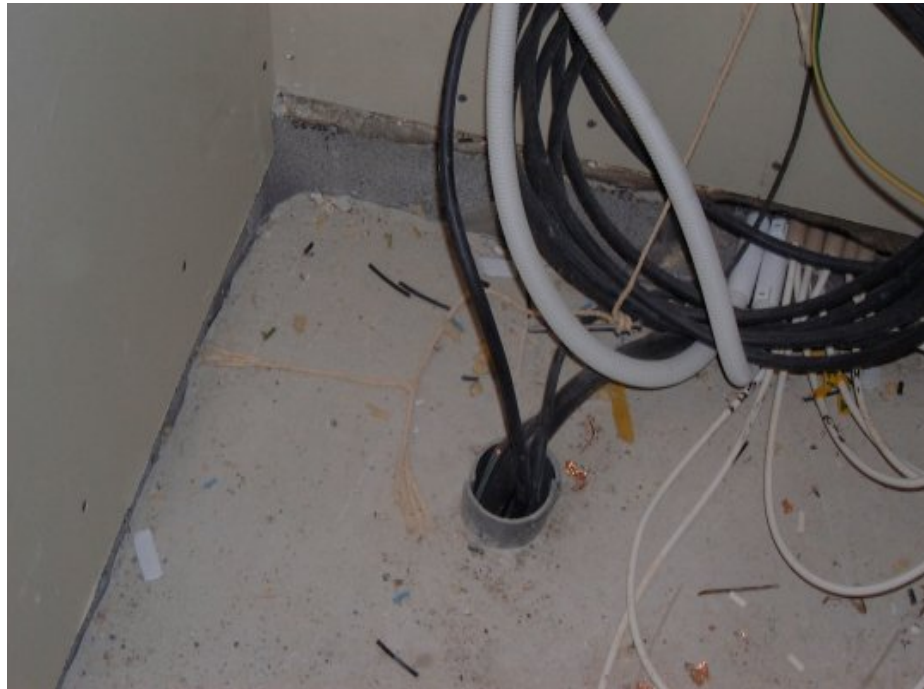
- Läpivientien tiivistäminen jälkikäteen väliseinärakenteissa työlästä
- Vaikeuttavat hyvän tuloksen saavuttamista



Tiivistämätön kaapeliläpivienti

Teknisessä tilassa radonpitoisuus 2000 Bq/m³

Teknisen tilan vuodot kasvattivat asuintilojen radonpitoisuutta 200 Bq/m³



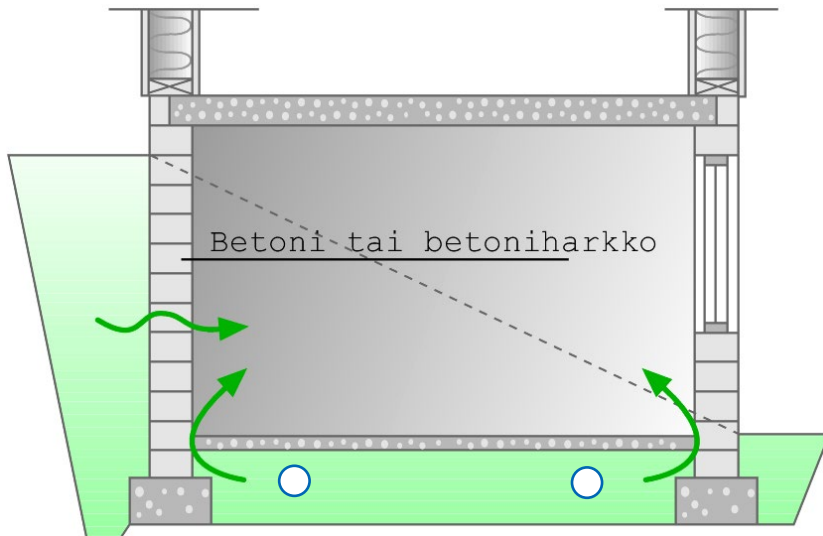
Tiivistämätön päävesijohto

- 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 suojaputkessa on uretaanivaahtoa, tiivistys vedeneristysmassalla



Tiivistämätön kevytsoraharkkoseinä

- Tiivistäminen on jälkikäteen erittäin vaikeata
- Talon alla oleva radonputkisto ei ollut riittävän tehokas
- Alarinteelle asennettu radonkaivo pienensi radonpitoisuutta 50 % ($8000 \rightarrow 4000 \text{ Bq/m}^3$)
- Imurin kytkeminen salaojaputkistoon pienensi pitoisuutta tasolle 400 Bq/m^3
- Korjausta tehostettiin tiivistämällä seinät rappaamalla



Uudisrakennuskohde Vantaa

- Sokkelin ja laatan liitoskohta tiivistetty kumibitumikermillä
- Vaatehuoneessa vuotava jakotukki
 - Tiivistys lattiatasoitteella
- Radonpitoisuus olohuoneessa
 - ennen 600 Bq/m³
 - jälkeen 60 Bq/m³



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 ³	Radon jälkeen Bq/m ³	Toimenpide
Jyväskylä	ak 410 yk 200	310 230	sokkeli valubetonista, Sandwich-elementti • lattian ja sokkelin liitos tiivistetty PU-saumausmassalla • laatoitettu osa silikonilla • maapaineseinä kylmä ja kuumabitumi
Kouvola	420	350	matalaperustus, 1 krs, valubetonisokkeli • saumojen tiivistys silikonilla (ei suositeltava saumasaine)

Esimerkkejä tiivistyskorjauksista

Esimerkit perustuvat asukkaiden vastauksiin

Kohde	Radon ennen Bq/m ³	Radon jälkeen Bq/m ³	Toimenpide
Vantaa	510	70	matalaperustus, 1 krs, valubetonisokkeli • läpivientien tukkiminen ja kantavan väliseinän liitosten tiivistäminen
Sodankylä	1750	930	osakellari, sokkeli valubetonia • rinnepaikka, karkeaa soraa • laatan ja seinän välissä pysty EPS (Styrox) • seinän vierusta ja EPS-alue tiivistetty • 15 litraa Sikaflex 228

