



Markku Malila

## **RADONIN TORJUNTA PIENTALOKOHOEISSA**

# **RADONIN TORJUNTA PIENTALOKOhteissa**

Markku Malila  
Opinnäytetyö  
Syksy 2012  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma, Talo- ja korjausrakentaminen

---

Tekijä: Markku Malila

Opinnäytetyön nimi: Radonin torjunta pientalokohteissa

Työn ohjaaja: Kimmo Illikainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2012

Sivumäärä: 47

---

Radon on todettu merkittäväksi terveysriskiksi, joten on se myös huomioitava rakentamisessa. Jukka-Talolla on vähän tutkittua tietoa sisäilman radonpitoisuuksista ja radonin torjunnasta. Työn tavoitteena oli tuoda esille radonintorjunnan merkitys pientalorakentamisessa sekä löytää rakennuksen kriittiset rakeneosat radonin torjunnan kannalta. Työssä pyrittiin esittämään järkeviä rakeneratkaisuja, toimintaperiaatteita ja menetelmiä radonintorjumiseksi pientalojen uudisrakentamisessa.

Työssä perhdyttiin radonin torjuntaan pientaloissa rakenteellisten ratkaisujen sekä radonputkiston avulla. Työ pohjautuu radonin torjuntaa koskeviin määräyksiin ja ohjeisiin. Työssä tuotiin esille sisäilman radonlähteet sekä ohjeiden ja määräysten mukaisia rakenteita radonin torjumiseksi eri perustamistapojen rakenteissa. Työssä tarkasteltiin myös Jukka-Talon alapohjarakenteita radonin torjunnan kannalta.

Jokainen pientalo on mahdollista rakentaa radonturvalliseksi niin, että rakennuksen sisäilman radonpitoisuudet eivät ylitä sallittuja raja-arvoja. Korkeidenkin radonpitoisuuksien alueella rakennus voidaan tehdä radonturvalliseksi oikeanlaisilla rakenteilla. Eri perustamistavoilla se vaatii vain enemmän toimenpiteitä. Radonintorjunta vaatii onnistuakseen oikeanlaista suunnittelua ja huolellista, suunnitelmien mukaista rakentamista. Pientalon sisäilman radonpitoisuudet tulisi aina mitata, sillä se on ainoa keino varmistua siitä, että rakennuksen sisäilman radonpitoisuus ei ylitä sallittuja raja-arvoja.

---

Asiasanat:

Radon, Radonintorjunta, Tiiveys, Sisäilma.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	1
SISÄLLYS	2
1 JOHDANTO	3
2 YLEISTÄ RADONISTA	4
2.1 Radon Suomessa	5
2.2 Radon pientaloissa	6
3 RADONIN TORJUNTA UUDISRAKENTAMISESSA	10
3.1 Rakenteiden suunnittelu	11
3.2 Rakenteiden toteutus	15
4 PERUSTAMISTAVAT JA RAKENTEET	18
4.1 Tuulettuva alapohja	19
4.1.1 Esimerkkirakenteita tuulettuvasta-alapohjasta	19
4.1.2 Jukka-Talon rakenteita tuulettuvasta-alapohjasta	24
4.2 Maanvastainen alapohja	27
4.2.1 Esimerkkirakenteita maanvastaisesta-alapohjasta	29
4.2.2 Jukka-Talon rakenteita maanvastaisesta-alapohjasta	36
5 RADONPUTKISTO	39
6 RADONIN MITTAUSMENETELMÄT	44
7 YHTEENVETO	46
LÄHTEET	47
LIITTEET	50

# 1 JOHDANTO

Radon on radioaktiivinen kaasu, jota syntyy maassa olevan uraanin hajotessa. Se on täysin hajuton, mauton ja näkymätön kaasu, joten sitä on mahdoton todeta ilman mittauksia. Radonia pääsee sisäilmaan maaperästä ja rakennusmateriaaleista. Radonin kiinteät hajoamistuotteet tarttuvat keuhkoihin ja lisäävät keuhkosyövän riskiä. Itse radonkaasu poistuu uloshengityksen mukana. Suomessa todetaan vuosittain noin 2 000 keuhkosyöpätapausta, joista radonista johtuvia arvioidaan olevan 100 - 600.

Suomen asuntojen keskimääräiset radonpitoisuudet ovat maailman korkeimpia johtuen rakennustekniikasta, geologiasta ja ilmastosta. Maaperän uraanipitoisuus on suurempi kuin muualla maailmassa keskimäärin ja hyvin ilmaa läpäiseviä sora- ja hiekkaharjuja on myös runsaasti, varsinkin Etelä-Suomessa. Talojen perustustavat ja niissä käytettävät materiaalit vaikuttavat radonpitoisuuksiin sisäilmassa. Suomessa yleisin käytetty perustustapa on maanvarainen laatta, mikä asettaa haasteita radonturvalliselle rakentamiselle. Varsinkin talvella asunnossa vallitsee alipaine, kun lämpötilaero sisä- ja ulkoilman välillä on suuri. Paine-eron johdosta radonpitoista ilmaa virtaa sisälle rakennuspohjan vuotokohdista.

Jukka-Talolla on vähän tutkittua tietoa sisäilman radonpitoisuuksista ja radonin torjunnasta. Koska radon on todettu merkittäväksi syöpäriskin lisääjäksi, tulee se huomioida myös rakentamisessa. Radonin torjunta on helpointa ja halvinta toteuttaa rakennusvaiheessa oikeanlaisilla rakenneratkaisuilla ja radonputkiston avulla. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuoda esille radonintorjunnan merkitys ja löytää kriittiset rakenneosat ja niihin järkevät ratkaisut radonintorjumiseksi pientalojen uudisrakentamisessa. Sekä tarkastella Jukka-Talon alapohjarakenteita radonin torjunnan kannalta.

## 2 YLEISTÄ RADONISTA

Radonkaasua syntyy radioaktiivisen uraanin ja toriumin hajotessa lyijyksi. Radon on hajoamissarjojen ainoa kaasu ja sen puoliintumisaika on 3,8 vuorokautta. Kaasuna radon nousee maaperästä huoneilmaan ja hajoaa edelleen kiinteiksi hajoamistuotteiksi. Hajoamissarja päättyy lopulta lyijyksi. Radoniin liittyvä keuhkosyöpävaara ei aiheudu itse radonista vaan juuri sen kiinteistä hajoamistuotteista. Radonkaasu sellaisenaan poistuu elimistöstä hengitysilman kautta, mutta ilmassa leijuvat radonin hajoamistuotteet kulkeutuvat hengitysilman mukana elimistöön ja tarttuvat keuhkojen sisäpintaan. Hajoamistuotteet lähettävät ionisoivaa säteilyä, joka aiheuttaa muutoksia ihmisen kudoksissa, esimerkiksi syöpää. Radonia on mahdoton havaita sisäilmasta aistien varaisesti, sillä se on täysin hajuton, mauton ja näkymätön kaasu. Radonpitoisuudet voi todeta ainoastaan radonmittauksilla. (Arvela–Mäkeläinen–Turtiainen–Valmari-Weltner 2003,112–113.)

Radonin aiheuttamien terveyshaittojen tutkimisen katsotaan alkaneeksi 1500-luvulla Keski-Euroopan kaivoksissa, jossa työmiesten huomattiin sairastuvan keuhkotautiin. Aiheuttajaksi ei kuitenkaan tiedetty radonia. Radonkaasu havaittiin vasta 1900-luvun alussa, jolloin myös ensimmäiset radonmittaukset suoritettiin. Ensimmäiset arviot radonin keuhkosyöpäriskistä saatiin 1970-luvulla. Samoihin aikoihin suomessa ryhdyttiin suorittamaan mittauksia kaivoksissa. Myös ensimmäiset radonmittaukset asunnoissa tehtiin 1970-luvulla, mutta asuntojen terveysongelmaksi se tunnistettiin vasta 1980-luvun alussa. Radonin mittayksikkö on SI-järjestelmän mukainen aktiivisuuden yksikkö, becquerel. Yksi becquerel vastaa yhtä hajoamista sekunnissa, radonpitoisuus ilmoitetaan becquerel/kuutiometri, eli montako hajoamista tapahtuu sekunnissa kuutiometrissä ilmaa. (Arvela ym. 2003,113–115.)

Nykyään uudisrakennusten radonpitoisuus ei saisi Sosiaali- ja Terveysministeriön päätöksen 944/92 mukaan ylittää 200 becqueriliä kuutiometrissä ( $Bq/m^3$ ), vanhoissa rakennuksissa tuo raja on  $400 Bq/m^3$ . WHO (World Health Organisation) suosittelee perustasoksi korkeintaan  $100 Bq/m^3$ , ja mikäli se ei ole maasta tai muista syistä johtuen mahdollista, radonpitoisuuden ei tulisi ylittää 300

Bq/m<sup>3</sup>. Pohjoismaiden radonpitoisuudet ovat korkeimpia maailmassa ja siksi myös raja-arvot ylittävät WHO:n suositukset. Säteilyturvakeskuksen mukaan uudisrakennuksissa tulisi nykyään pyrkiä jopa alle 50 Bq/m<sup>3</sup> keskiarvoa, kun tämän hetkinen asuntojen keskimääräinen radonpitoisuus on Suomessa 96, Ruotsissa 108, Norjassa 106, Tanskassa 77, Saksassa 50, Ranskassa 66 ja Englannissa 20 Bq/m<sup>3</sup>. Suomessa pinetalojen keskiarvo on 121 Bq/m<sup>3</sup>. (Radon Suomessa. 2012; WHO handbook on indoor radon. 2009, 11; Sosiaali- ja terveysministeriön päätös asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista, 944/92 . 1992.)

## 2.1 Radon Suomessa

Suomessa sisäilman korkeat radonpitoisuudet johtuvat geologiasta, ilmastosta ja rakennustekniikasta. Kallion ja maaperän uraanipitoisuus on suomessa korkeampi kuin koko maailmassa keskimäärin, maaperässä on paljon graniittisia kivilajeja, jotka sisältävät enemmän uraania kuin muut kivilajit keskimäärin. Maaperän radon pitoisuus on yleensä aina korkea, maaperän huokosilman radonpitoisuus vaihtelee välillä 10 000 Bq/m<sup>3</sup>–100 000 Bq/m<sup>3</sup>. (Arvela ym. 2003,120.)

Suomessa on paljon sora- ja hiekkaharjuja ja varsinkin näillä alueilla sisäilman radonpitoisuudet ovat korkeita, koska sora ja hiekka ovat hyvin ilmaa läpäiseviä maalajeja suuren raekokonsa vuoksi. Suurirakeisissa maalajeissa radonpitoinen ilma pääsee helposti nousemaan maaperästä kohti maanpintaa ja edelleen huoneilmaan. Radon hajoaa 3,8 vuorokaudessa kiinteiksi hajoamistuotteiksi ja siksi radonkaasua nousee syvältäkin maaperästä asuntojen sisäilmaan. (Sisäilman radon. 2011, 5.)

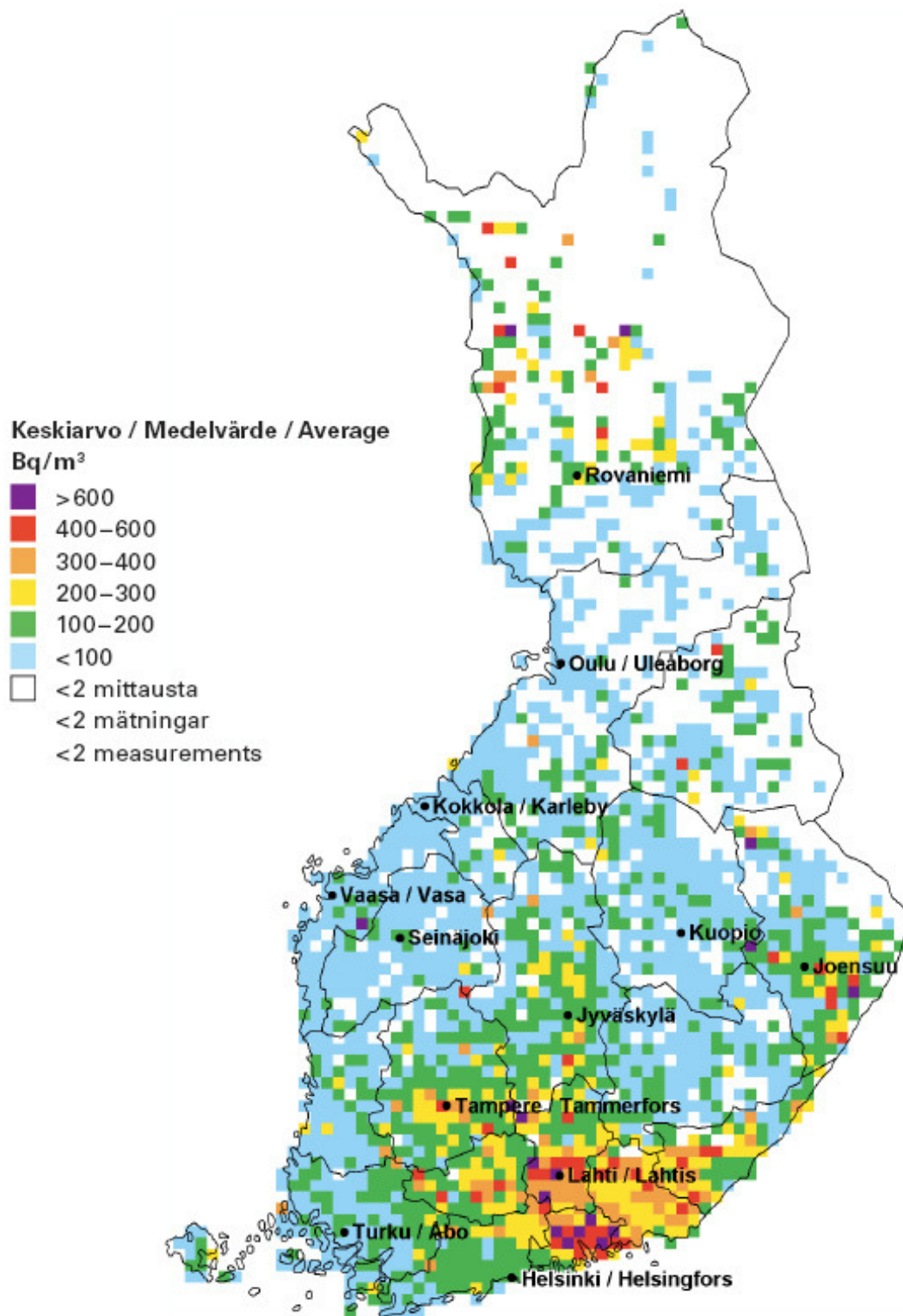
Etelä-Suomessa on runsaasti karkeasoraisia harjuja ja siksi myös radonpitoisuuden enimmäisarvon 400 Bq/m<sup>3</sup> ylittäviä asuntoja on paljon, Etelä-Suomen ja Pirkanmaan alueella sijaitsee lähes 80 % näistä asunnoista. Esimerkiksi Pohjanmaan ja Pohjois-Pohjanmaan alueilla radonia esiintyy vähän sisäilmassa. Tämä johtuu pääosin hienojakoisesta huonosti ilmaa läpäisevästä savi ja siltti kerroksesta, joka on jääkauden loppuvaiheilla kerrostunut moreenin ja kallion päälle. (Sisäilman radon. 2011, 5-6.)

## 2.2 Radon pientaloissa

Lähtökohtaisesti jokainen pientalo tulisi suunnitella ja rakentaa radonturvalliseksi. Vaikka taloa ei rakennettaisikaan niin sanotulle radonriskialueelle, saattavat rakennuksen täytemaat ja kapillaarikatko toimia radonlähteenä. Kiinnitettäessä huomiota radonintorjuntaan alapohjissa saataisiin myös mahdollisimman tiiviitä alapohjarakenteita ja estettäisiin näin myös muiden epäpuhtauksien pääsy huoneilmaan alapohjan kautta. Säteilyturvakeskus on laatinut Suomen radonkartaston (kuva 1), josta voidaan alustavasti todeta, tuleeko suunniteltava talo radonriskialueelle vai ei. Suomen radonkartta on laadittu, radonmittauspurkeilla pientaloasunnoissa tehtyjen mittausten perusteella. Kartasta voidaan päätellä, onko suunnittelussa ja rakentamisessa syytä kiinnittää erityistä huomiota radonintorjuntaan. Tarkempaa tietoa radonin esiintymisestä alueella voi saada mahdollisesti kunnilta, jos alueella on tehty radonpitoisuuksien mittauksia tai maaperän radontutkimuksia. Asiaa kannattaa tiedustella kunnan terveystarkastajalta ja rakennustarkastajalta. (RT 81-10791. 2003, 1–2; Arvela ym. 2010, 17, 73.)

Radon kulkeutuu huoneilmaan ilmapvirtausten mukana, joko suoraan alapohjarakenteiden läpi, rakennusosien liitosten kautta tai läpivientien kautta. Radonin lähteenä toimivat maaperä, rakennustäytöt tai rakennusmateriaalit. Rakennusmateriaaleista mineraalipohjaiset, kuten betoni, kevytbetoni ja tiili, voivat toimia radonlähteenä, mutta kuitenkin vain vähäisissä määrin. Betonirakenteisissa taloissa materiaalien vaikutus sisäilman radonpitoisuuteen on suurin. Kun seinät, lattia ja yläpohja on tehdään betonirakenteisena, tuottavat materiaalit sisäilmaan keskimäärin noin 70 Bq/m<sup>3</sup> radonpitoisuuden. Pientalossa, jossa ainoastaan lattialaatta on betonirakenteinen on materiaalin vaikutus sisäilman radonpitoisuuteen alle 30 Bq/m<sup>3</sup>. (RT 81-10791. 2003, 2)





KUVA 1. Radonpitoisuus pientaloasunnoissa (Arvela ym. 2010, 17)

Rakenteiden läpi tapahtuva ilmavirtaus aiheutuu pääasiassa ulko- ja sisäilman välisistä paine-eroista, jotka johtuvat esimerkiksi lämpötilaeroista ja ilmanvaihdosta. Niinpä myös oikeanlaisella ilmanvaihtoratkaisulla on merkitystä radonin torjunnassa, liiallista alipaineisuutta on syytä välttää. Koneellisella tulo- ja poistoilmavaihtojärjestelmällä tuloilman saanti on hallittua, eikä ilmanvaihto aiheuta ilmavirtauksia rakenteiden läpi. Pelkkä koneellinen poistoilmavaihto saattaa lisätä rakenteiden läpi tapahtuvaa ilmavuotoa, jos rakenteissa on halkeamia tai rakoja ja voi näin kasvattaa radon pitoisuutta sisäilmassa. Tuloilmaventtiileillä saadaan pienennettyä poistoilmavaihdon aiheuttamaa alipaineisuutta. (RT 81-10791. 2003, 2.)

Rakennusten radonlähteitä ovat maaperän radonpitoinen ilma, rakennusmateriaalit, mutta myös talousvesi. Näistä merkittävin on maaperän huokosilma, joka kulkeutuu rakennuksiin pääasiassa alapohjien liitosten kautta. Myös asunnon talousvesi voi yksinäänkin nostaa rakennuksen sisäilman radonpitoisuutta merkittävästi. Vesilaitosten sekä tavallisten rengas- ja lähdekaivojen vesissä radonpitoisuus on paljon alhaisempi kuin porakaivojen. Aina kun talouden vesi tulee porakaivosta, on sen radonpitoisuudet syytä mitata. Radioaktiivisten maainesten mineraaleista liukenee pinta- ja pohjaveden radioaktiivisia aineita, siksi talousvesi voi olla radonpitoista. Pohjavesi on huomattavasti kauemmin kosketuksissa maa- ja kallioperän kanssa kuin pintavesi, joten siihen myös liukenee enemmän mineraaleja ja se on radioaktiivisempaa kuin pintavesi. Kallioperän pohjavesien radioaktiivisten aineiden pitoisuudet ovat vielä korkeammat kuin maaperän pohjaveden, johtuen kallioperän uraanipitoisuuksista. (Mäkeläinen ym. 2003, 164; Sisäilman radon. 2011, 2–3.)



KUVA 2. Pientalon radonpitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä (Perustietoa radonis-  
ta. 2012)

### 3 RADONIN TORJUNTA UUDISRAKENTAMISESSA

Ilmassa leijuvat radonin hajoamistuotteet tarttuvat keuhkojen sisäpintaan, jossa ne lähettävät alfasäteilyä, keuhkojen saama säteilyannos lisää riskiä sairastua keuhkosyöpään. Radonin ja keuhkosyövän välistä yhteyttä on tutkittu laajasti kansainvälisesti ja siitä on paljon tutkimustuloksia. Suomessa radonin arvioidaan aiheuttavan noin 200 keuhkosyöpä tapausta vuodessa. Mitä kauemmin suuressa radonpitoisuudessa on, sitä enemmän altistuu säteilylle ja riski sairastua syöpään kasvaa. Radonin ei ole todettu aiheuttavan mitään muita oireita tai terveyshaittoja kuin keuhkosyöpää. (Arvela ym. 2003,112–113.)

Rakentamismääräyskokoelma osa D2 sekä sosiaali- ja terveysministeriön päätös 944/92 radonpitoisuuden enimmäisarvoista asettavat uudisrakennusten sisäilman radon pitoisuuden enimmäis arvoksi  $200 \text{ Bq/m}^3$ . Rakennus täytyy suunnitella ja rakentaa siten, ettei tuo raja ylittyisi. Myös suomen rakentamismääräyskokoelman osa B3 - pohjarakenteet määrää radonin huomioitavaksi rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa B3 myös ohjeistaa että, suurimmassa osassa maata  $200 \text{ Bq/m}^3$  raja ylittyy, jos radonin torjuntaa ei huomioida rakentamisessa. (Pohjarakenteet määräykset ja ohjeet 2004, 9.)

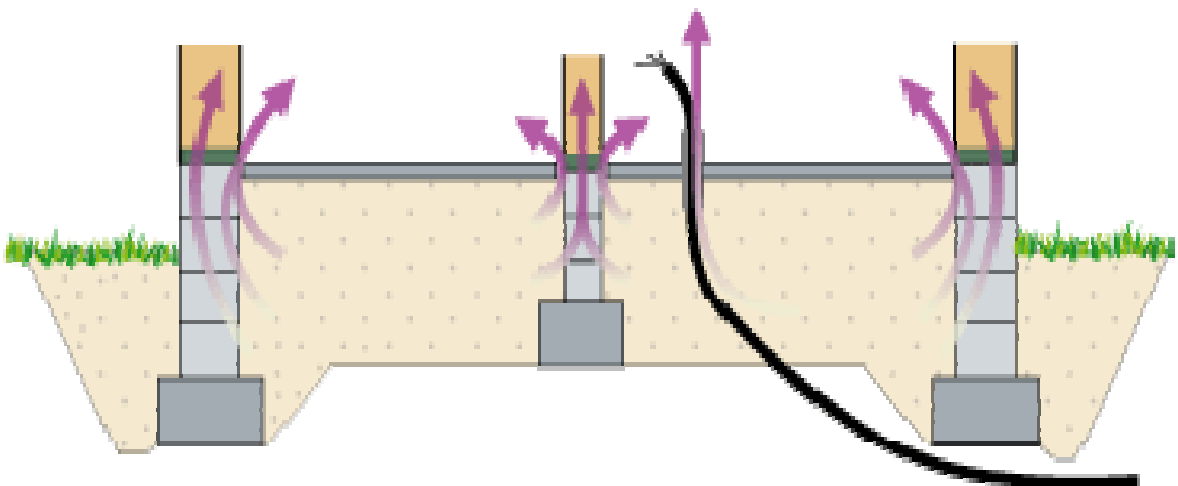
Radonin torjunta voidaan jättää huomioimatta vain, mikäli paikkakuntakohtaiset tutkimukset osoittavat, että asuntojen radonpitoisuus alittaa enimmäisarvot säännönmukaisesti. Jos radonin torjuntaa ei oteta huomioon suunnittelussa, tulee suunnitelma-asiakirjoihin liittää siitä kirjalliset perustelut. Aina ei paikkakuntakohtaisia tutkimuksia radonpitoisuuksista ole saatavilla tai niitä ei ole kunnan alueella teetetty. Tällöin rakentajan on mahdollista halutessaan teettää yksittäisen tontin radonselvitys. Yksittäisen tontin radonselvitys on kuitenkin sen verran kallis, että on järkevää suoraan suunnitella ja rakentaa talosta radon turvallinen, ilman tontin radonselvityksiä. Monet kunnat vaativatkin radonturvallista rakentamista koko kunnan alueella ilman poikkeuksia, varsinkin radonriskialueilla. (Pohjarakenteet määräykset ja ohjeet 2004, 9.)

Uusien pohjoismaisten suositusten mukaan uudisrakentamisessa tulisi pyrkiä mahdollisimman pieniin sisäilman radonpitoisuuksiin. Uusien asuntojen radonpitoisuudet tulisi olla välillä 100–200 Bq/m<sup>3</sup>, ja pyrkiä jopa alle 50 Bq/m<sup>3</sup> keskiarvoon sisäilman radonpitoisuudessa. (Uusia pohjoismaisia suosituksia asuntojen sisäilman radonista. 2009.)

Kun talon suunnitellussa ja rakentamisessa tavoitellaan pientä radonpitoisuutta sisäilmassa, pyritään alapohjarakenteet saamaan mahdollisimman tiiviiksi ja tällöin myös kaikkien muiden epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan estetään. Radonin torjunnassa käytettävällä radonputkistolla saadaan alapohjasta poistettua mahdollisesti myös kosteutta. (RT 81-10791. 2003, 2.)

### 3.1 Rakenteiden suunnittelu

Pientalon radontorjunnan suunnittelun lähtökohtana on, että suunnittelija tiedostaa radonista asukkaille aiheutuvat terveyshaitat, sisäilman radonin lähteet sekä kriittiset rakenneosat ja rakenteet (kuva 3), joiden kautta radon pääsee sisäilmaan. Rakennuspaikan valintaan ei suunnittelussa voida vaikuttaa, mutta perustustapaan, rakennusmateriaaleihin ja rakenteisiin on mahdollista vaikuttaa. Useasti kuitenkin pientalon rakentaja ohjaa hyvin pitkälle pääasiassa käytettävät rakennusmateriaalit ja perustamistavat ja näihin suunnittelijalla tulee olla toimivat rakenneratkaisut.



*KUVA 3. Radonpitoisen ilman vuotoreittejä maanvaraisen laatan perustuksissa (Radon uudisrakentamisessa. 2011)*

Perustamistavalla voidaan vaikuttaa sisäilman radonpitoisuuteen sekä radon-tekniisiin ratkaisuihin ja niiden määrään rakenteissa. Perustamistavan merkitys korostuu varsinkin alueilla, joilla on mitattu suuria radonpitoisuuksia sisäilmas-  
sa. Varmin perustamistapa radonintorjunnan kannalta on tuulettuva alapohja (liite 1). Ryömintätilaisissa taloissa on yleisesti mitattu pienempiä radonpitoi-  
suuksia kuin maanvaraisella laattalla (liite 2, liite 3) perustetuissa taloissa. Myös maanvaraisista laattaperustuksista saadaan radonturvallisia oikeanlaisilla ra-  
kenneratkaisuilla sekä radonputkistolla. Maanvaraisista perustuksista radonin-  
torjunnan kannalta paras on reunavahvistettu yhtenäinen laatta. Aina kun ra-  
kennus perustetaan maanvaraiselle laatalle, olisi syytä asentaa alapohjan alle radonputkisto. (RT 81-10791. 2003, 3.)

Alueilla, joilla radonpitoisuudet ovat korkeita ja riski radonin raja-arvojen ylittä-  
miselle on suurempi, myös rakennusmateriaalien vaikutus sisäilman radonpitoi-  
suuteen on syytä huomioida suunnittelussa. Materiaalivalinnat radonintorjun-  
taan eivät saa kuitenkaan vaikuttaa rakenteen muihin ominaisuuksiin siten, että  
se huonontaisi rakenteen toimivuutta. Esimerkiksi muualta tuotavat täyttö-, sa-  
laoja- ja kapillaarikerrokset saattavat itsessään tuottaa radonia. Jos näissä ra-  
kenteissa käytetään vääränlaisia, liian hienoja maa-aineksia, ne huonontavat  
rakenteen kosteusteknistä toimivuutta sekä heikentävät maakerrosten kanta-  
vuutta. Näin saattaa aiheutua kosteusongelmia sekä rakenteiden painumia.  
(Rakennusmaan ja -materiaalien vaikutus. 2009.)

Rakennusmateriaaleja, jotka läpäisevät hyvin ilmaa, olisi syytä välttää alapohja-  
rakenteissa. Esimerkiksi kevytsoraharkot läpäisevät hyvin ilmaa, ja niiden käyttö  
on yleistynyt rakentamisessa huomattavasti. Käytettäessä kevytsoraharkkoja  
alapohjan läpäisevissä rakenteissa (liite 4), tulee harkot ohutrapata molemmin  
puolin (kuva 4) ja rakenne katkaista kumibitumikermillä (kuva 5). Betoniraken-  
teisten talojen radonintorjunta maaperästä tulevaa radonia vastaan tulee olla  
tiukempi kuin puurakenteisen talojen, jotta raja-arvo  $200 \text{ Bq/m}^3$  ei ylity, sillä ma-  
teriaaleista tuleva radon nostaa betonirakenteisen talon sisäilman radonpitoi-

suutta. (Rakennusmaan ja -materiaalien vaikutus. 2009; RT 81-10791. 2003, 5-7.)



*KUVA 4. Kevytsoraharkoista tehty perusmuuri ohutrappataan molemmilta puolilta harkkorakenteen alapintaan asti. Ohutrappaus estää ilmavirtaukset harkon läpi (RT 81-10791. 2003, 6)*



*KUVA 5. Harkkorakenteiseen kellarinseinään asennetaan bitumikermikaista (RT 81-10791. 2003, 7)*

Hyvä ilmanvaihto vähentää kaikkia sisäilman epäpuhtauksia, myös radonia. Koneellisella ilmanvaihdolla luodaan rakennukseen lievä alipaine, alipaineisuus tulisi kuitenkin olla hallittavissa. Liiallinen alipaineisuus lisää rakenteiden läpi tapahtuvaa ilmavirtausta ja saattaa myös kasvattaa radonpitoisuutta, varsinkin pelkkä koneellinen poistoilmanvaihto kasvattaa paina-eroja. Myös radonputkiston toiminta saattaa kärsiä liiallisesta alipaineisuudesta. Ylipaineinen ilmanvaihto ei ole sallittu, vaikka sillä voitaisiinkin estää epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan rakenteiden läpi, ylipaineisuus saattaa aiheuttaa kosteusvaurioita rakenteissa. Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla alipaineisuus on hallittavissa parhaiten, tuloilma saadaan tuotua sisälle hallitusti eikä rakenteiden läpi maaperästä tai ulkoilmasta. LVI-suunnittelijan tulee tehdä aina rakennuskohtainen suunnitelma ilmanvaihdosta. Taloissa joissa on koneellinen poistoilmanvaihto on alipaine tyypillisesti luokkaa 4 - 10 Pascalia (Pa), koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon taloissa luokkaa 2 - 5 Pa. (RT 81-10791. 2003, 2; Arvela ym. 2003, 131.)



### 3.2 Rakenteiden toteutus

Vähintäänkin yhtä tärkeä kuin oikeanlainen suunnittelu on oikeanlainen rakentekninen toteutus. Mikäli suunnitelmia ei noudateta tai tiivistystöitä ei tehdä huolella, voi pientalon radonintorjunta epäonnistua, vaikka suunnitelmat olisivatkin oikeanlaiset. Pienetkin asiat, kuten läpivientien tiivistykset (liite 5, liite 6) tulee huomioida suunnittelussa ja toteutuksessa. Myös rakentamisessa niin kuin suunnittelussakin on rakentajan syytä tiedostaa radonin aiheuttamat terveyshaitat, radonin lähteet ja vuotoreitit. Näin rakentaja myös käsittää suunnitelmien merkityksen ja radonintorjunnan tärkeyden. (RT 81-10791. 2003, 2-4.)

Rakentamisessa radonintorjunta lähtee jo rakennuksen pohja- ja perustustöistä. Huolellisesti ja oikein tehdyt perustukset ja maakerrosten tiivistykset vähentävät merkittävästi rakenteiden painumista. Rakenteiden painuminen on ongelmana varsinkin maanvastaisissa laattaperustuksissa, pienetkin painumat voivat aiheuttaa halkeamia maanvastaiseen laattaan. Radon pääsee pienestäkin raosta sisäilmaan, näin radonpitoisuus sisäilmassa voi nousta merkittävästi. Oikein tehty betonilaatta on itsessään melko tiivisrakenne, onnistuakseen se vaatii kunnollista tiivistämistä valuvaiheessa sekä oikeanlaista jälkihoitoa. (RT 81-10791. 2003, 4.)

Betonimassa tiivistetään tavallisesti sauvatäryttimellä, tärytykset tehdään noin 0,5 metrin välein koko betonoidulle alueelle. Tärytysaika ei saa olla liian pitkä, jotta runkoaines ja vesi ei erotu massasta. Eikä myöskään liian lyhyt, jotta betonimassasta poistuu ilma ja massa tiivistyy. Sopiva tärytysaika on noin 10-30 sekuntia, kunnes pinta on tasoittunut eikä betonin pintaan nouse enää ilmakuplia. Kun betonimassa on tiivistetty ja oikaistu, se hierretään joko koneellisesti tai käsin (kuva 6). Hiertoa ei saa kuitenkaan aloittaa ennen kuin betonin pinnalle noussut vesi on poissa ja pinta alkanut kuivamaan. Hiertämisellä betonipinta tasataan ja tiivistetään, jolloin pinnan kestävyys ja lujuus kasvavat. (Palolahti 2011, 25, 27–28.)



*KUVA 6. Betonilaatan hiertoa käsin (Palolahti 2011, 27)*

Jälkihoidolla estetään betonin liian nopea kuivuminen, ja se tulisi tehdä mahdollisimman nopeasti valun jälkeen, heti kun betoni kestää kävelemisen. Betonin liian nopea kuivuminen aiheuttaa halkeamia betonissa. Betonilaatta tulee peittää esimerkiksi muovilla (kuva 7) tai levittää pinnalle jälkihoitoaine heti kuin mahdollista. Näin liiallinen veden haihtuminen betonista estetään kovettumisen alkuvaiheessa. Jälkihoidon tulisi jatkua vähintään 3 päivää. Taulukossa 1 on esitetty betonin jälkihoitoaikoja eri lämpötiloissa.

*TAULUKKO 1. Lujuusluokan K30 (C25/30) normaalisti kovettuvan betonin lujuuden kehittyminen eri lämpötiloissa (Palolahti 2011, 29)*

Betonin lämpötila kovettumisen aikana K30 (C25/30) normaalisti kovettuva betoni	jäätymislujuus 5 MPa	pystyrakenteen muotin purku	kantavien pystyrakenteiden ja vaakarakenteiden muotin purku	jälkihoitoaika
+5 °C	3 vrk	5 vrk	17 vrk	26 vrk
+10 °C	2 vrk	3 vrk	11 vrk	17 vrk
+15 °C	1 vrk	2 vrk	8 vrk	12 vrk
+20 °C	1 vrk	2 vrk	6 vrk	9 vrk
prosenttia nimellislujuudesta	17 %	30 %	60 %	70 %

Yleisin laatan jälkihoitomenetelmä on levittää laatan päälle muovikalvo ja teipata saumat tai muuten varmistaa, ettei muovin alle puhalla tuuli. Myös betonin kastelu on hyvä jälkihoitomenetelmä, mutta kastelua ei voida aloittaa ennen kuin betoni on tarpeeksi kovettunut. Vaikka betonin jälkihoito tehdään oikein,

tulee betonilaatassa tapahtumaan kuivumiskutistumista. Jälkihoidolla turvataan betonin vetolujuuden kehittyminen ennen kuivumiskutistumisen tapahtumista, ja tällöin betonilaatalla on paremmat edellytykset kestää kutistumat ilman halkeilua. Betonoinnista ja betonin jälkihoidosta kannattaa kysyä ohjeita myös paikalliselta betoniasemalta. (Palolahti 2011, 28.)

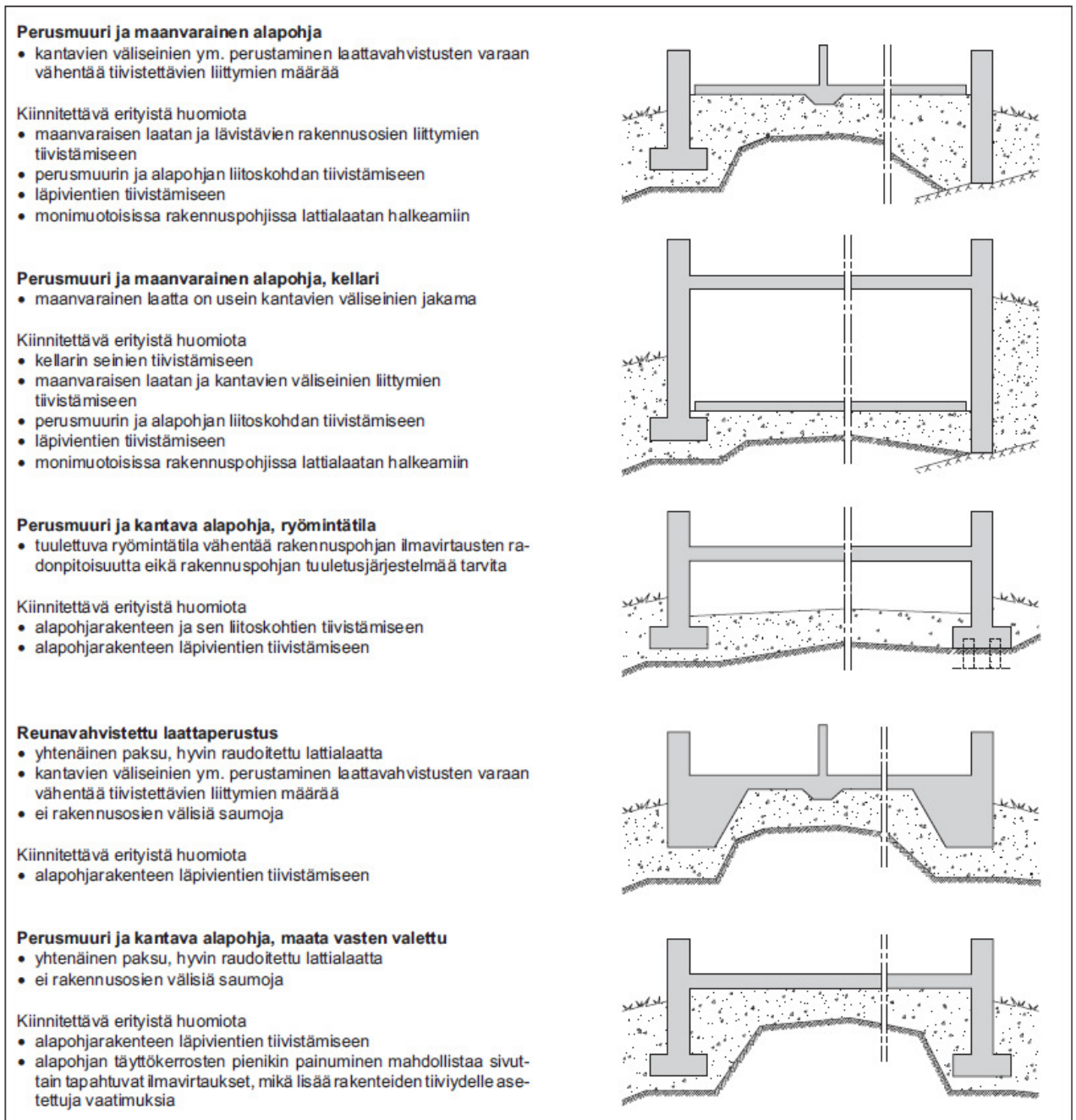


*KUVA 7. Betonipinnan päälle levitetään muovikalvo, mikä estää betonin liian nopean kuivumisen (Palolahti 2011, 28)*

Tärkeää työn onnistumiselle radonintorjunnassa on, että rakennetaan suunnitelmien mukaisia rakenteita, käytetään suunniteltuja materiaaleja sekä tehdään työ huolellisesti. Mikäli suunnitelmista halutaan jostain syystä poiketa, tulee muutokset hyväksyttää aina rakennesuunnittelijalla. Rakennustöiden tekemiseen olisi hyvä käyttää aina ammattilaisia. Kuitenkin usein pientalonrakentaja haluaa tehdä mahdollisimman paljon itse. Tällöin rakentajaa tulee ohjeistaa tiivistystöissä mahdollisimman paljon ja valvonnalla huolehtia, että työt tehdään oikein.

## 4 PERUSTAMISTAVAT JA RAKENTEET

Perustamistavan (kuva 8) valinnalla on suuri merkitys radonin torjunnassa, varsinkin alueilla, joilla radonpitoisuudet sisäilmassa ovat suuria. Jokaisen perustamistavan rakennuksen sisäilman radon pitoisuus on mahdollista saada määräkset täyttäväksi. Eri perustamistavoilla se vaatii vain enemmän toimenpiteitä.



KUVA 8. Eri perustusratkaisujen vaikutus radontekniseen suunnitteluun (RT 81-10791. 2003, 3)

## 4.1 Tuulettuva alapohja

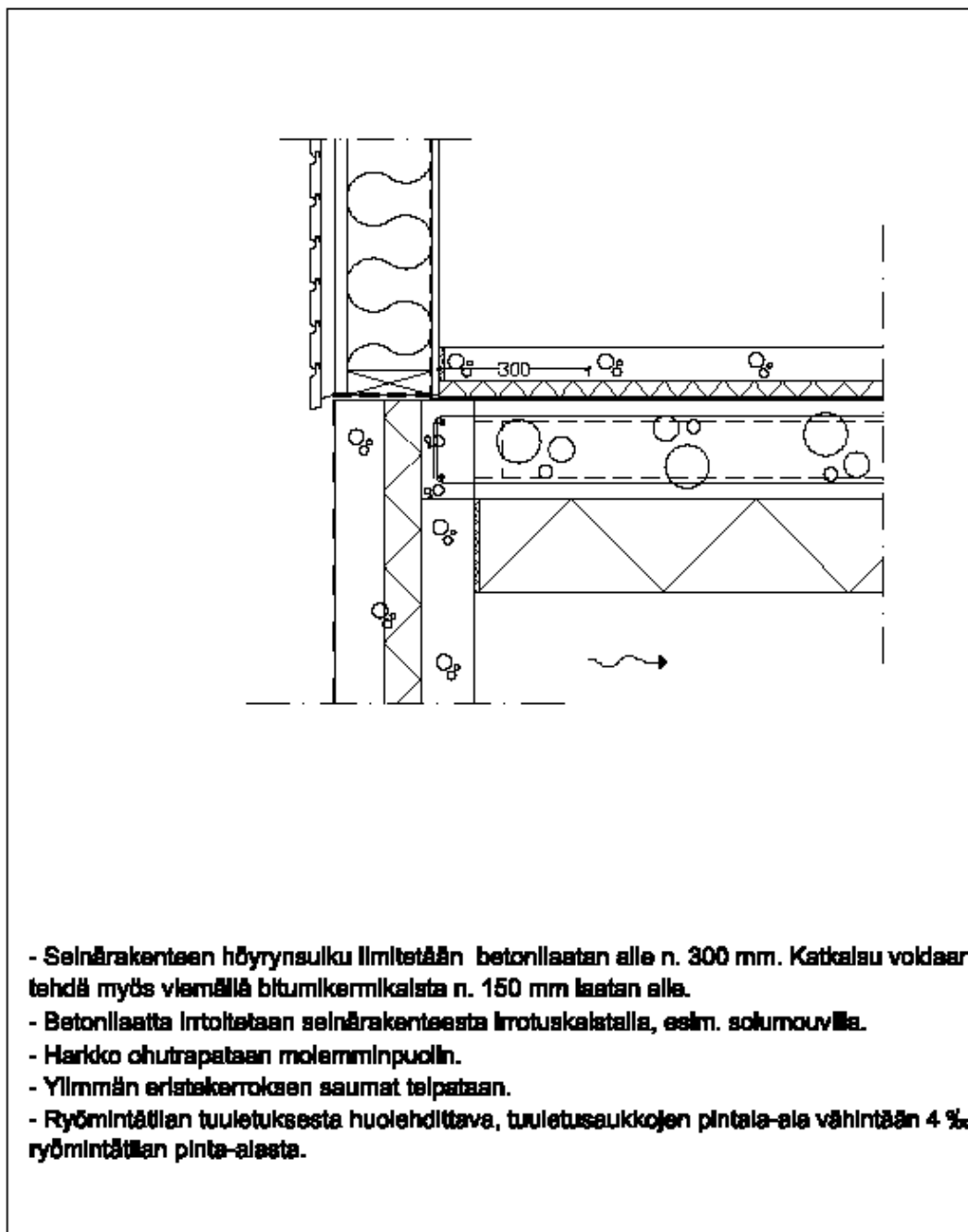
Tuulettuva alapohja (kuva 9) on varmin perustamistapa radonin torjuntaan. Ryömintätilaan maaperästä pääsevä radonpitoinen ilma laimenee ryömintätilan ilmaan, josta se hoidetaan tuuletuksella ulkoilmaan. Ryömintätila ei kuitenkaan pelkästään riitä estämään radonin pääsyä sisäilmaan, vaan on huolehdittava, että alapohja sekä sen läpiviennit (kuva 10, liite 7, liite 8) ja rakenteiden liittymät (kuva 11, liite 9) tiivistetään kunnolla ja että ryömintätilassa on toimiva ilmanvaihto. (RT 81-10791. 2003, 4.)

Ryömintätilan tuuletus tulee suunnitella rakentamismääräyskokoelman osan C2 mukaan. Ryömintätilaisen alapohjan yhteen laskettu tuuletusaukkojen pinta-ala täytyy olla vähintään 4 promillea ryömintätilan pinta-alasta. Yhden tuuletusaukon on oltava pinta-alataan vähintään 150 cm<sup>2</sup>, eivätkä aukot saa olla 6 m kauempana toisistaan. Ryömintätilan osastoihin seiniin ja palkkeihin on tehtävä vähintään kaksi kertaa niin suuret tuuletusaukot kuin ulkoilmaan rajoittuville sokkeleille. Alapohja voidaan tuulettaa myös koneellisesti tai painovoimaisesti, mikäli se katsotaan tarpeelliseksi. Ryömintätilaan ei saa missään nimessä muodostua umpinaisia tuulettumattomia tiloja, ja sen tulee olla korkeudeltaan vähintään 800 mm. Ryömintätilan tuuletusaukkoja ei saa tukkia milloinkaan, ei edes talvella energian säästämiseksi. Juuri talvella paine-erot sisä- ja ulkoilman välillä ovat suurimmat ja näin myös riski radonin kulkeutumiselle maaperästä sisäilmaan on suurin. Puurakenteisilla tuulettuvilla alapohjilla (liite 10) voidaan päästä hyvin pieniin sisäilman radonpitoisuuksiin, jopa 5-20 Bq/m<sup>3</sup>, joka vastaa lähes ulkoilman radonpitoisuutta. (Kosteus määräykset ja ohjeet 1998, 6-7.)

### 4.1.1 Esimerkkirakenteita tuulettuvasta-alapohjasta

Betonirakenteisen tuulettuvan-alapohjarakenteen ja seinärakenteen liitos tiivistetään viemällä seinärakenteen höyrynsulkumuovi noin 300 mm pintalaatan alle, tai ulottamalla alajuoksun ja sokkelin välinen bitumikermi vähintään 150 mm lattiarakenteen alle (kuva 9). Jos sokkeli tehdään harkosta, ohutrapaat harkkorakenne molemminpuolin.

Rakennuskohde	Esimerkki rakenne	Sisältö	Lämpimän tilan alapohja, betonirakenteinen tuulettuva-alapohja
Piirtäjä	Markku Malla	Päiväys	17.06.2012
		AP	



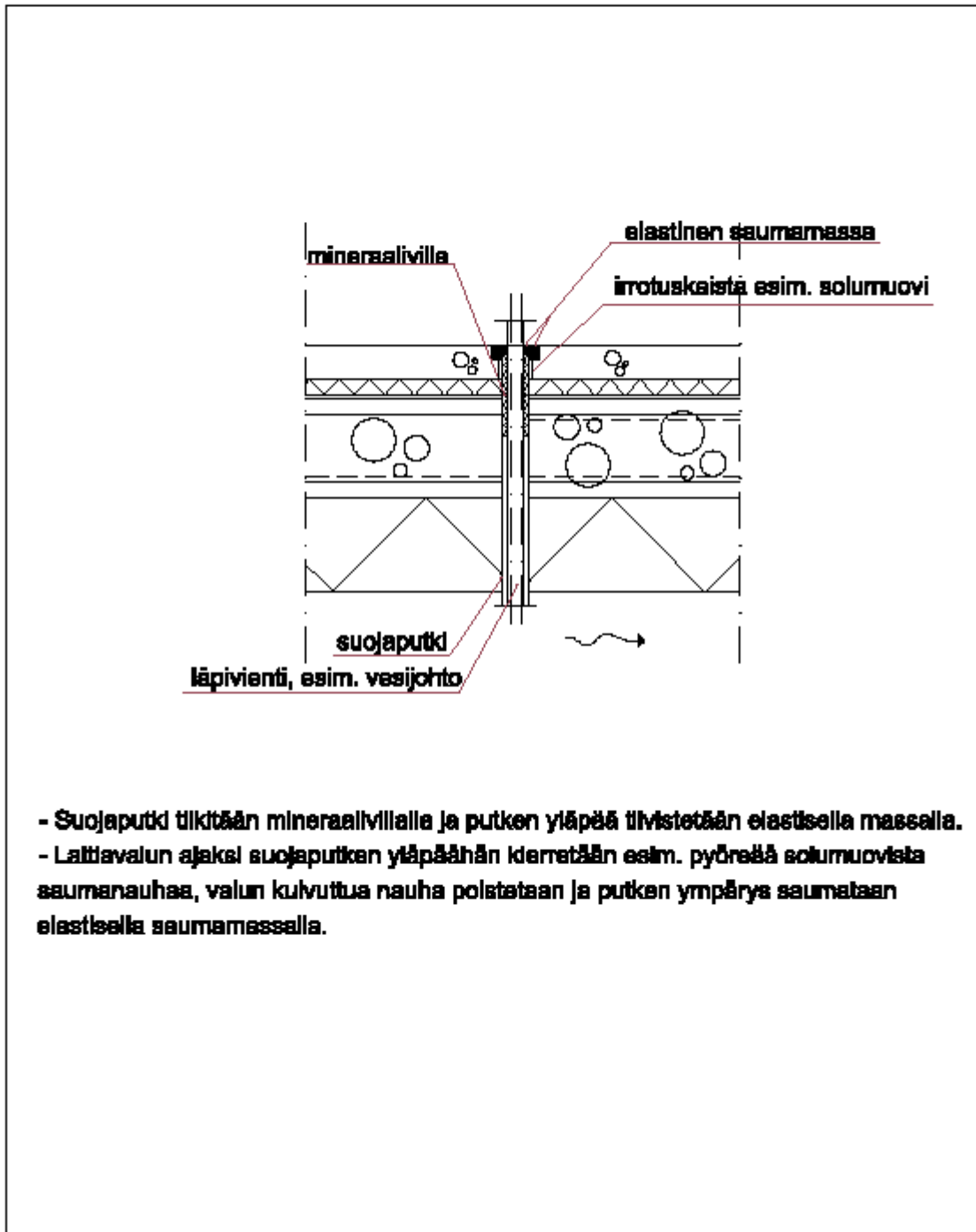
KUVA 9. Betonirakenteisen tuulettuvan-alapohjan liitos

Alapohjarakenteen läpiviennit tiivistetään elastisella saumamassalla. Läpiviennit tuodaan lattiarakenteen läpi suojaputkessa, joka tiivistetään yläpäältä. Valettaessa pintalaattaa suojaputken yläpäähän kierretään esimerkiksi solumuovista

saumanauhaa. Saumanauha poistetaan valun kuivuttua, putken ja laatan väli noin 20 mm tiivistetään elastisella saumamassalla ennen lattiapintojen tekoa. Suojaputken ja läpiviennin, esimerkiksi vesijohdon väli tilkitään mineraalivillalla jonka jälkeen putken yläpää tiivistetään elastisella saumamassalla. Saumausmassan tulee olla elastista jotta se kestää rakenteessa tapahtuvat muodonmuutokset, kuten betonin kuivumiskutistumisen.

Kantavien väliseinien liitokset tiivistetään bitumikermillä. Bitumikermi asennetaan seinärakenteen alle ennen muurausta tai alajuoksun asennusta, kermi vietään seinän molemmiin puolin pintalaatan alle vähintään 150mm. Kermi asennetaan hiekkapinta valuun päin jotta saadaan riittävä tartunta kermin ja betonilaatan välille (kuva 11).

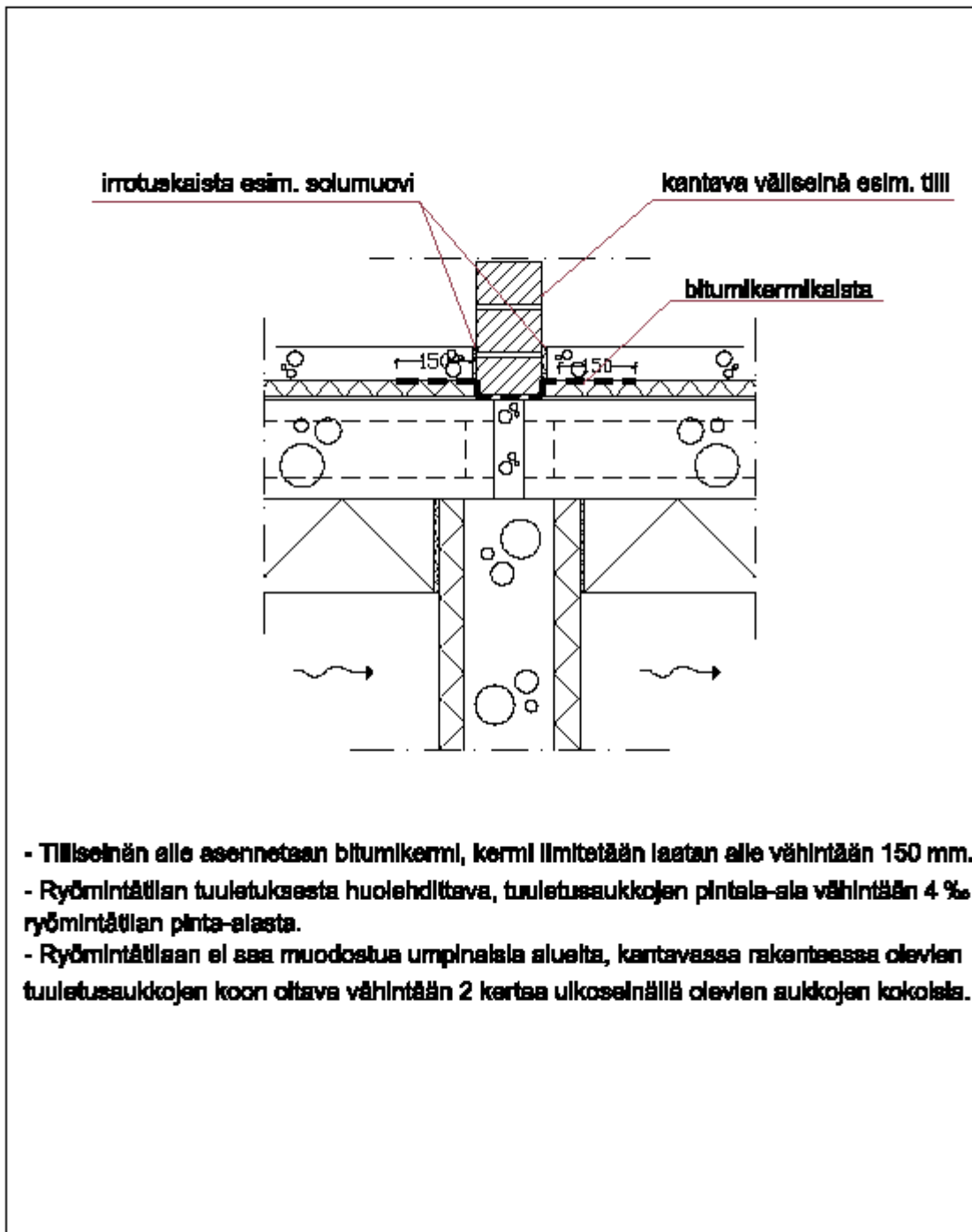
Rakennuskohde	Esimerkki rakenne	Sisältö	Betonirakenteinen tuulettuva-alapohja, läpivienti
Piirtäjä	Markku Malla	Päiväys	17.06.2012
			AP



KUVA 10. Betonirakenteisen tuulettuvan-alapohjan läpivienti



Rakennuskohde	Esimerkki rakenne	Sisältö	Betonirakenteinen tuulettuva-alapohja, kantava väliseinä
Piirtäjä	Markku Malla	Päiväys	17.06.2012
			VS



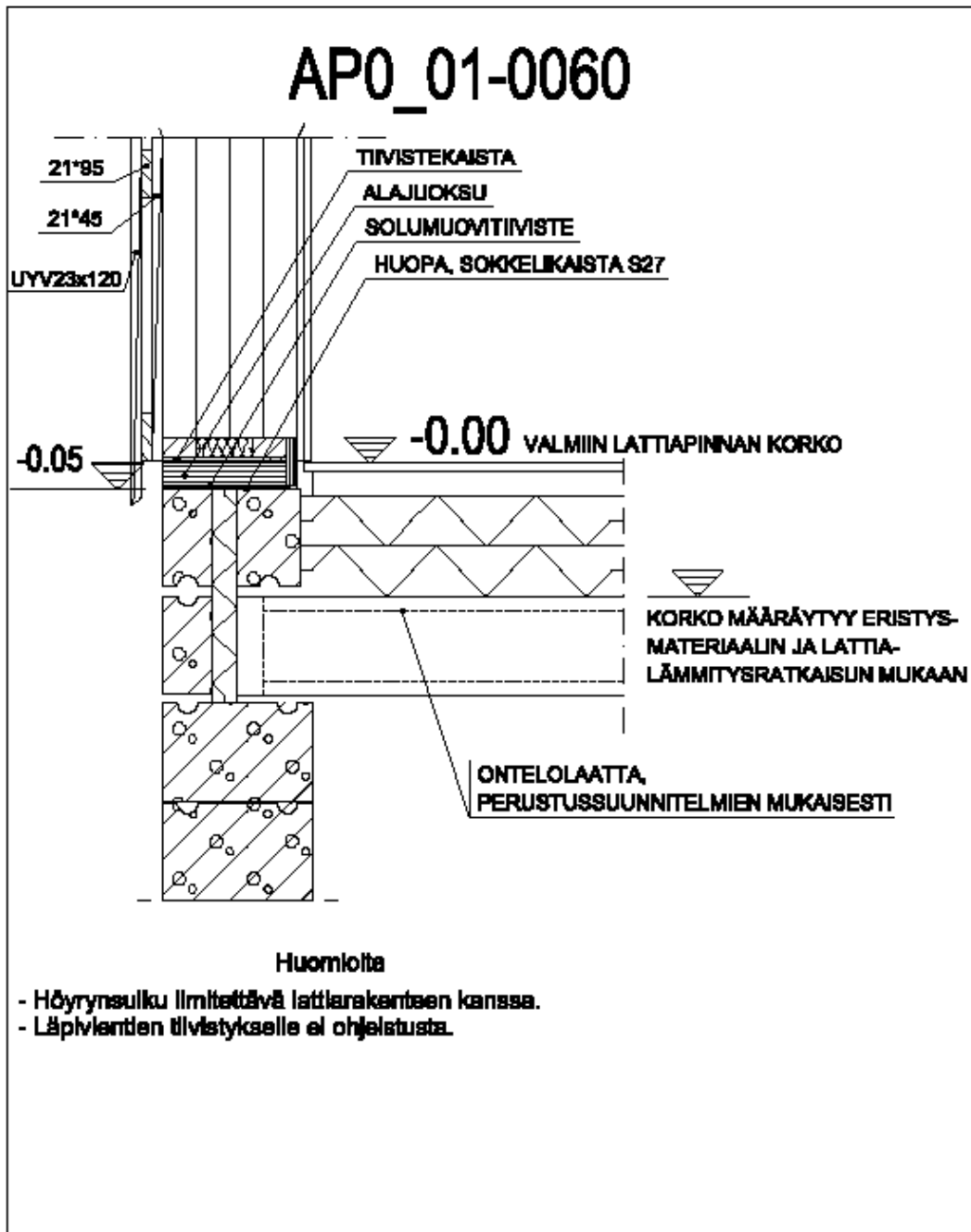
KUVA 11. Betonirakenteisen tuulettuvan-alapohjan kantava väliseinä

#### **4.1.2 Jukka-Talon rakenteita tuulettuvasta-alapohjasta**

Tuulettuva-alapohja on turvallinen ratkaisu radonin torjuntaan, silti alapohja rakenteesta tulee tehdä tiivis jotta voidaan varmasti estää radonin pääsy sisäilmaan. Jukka-Talon rakenteessa (kuva 12) ei soikkelin ja lattiarakenteen liitosta ole erikseen tiivistetty. Tiivistys tulisi tehdä viemällä seinän höyrynsulku pintalaatan alle noin 300 mm. Tiivistys voidaan tehdä myös ulottamalla ulkoseinän alajuoksun alle asennettava bitumikermikaista vähintään 150 mm lattialaatan alle.

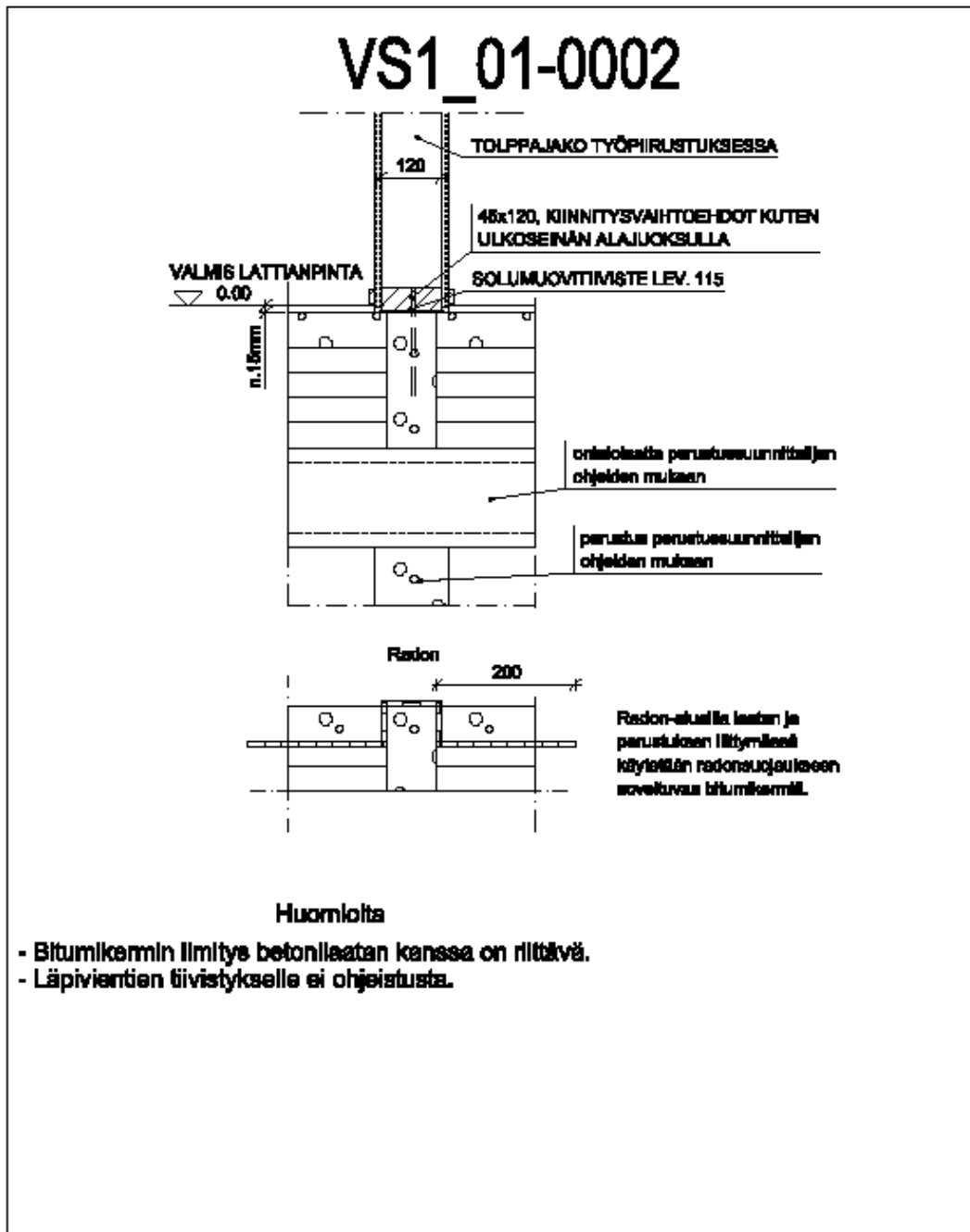
Lattiarakenteen lävistävälle kantavanväliseinän perustukselle on hyvä ohjeistus radontiivistystä varten (kuva 13). Kantavanväliseinän perustuksen päälle asennetaan bitumikermikaista, joka ulotetaan molemmin puolin lattialaatan alle 200 mm. Läpivientien tiivistykselle ei erillistä ohjeistusta ole, myös läpiviennit tulee tiivistää huolellisesti.

Rakennuskohde Jukka-Talon rakenne	Sisältö Lämpimän tilan alapohja, betonirakenteinen tuulettuva-alapohja
Suunnittelija	AP



KUVA 12. Rakennedetaili Jukka-talon tuulettuvasta-alapohjasta

Rakennuskohde Jukka-Talon rakenne	Sisältö Lämpimän tilan alapohja, betonirakenteinen tuulettuva-alapohja
Suunnittelija	VS



KUVA 13. Jukka-Talon rakennedetaili kantavasta väliseinästä

## 4.2 Maanvastainen alapohja

Perusmuuri ja maanvarainen laatta perustus on nykyään yleisin perustustapa pientaloissa, ja juuri tämä perustamistapa aiheuttaa eniten haasteita radonintorjuntaan. Tämän perustamistavan alapohjaliitoksien (kuva 16) läpi tapahtuva radonpitoisen ilman virtaus on merkittävin radoninlähde sisäilmassa. Perusmuuri ja maanvarainen laatta vaatii perustustavoista eniten toimenpiteitä radonturvallisuuden saavuttamiseksi. Vuotoreitteinä voi toimia alapohjan liitokset, läpiviennit (kuva 17), laatan halkeamat ja laatan lävistävät rakenteet (kuva 18). Kellarillisissa rakennuksissa myös maanvastaisten seinien läpi voi virrata radonpitoista ilmaa (liite 11, liite 12). (Arvela ym. 2003, 120-121; RT 81-10791. 2003, 3–4.)

Perusmuuri ja maanvarainen laatta vaatii aina radonintorjuntaan sokkelin ja laatan liitoksen tiivistämistä bitumikermillä (kuva 14), läpivientien tiivistämistä, sekä varmistukseksi radonputkiston. Sokkelista irrallaan oleva betonilaatta on hyvä jakaa liikuntasaumoin (liite 13) laatan muodon perusteella, näin laatasta tapahtuva kuivumiskutistuminen on hallittua ja saumat voidaan tehdä radontii- viiksi. (Arvela ym. 2010, 25–26; RT 81-10791. 2003, 4-5.)

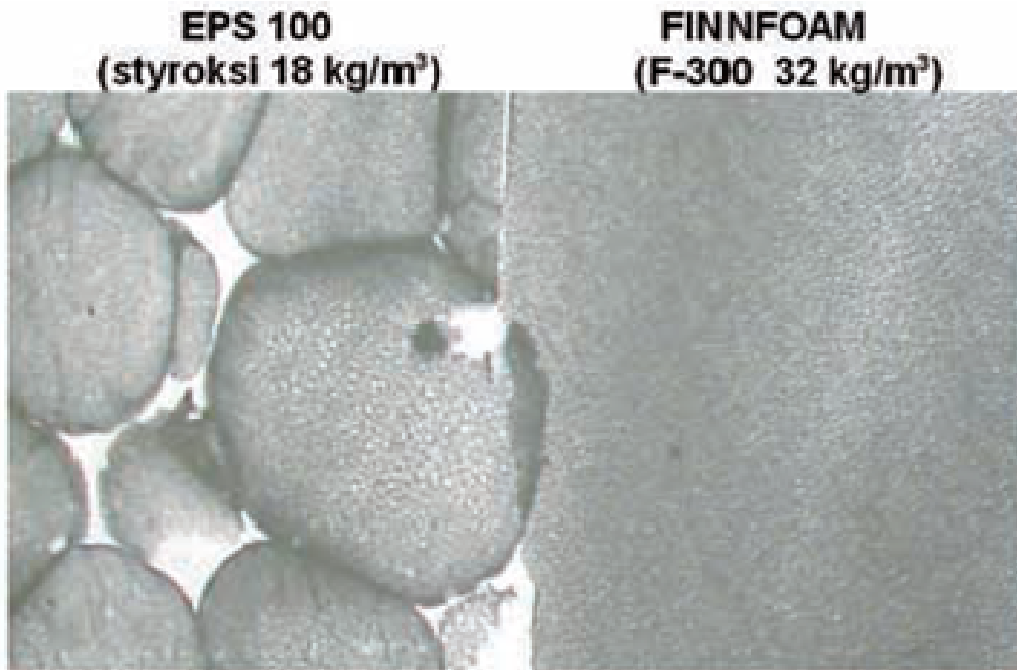


*KUVA 14. Sokkelin nurkkien tiivistys bitumikermillä (RT L-37529. 2008, 3)*

Maanvaraisista betonilaatoista yhtenäinen reunavahvistettu laatta (kuva 19) on paras ratkaisu radonintorjuntaan, siihen ei synny rakoja perusmuurin ja laatan liitokseen vaan alapohja on yhtenäinen. Myös reunavahvistetun betonilaatan alle tulisi asentaa radonputkisto. Oikein tehty betonilaatta ei päästä lävitseen merkittävästi radonia, jos siinä ei ole liitoskohtien rakoja tai halkeamia. Esimerkiksi kantava väliseinä on paras perustaa laatta vahvisteisesti (kuva 20), tällöin laattarakenne pysyy yhtenäisenä. Betonin jälkihoidon merkitys korostuu pyrittäessä radontiiviiseen betonirakenteeseen. (Arvela ym. 2010, 25–26; RT 81-10791, 4-5.)

Maanvastaisissa alapohjissa maaperästä tapahtuvaa ilmavirtausta voidaan ehkäistä myös tiiviillä alapohjaeristeillä, esimerkiksi Finnfoam xps-eristeen solurakenne on täysin yhtenäinen ja suljettu läpi koko levyn (kuva 15). Yhtenäinen ja suljettu solurakenne hidastaa radonin tunkeutumista sisätiloihin. Kun käytetään pontattureunaista xps-eristettä ja tämän lisäksi teipataan eristekerroksen ylim-

mät saumat, saadaan melko tiivis maanvastainen alapohjarakenne. (RT 37871, 3.)

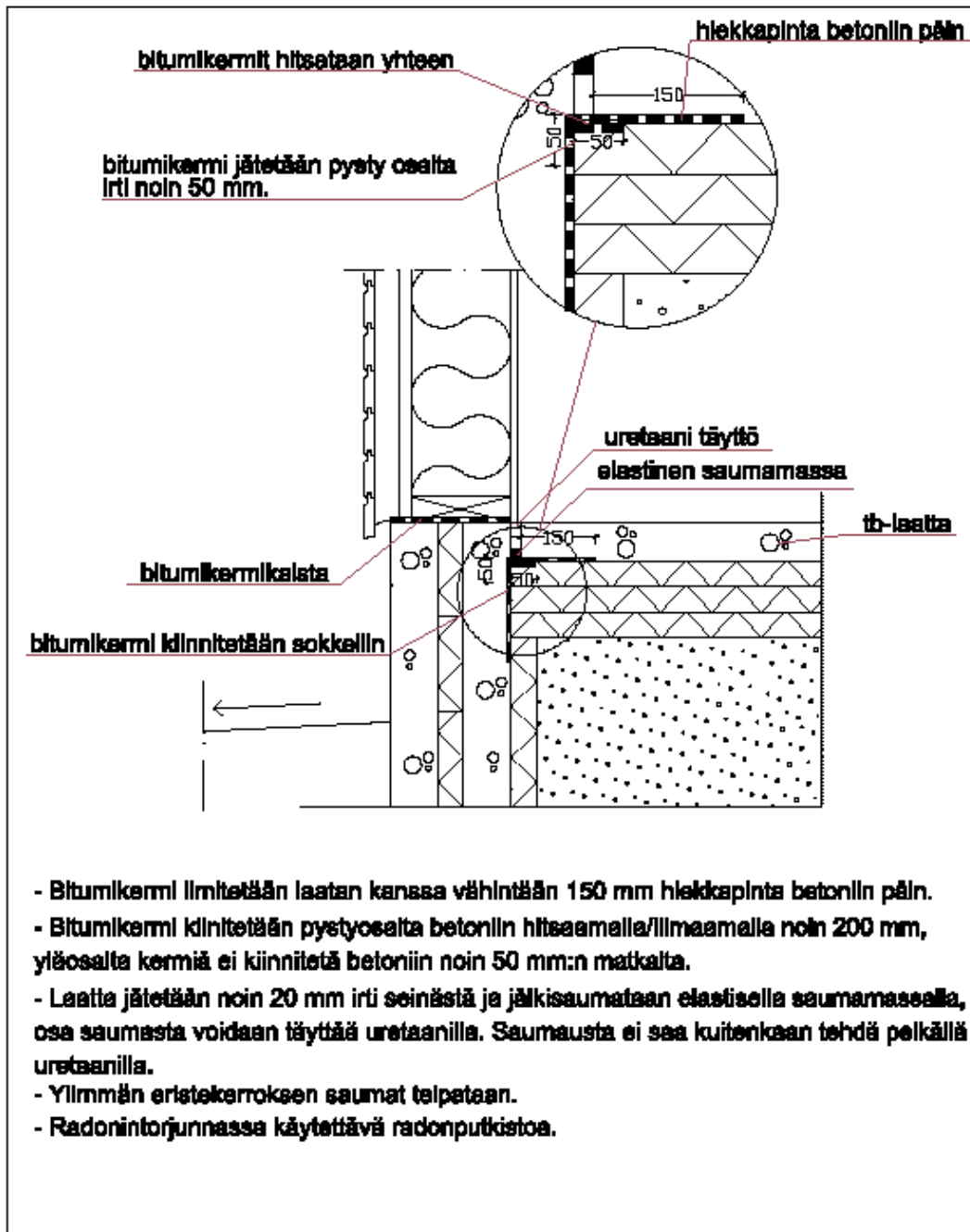


*KUVA 15. EPS- ja XPS-eristeen solurakenne (RT 37871. 2010, 5)*

#### **4.2.1 Esimerkkirakenteita maanvastaisesta-alapohjasta**

Maanvastaisenlaatan ja betonirakenteisen sokkelin liitos tiivistetään viemällä seinän höyrynsulkumuovi betonilaatan alle noin 300 mm, tai ulottamalla seinän alajuoksun alle tuleva bitumikermi vähintään 150 mm laatan alle. Radonkatko voidaan tehdä myös hitsaamalla sokkelin sisäpintaan bitumikermi ja kääntää se laatan alle (kuva 16). Bitumikermi kiinnitetään sokkeliin vähintään 200 mm matkalta. Kermi tulee jättää yläosasta noin 50 mm irti sokkelista, jotta se kestää paremmin laatan liikkeitä. Bitumikermin hiekkapinta tulee olla laattaa vasten tarunnan parantamiseksi. Laatan ja sokkelin sauma jätetään noin 20 mm auki ja tiivistetään elastisella saumamassalla, osan saumasta voi täyttää uretaanilla tai mineraalivillalla.

Rakennuskohde Esimerkki rakenne	Sisältö Lämpimän tilan alapohja, maanvastainen TB-laatta
Piirtäjä Markku Malla	Päiväys 17.06.2012
	AP



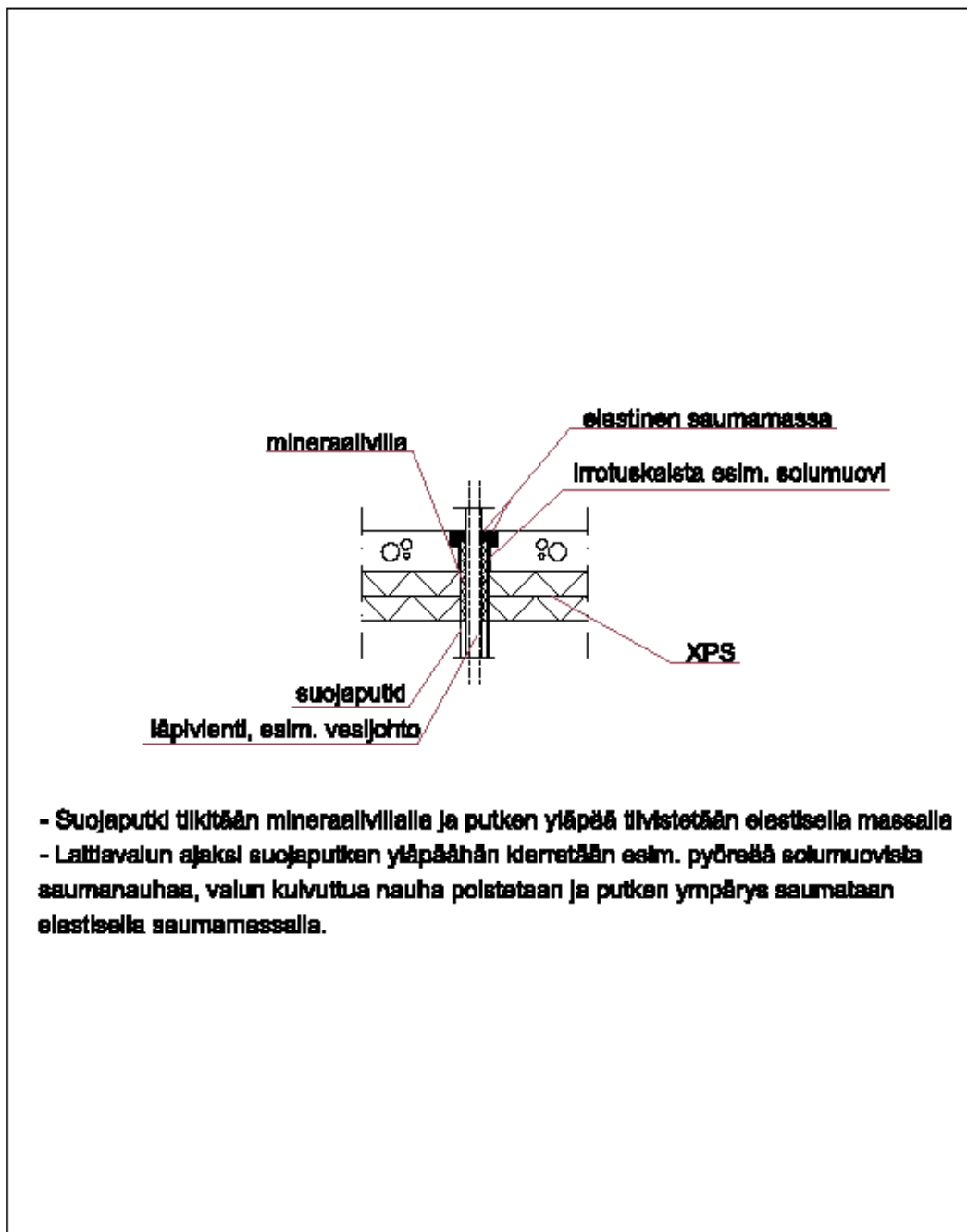
KUVA 16. Perusmuurin ja maanvastaisenlaatan liitos

Laatan läpiviennit tulee myös tiivistää huolella. Esimerkiksi vesijohdot tuodaan lattiarakenteen läpi suojaputkessa liitos tiivistetään elastisella saumamassalla (kuva 17). Suojaputken ja lattiavalun väliin asennetaan irrotuskaista jotta betoni



ei tartu putkeen. Tiivistettävä sauma voidaan tehdä esimerkiksi kiertämällä ennen lattiavalua putken ympäri noin 20 mm paksua solumuovista saumanauhaa laatan yläpinnan tasalle. Laatan kovetuttua saumanauha poistetaan ja ennen lattian pinnoitusta sauma saumataan elastisellasaumamassalla. Saumaus kannattaa tehdä vasta juuri ennen lattiapinnoitusten asennusta, jotta saumauksen jälkeen laatan kuivumiskutistumisesta aiheutuvat liikkeet olisivat mahdollisimman vähäisiä. Myös suojaputken ja vesijohdon väli tiivistetään elastisellasaumamassalla.

Rakennuskohde Esimerkki rakenne	Sisältö Lämpimäntilan alapohja, maanvastaisen TB-laatan läpivienti
Piirtäjä Markku Malla	Päiväys 17.06.2012
	AP

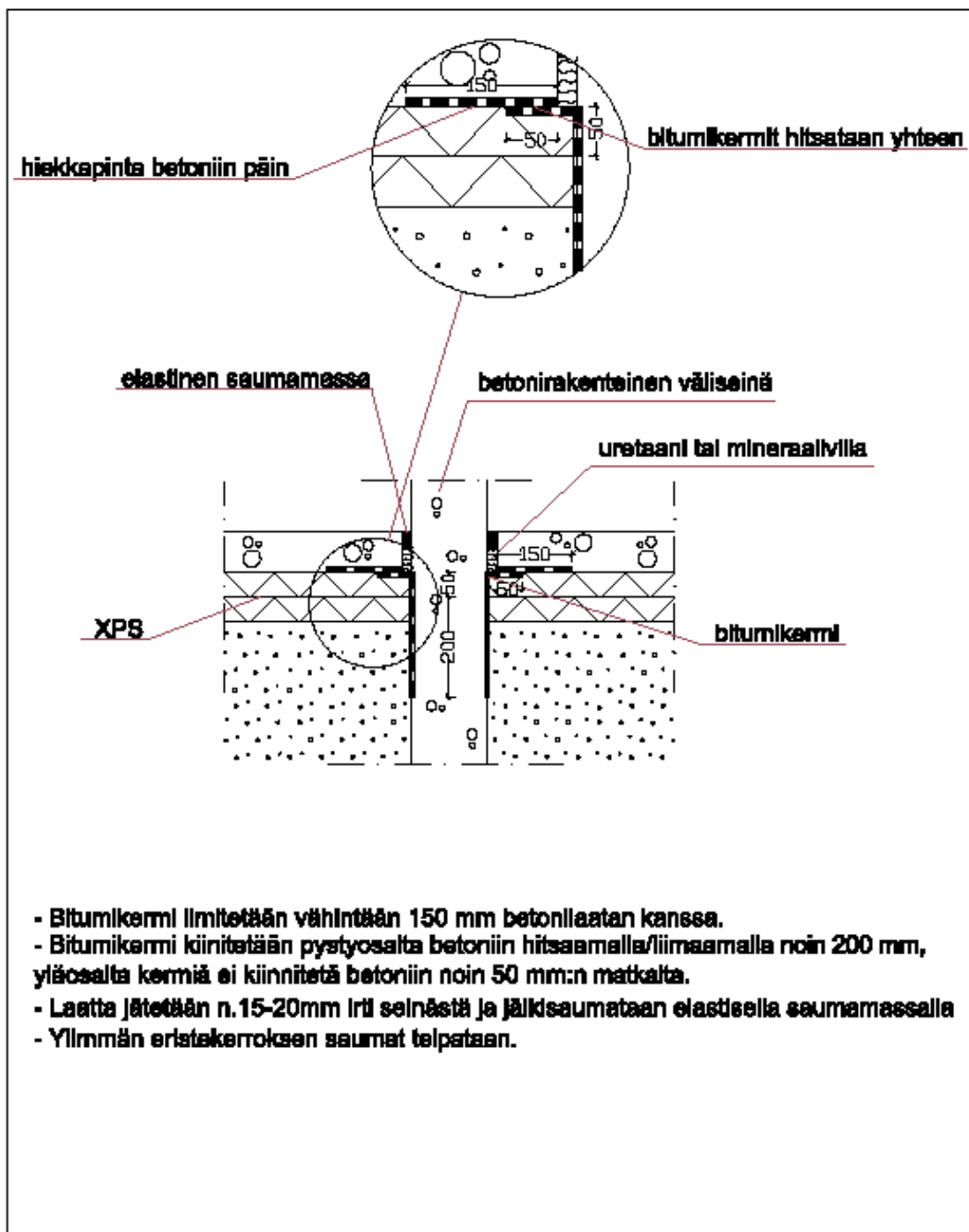


KUVA 17. Maanvastaisen laatan läpivienti

Betonirakenteisen kantavan väliseinän ja lattialaatan liitos (kuva 18) tiivistetään kuten sokkelin ja laatan sauma. Bitumikermi kiinnitetään seinään noin 200 mm ja käännetään vähintään 150 mm laatan alle, hiekkapinta laattaan päin. Kermiä

ei kiinnitetä yläpäästä seinään noin 50 mm matkalta. Laatan ja seinän saumaan asennetaan irrotuskaista, esimerkiksi solumuovista. Sauma jätetään 20 mm auki ja saumataan laatan kuivuttua elastisella saumamassalla.

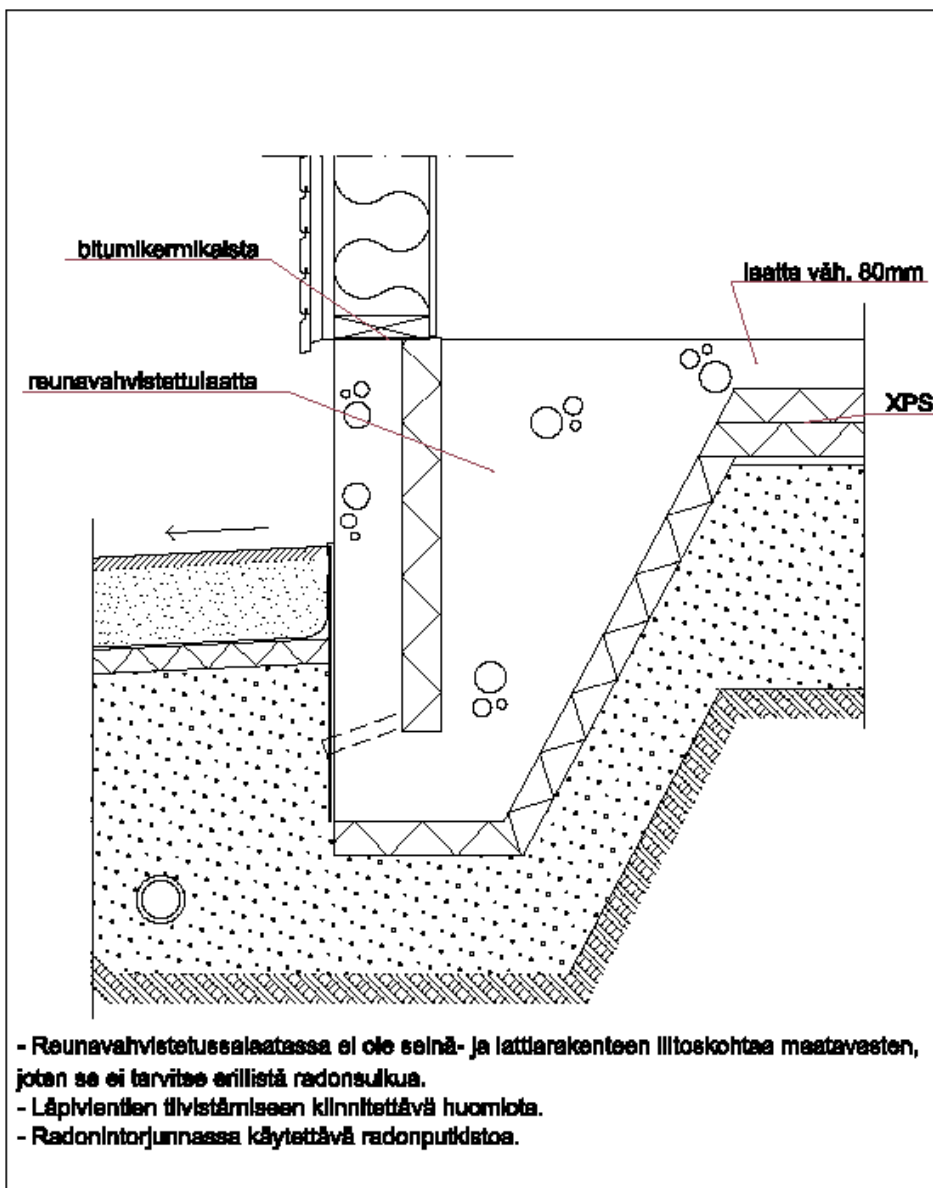
Rakennuskohde	Esimerkki rakenne	Sisältö	Lämpimän tilan alapohja, kantava väliseinä
Piirtäjä	Markku Malla	Päiväys	17.06.2012
			VS



KUVA 18. Betonirakenteinen kantava väliseinä

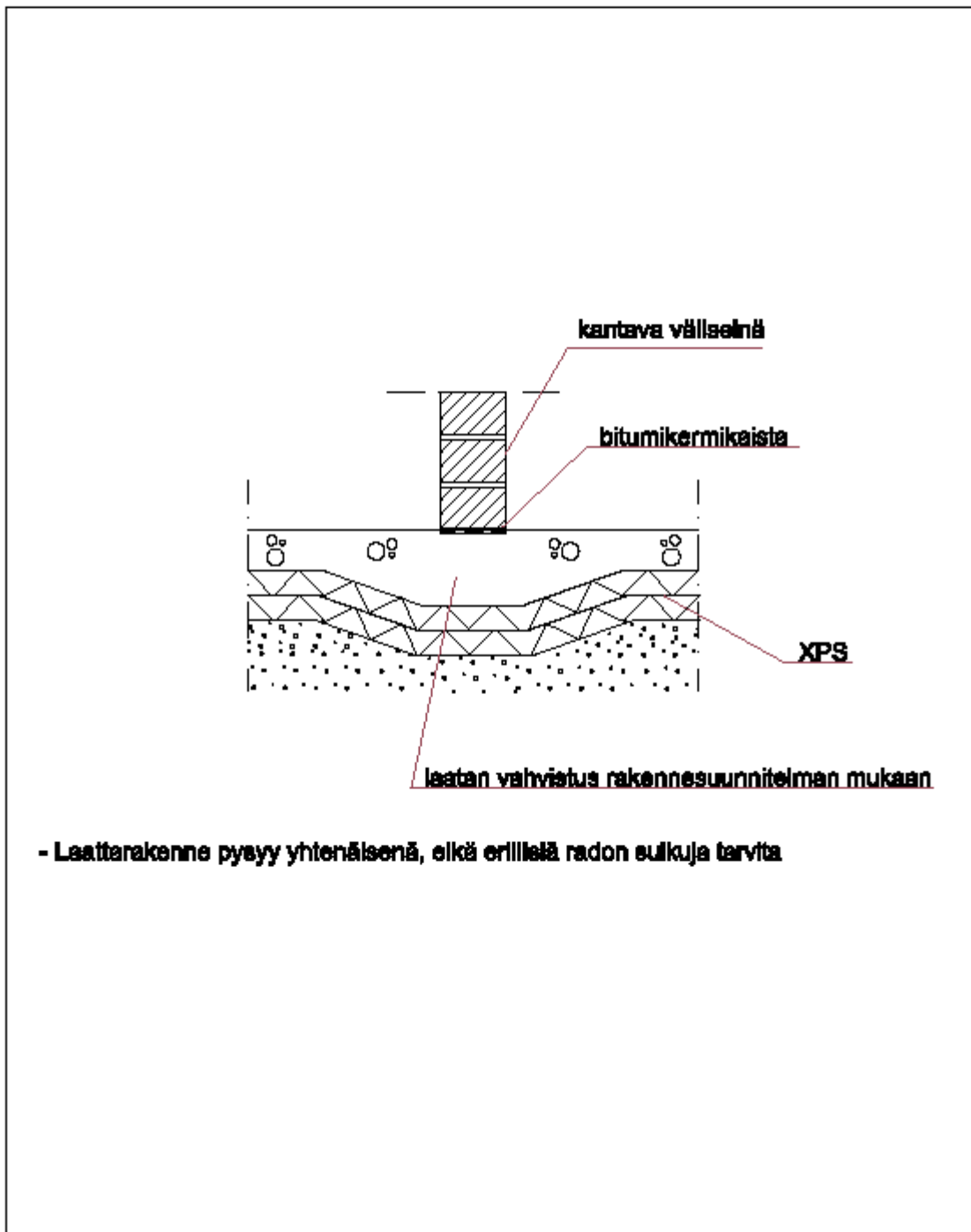
Reunavahvistetulla laattaperustuksella (kuva 19) saadaan rakenne jossa ei ole sokkelin ja laatan liitoskohtia, näin rakenne on yhtenäinen eikä erillistä radontii-  
vistystä tarvita. Tehtäessä kantavienväliseinien perustus laattavahvisteisena  
(kuva 20), pysyy laattarakenne yhtenäisenä eikä tällöinkään tarvita erillistä ra-  
dontiivistystä.

Rakennuskohde	Esimerkki rakenne	Sisältö	Lämpimän tilan alapohja, reunavahvistettulaatta
Piirtäjä	Markku Malla	Päiväys	17.06.2012
		AP	



KUVA 19. Maanvastainen reunavahvistettulaatta

Rakennuskohde	Esimerkki rakenne	Sisältö	Lämpimän tilan alapohja, maanvastaisen TB-laatan vahvistus
Piirtäjä	Markku Malla	Päiväys	17.06.2012
		VS	

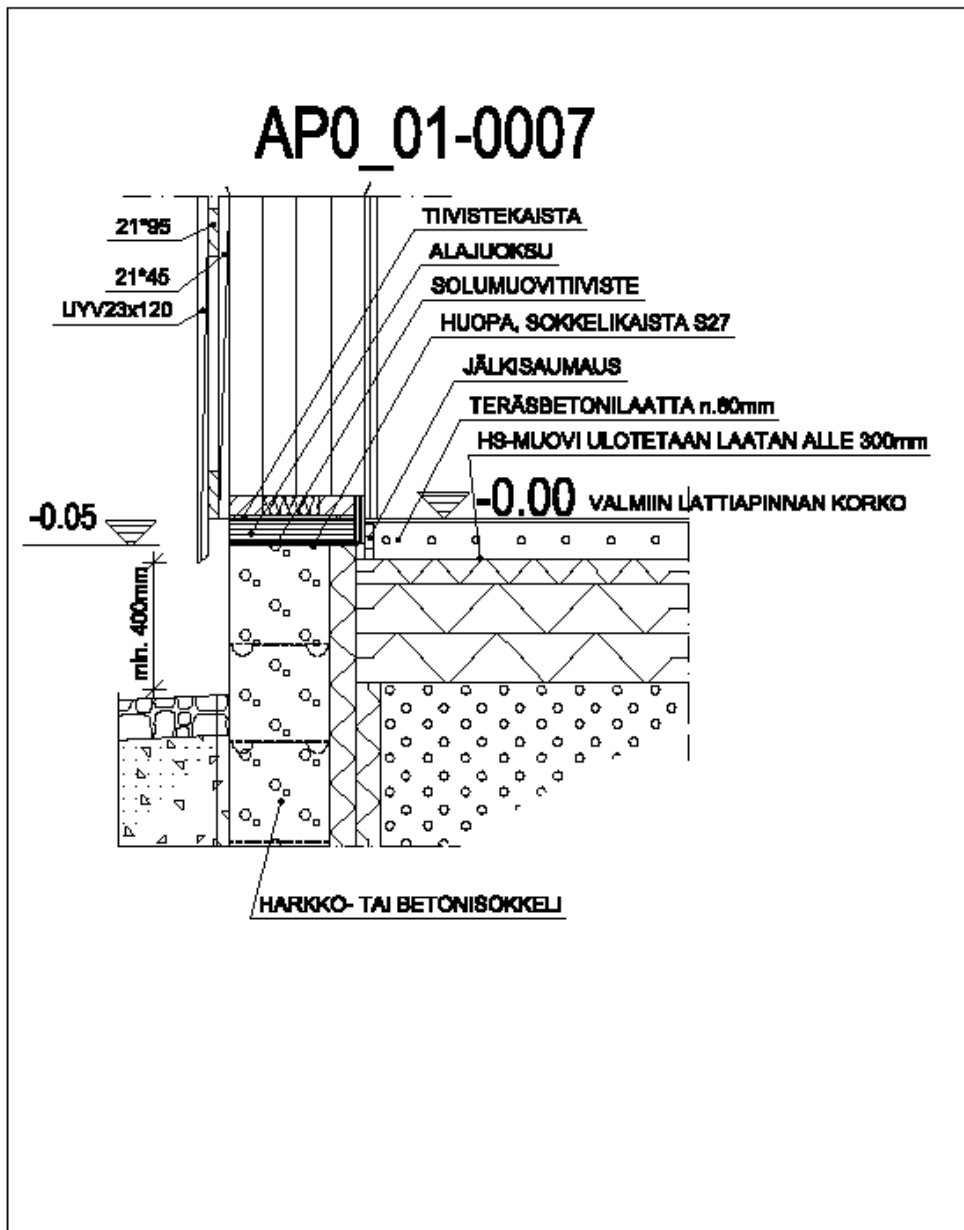


KUVA 20. Laattavahvisteinen kantava väliseinä

#### 4.2.2 Jukka-Talon rakenteita maanvastaisesta-alapohjasta

Jukka-Talolla on radonalueille hyvä ohjeistus perusmuurin ja maanvastaisen laatan liitoksen tiivistyksestä (kuva 21). Alajuoksun alle asennettava bitumikermitikaista ulotetaan laatan alle, kermi jää laatan alle noin 150 mm.

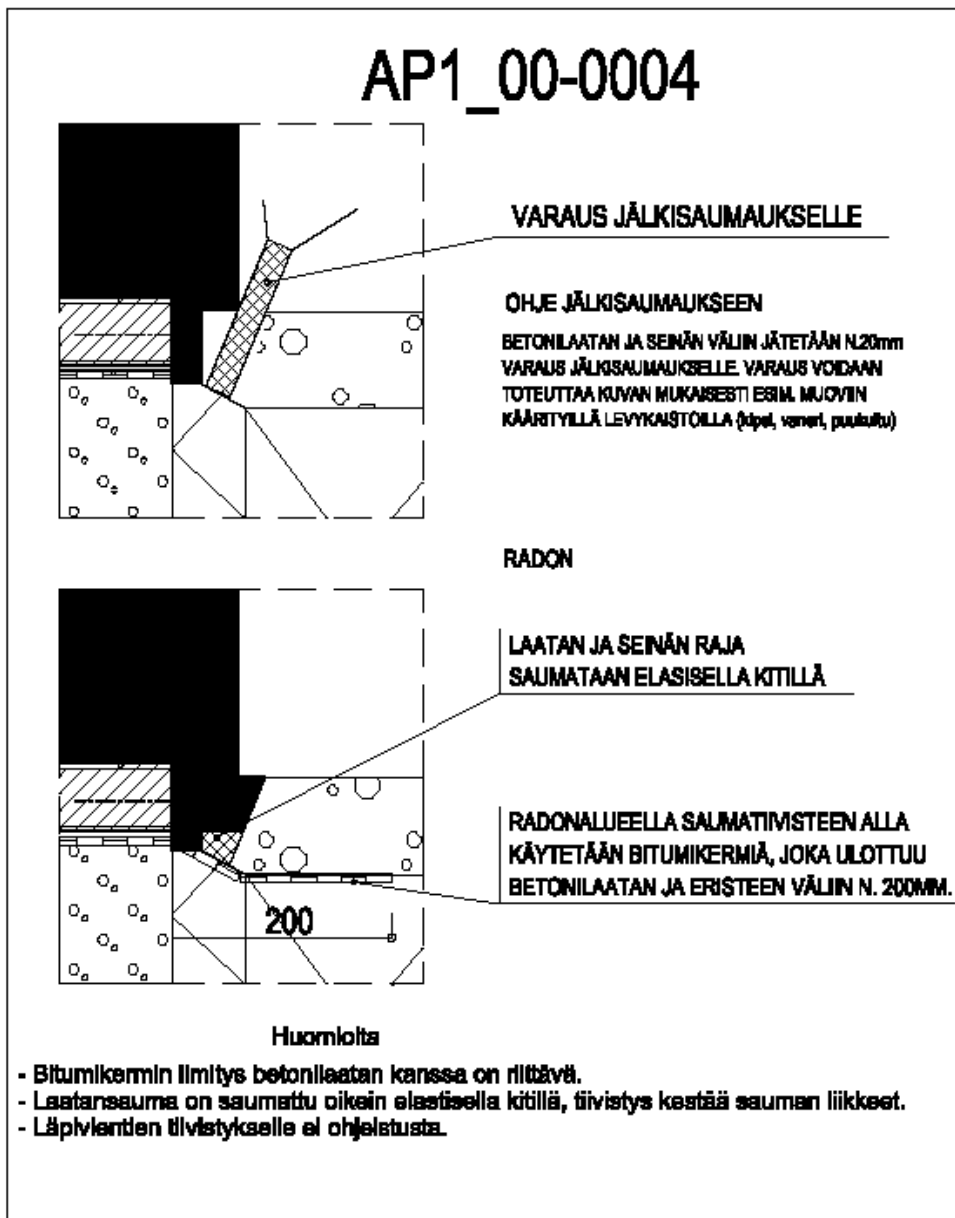
Rakennuskohde Jukka-Talon rakenne	Sisältö Lämpimän tilan alapohja, maanvastainen TB-laatta
Suunnittelija	AP



KUVA 21. Jukka-Talon perusmuurin ja maanvastaisen laatan liitosdetalji

Lattiavalun ajaksi liitokseen asennetaan esimerkiksi muoviin käärittyjä levykaistoja, levy voi olla mitä tahansa rakennuslevyä (kuva 22). Valun kovetuttua levykaistat postetaan, ja sauma tiivistetään lopuksi elastisellakitillä.

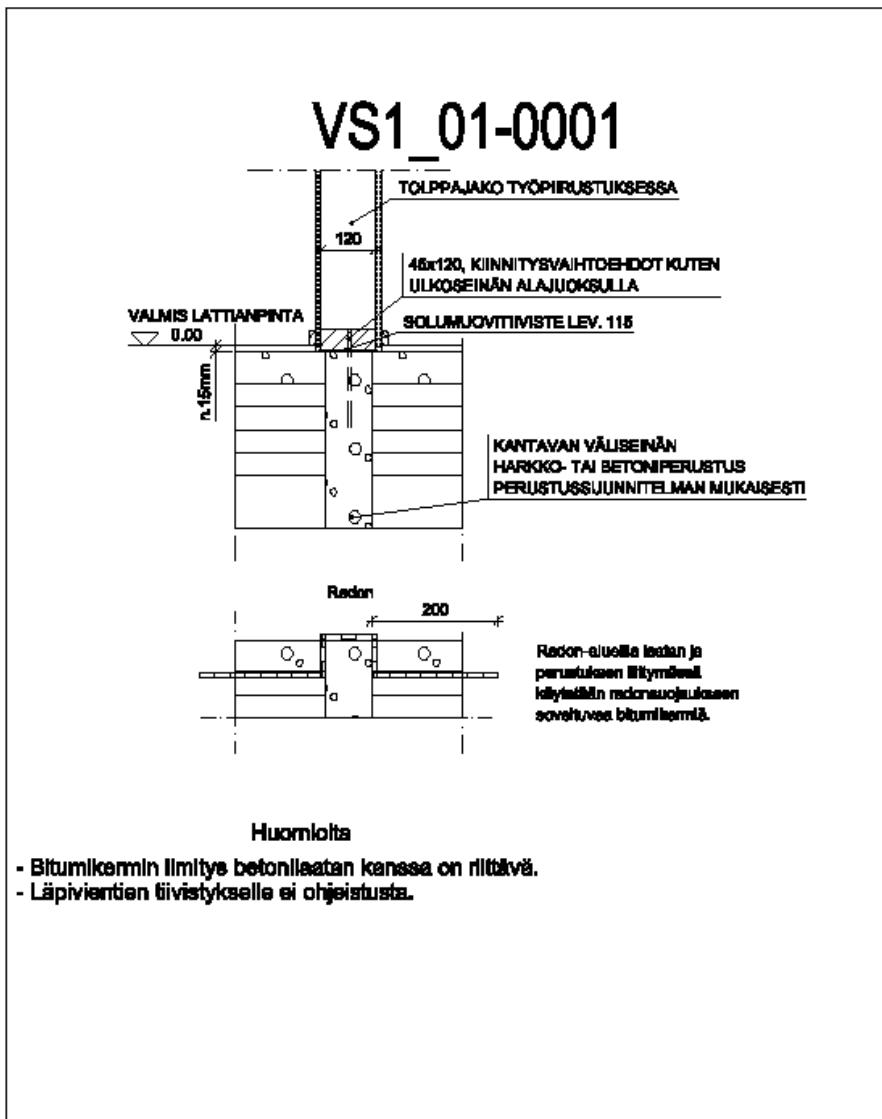
Rakennuskohde Jukka-Talon rakenne	Sisältö Lämpimän tilan alapohja, maanvastainen TB-laatta
Suunnittelija	AP



KUVA 22. Jukka-Talon detalj radonin torjunnasta perusmuurin ja maanvastaisen laatan liitoksessa

Kantavilleväliseinille on myös ohjesitus radontiivistystä varten (kuva 23). Väli-  
seinän perustus tehdään tulevan lattiapinnan tasalle. Perustuksen päälle asen-  
netaan bitumikermikaista, joka taitetaan valettavan lattialaatan alle 200 mm.  
Myös läpiviennille tulisi olla ohjeistus tiivistämisestä. Huonosti tiivistetyt tai ti-  
vistämättömät läpiviennit voivat olla merkittävä radonin lähde pientalossa.

Rakennuskohde Jukka-Talon rakenne	Sisältö Lämpimän tilan alapohja, maanvastainen TB-laatta
Suunnittelija	VS



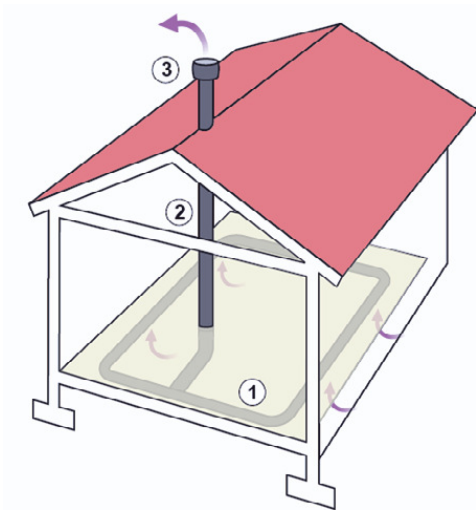
KUVA 23. Jukka-Talon ohjeistus radonin torjunnasta kantaväväliseinän kohdalla



## 5 RADONPUTKISTO

Radonputkisto eli rakennuspohjan tuuletusjärjestelmä (kuva 24) on järjestelmä, jolla pyritään varmistamaan radonin hallinta yhdessä tiivistystöiden kanssa rakennuksissa, joissa on maanvastainen alapohja. Radonputkisto asennetaan maanvaraisen lattialaatan alle salaojituskerrokseen. Putkiston tarkoituksena on tuulettaa salaojakerroksen huokosilmaa sekä alipaineistaa rakennuspohja. Rakennuspohjan alipaineistaminen estää radonpitoisen ilman virtauksen sisäilmaan, sillä putkistolla käännetään rakennuspohjassa tapahtuvien ilmavirtausten suuntaa siten, että radonpitoinen huokosilma imetään radonputkistoon eikä rakenteiden läpi sisäilmaan. (RT 81-10791. 2003, 9.)

Alapohjan alipaineistus tapahtuu putkistoon asennettavalla poistopuhaltimella. Radonputkisto ei yksinään riitä tarpeeksi suuren alipaineen luomiseen rakennuspohjaan. Radonputkiston poistoputki vietään vesikaton yläpuolelle ja sinne tuodaan sähkövaraukset poistopuhaltimelle. Puhallinta ei kuitenkaan asenneta paikalleen, jos ei ole tarvetta. Putkiston käyttöönoton tarpeellisuus selvitetään radonmittauksella, ja mikäli radonpitoisuus sisäilmassa ylittyy tiivistyksestä huolimatta, radonputkistoon asennetaan huippuimuri ja rakennuspohja alipaineistetaan. Alipaineistuksen jälkeen on syytä suorittaa mittaukset uudelleen. (Arvela ym. 2010, 25 – 26; RT 81-10791. 2003, 9 – 14.)

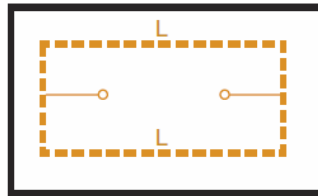
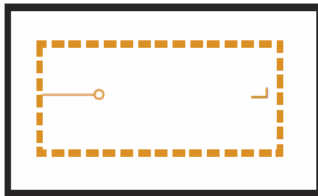


KUVA 24. Periaatepiirros radonputkistosta (Arvela ym. 2010, 69)

Radonputkisto suunnitellaan joko rengasmallisena tai monihaaraisena. Normaalisti pientaloissa käytetään rengasmallista putkistoa ja pitkänmallisissa rakennuksissa, kuten rivitalossa, monihaaraista järjestelmää. Rengasmallistajärjestelmää ja monihaaraistajärjestelmää voidaan myös yhdistellä. Järjestelmän putkikoko määräytyy rakennuksen koon mukaan ja mitoitus tapahtuu taulukoiden 2 ja 3 mukaan. Taulukoista saatavaa putkikokoa voidaan kasvattaa, muttei pienentää. (RT 81-10791. 2003, 10-11.)

*TAULUKKO 2. Rengasmallisen järjestelmän imukanavan mitoitus (RT 81-10791. 2003, 12)*

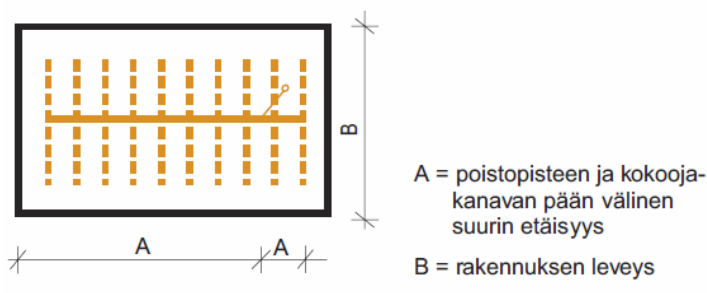
Imukanaviston poistopisteiden välinen etäisyys L (m)	Imukanavan vähimmäisnimelliskoko ø (mm)
$L \leq 30$	80
$30 < L \leq 45$	100
$45 < L \leq 70$	130



L = imukanaviston poistopisteiden välinen etäisyys

*TAULUKKO 3. Monihaaraisen järjestelmän imu- ja kokoojakanavien mitoitus (RT 81-10791. 2003, 12)*

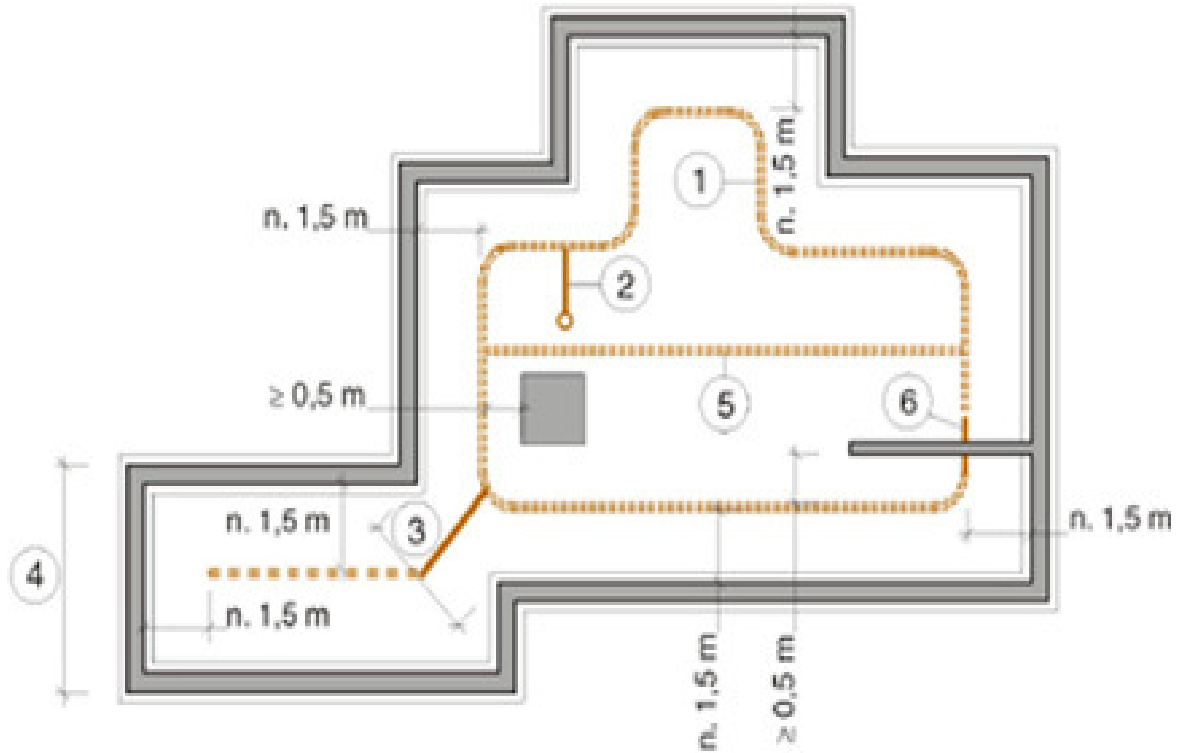
Poistopisteen ja kokoojakanavan pään välinen suurin etäisyys	Kokoojakanavan vähimmäisnimelliskoko
A (m)	ø (mm)
$A \leq 15$ *	100
$15 < A \leq 30$	160
Rakennuksen leveys	Imukanavan vähimmäisnimelliskoko
B (m)	ø (mm)
$B \leq 10$	65
$10 < B \leq 15$	80
* ensisijainen suunnittelumitta	



Kanavisto asennetaan noin 200 mm lämmöneristeen alapinnan alapuolelle salaojituskerrokseen. Etäisyys eristeistä tulee olla riittävä, jottei putkistoon imetä ilmaa eristetilasta. Rengasmallinen putkisto koostuu imukanavistosta, siirtokanavasta, poistokanavasta ja poistopuhaltimesta sekä monihaaraisessa järjestelmässä myös kokoojakanavasta. Kaikkien putkien ja liitospalleiden täytyy olla yhteensopivia keskenään. Kuvassa 25 on esitetty esimerkki rengasmallisesta kanavistosta. (RT 81-10791. 2003, 13.)

Imukanavilla imetään radonpitoinen huokosilma rakennuspohjasta. Kanavat asennetaan noin 1,5 m:n etäisyydelle sokkelista ja noin 0,5 m:n etäisyydelle laatan lävistävistä rakenteista. Imukanavisto tehdään tavallisesta muovisesta tai kaksoiseinäisestä tupla-salaojaputkesta, liitokset tehdään normaaleilla liitospalleilla. Kuvassa 25 imukanavisto on merkitty numerolla 1. Imukanava asennetaan umpiputken sisään tai se tehdään kokonaan umpiputkesta jos kanava lävistää esimerkiksi perustuksen tai se viedään kapeammasta kohtaa kuin 3 m, katso kuva 25 kohdat 3 ja 6. (RT 81-10791. 2003, 10–11.)

Siirtokanava ja kokoojakanava tehdään umpinaisesta sadevesiviemäri- tai viemäriputkesta. Siirtokanavalla yhdistetään imukanava ja poistokanava toisiinsa. Siirtokanava kallistetaan imukanavaa kohti mahdollisen kondenssiveden varalta jota poistokanavassa voi syntyä, siirtokanava on merkitty kuvassa 25 numerolla 2. (RT 81-10791. 2003, 10–11.)



KUVA 25. Esimerkki rengasmallin putkistosta (RT 81-10791. 2003, 10)

Poistokanava on siirtokanavalta vesikatolle johtava kanava. Se tehdään umpinaisesta viemäriputkesta. Poistokanavia voi olla rakennuksen koosta ja muodosta riippuen useampia. Poistokanava tuodaan siirtokanavalla haluttuun kohtaan rakennusta. Poistokanavan sijoitus vesikatolla tulee tehdä niin, että se täyttää Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 määräykset jäteilmalaitteista. Poistokanava on aina eristettävä vesihöyrytiivillä lämmöneristeellä koko kanavan matkalta, rakennuspohjasta tuleva ilma on kylmempää kuin sisäilma ja putken ulkopintaan voi kondensoitua kosteutta. Talvisin ulkoilma on kylmempää kuin radonputkistosta poistettava ilma ja kondensoitumisen sekä jäätyminen vaara on putkiston ulkoilmaan rajoittuvissa osissa tällöin putkiston sisällä voi tapahtua jäätymistä. Poistokanava kiinnitetään tukevasti rakenteisiin ja jatkokset

tiivistetään elastisella massalla. Radonputkiston poistoa ei saa missään tapauksessa liittää rakennuksen muuhun ilmanvaihtoon, vaan se on tehtävä omalla poistoputkella ja huippuimurilla. (RT 81-10791. 2003, 12; Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto määräykset ja ohjeet. 2012, 14–15.)

## 6 RADONIN MITTAUSMENETELMÄT

Ainoa tapa varmistua asunnon radonturvallisuudesta on teettää radonmittaus STUKin hyväksymällä mittausmenetelmällä. Mittaukset voidaan tehdä alfajälki-ilmaisimilla, aktiivihilikeräimillä, ionisaatiokammioilla tai sinkkisulfidi-ilmaisimella. Näistä asuntojen radonmittauksissa käytetty menetelmä on alfajälki-ilmaisin. Asuntojen radonpitoisuuden määrittämisen tulee yleensä perustua vähintään kahden kuukauden yhtäjaksoisena aikana tehtyyn integroivaan mittaukseen, joka tehdään alfajälki-ilmaisimella lämmityskauden aikana. Muilla, niin sanotusti jatkuvatoimisilla menetelmillä, tutkitaan lyhempien ajanjaksojen tai kerta- näytteidien radonpitoisuuksia. Jatkuvatoimiset menetelmät soveltuvat työpaikkojen tai radonkorjauksien radonpitoisuuksien määrittämiseen. Näillä laitteilla voidaan määrittää radon pitoisuuksien vaihtelut tietyllä mittausajanjaksoilla, kuten vuoro- kauden aikana. (Asuntojen radonmittaus. 2012; Sisäilman radon. 2011, 3; Arvela ym. 2003, 135-138.)

Radonmittauspurkki (kuva 26) on halkaisijaltaan noin viisi senttimetrinen alfajälki-ilmaisin, jolla mitataan huoneilman radonpitoisuutta. Purkin sisällä on polykarbonaattikalvo, joka on itse ilmaisimella. Radon siirtyy mittauspurkin sisälle diffuusion avulla. Alfahiukkaset uppoavat muovikalvoon ja tekevät siihen pienen näkymättömän vaurion. Vauriokohdat saadaan näkyviksi jäljiksi etsauksella eli sähkökemiallisella syövytyksellä. Mittausmenetelmä on integroiva, eli sillä mitataan mittausajanjakson keskimääräistä radonpitoisuutta. Pitoisuuksien huippua ei voida radonmittauspurkin avulla todeta. Keskimääräinen radonpitoisuus voidaan laskea, kun tunnetaan jälkien määrä ja mittausaika. (Arvela ym. 2003, 135-136.)

Asunnon radonmittaus tehdään kahdella radonmittauspurkillä, pienemmissä asunnoissa riittää yksikin purkki. Purkit sijoitetaan asunnon eri huonekerroksiin tai eri puolille asuntoa, kuten olohuoneeseen ja makuuhuoneeseen. Purkkia ei saa sijoittaa varastoon. Radonmittauspurkit asetetaan noin metrin korkeudelle lattiasta. Ne eivät saa olla uunin päällä, kivi- tai betonitasolla eivätkä lähellä ulko-ovea, ikkunaa tai raitisilmaventtiiliä. Mittausaika on vähintään kaksi kuukautta ja mittaukset suoritetaan marras-huhtikuun välisenä aikana, jolloin sisäilman

radonpitoisuus on korkeimmillaan. (Arvela ym. 2003, 135 – 136; Radonmittauspurkin käyttöohje. 2009.)

Mittauspurkit voi tilata säteilyturvakeskukselta, joko internetin kautta tai puhelimitse. Yksi mittauspurkki maksaa noin 40 - 50 €, joka sisältää mittaustuloksen ja toimenpidesuosituksen. Tulokset saa noin kahden kuukauden päästä purkin palautuksesta. Lisää tietoa radon mittauksista saa säteilyturvakeskuksesta. (Asuntojen radonmittaus. 2012.)



*KUVA 26. Radonmittauspurkki ja sen sisällä oleva polykarbonaattikalvo (Arvela ym. 2003, 136.)*

## 7 YHTEENVETO

Suomessa sisäilman radonpitoisuudet ovat korkeimpia maailmassa. Koska radon on todettu terveysriskiksi, se on huomioitava myös rakentamisessa. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuoda esille radonintorjunnan merkitys pientalorakentamisessa, sekä löytää rakennuksen kriittiset rakenneosat radonin torjunnan kannalta. Lisäksi tarkoituksena oli esittää järkeviä rakenneratkaisuja, toiminta-periaatteita ja menetelmiä radonintorjumiseksi pientalojen uudisrakentamisessa.

Perusmuuri ja maanvarainen alapohja on nykyisin yleisin pientalojen perustamistapa, ja juuri tämän perustamistavan taloissa on yleisesti myös korkeimmat sisäilman radonpitoisuudet. Maanvaraista alapohjaa suunniteltaessa ja toteutettaessa onkin syytä kiinnittää erityistä huomiota radonin torjuntaan, tosin myös kääntäen toisenlaisten perustamistapojen kohdalla ei radonin torjunnan merkitystä tule vähätellä. Turvallisin perustamistapa radonin torjuntaan on ryömintätilainen tuulettuva-alapohja, jossa maaperästä nouseva radonpitoinen ilma sekoittuu ryömintätilan ilmaan. Ryömintätilasta se tuuletetaan pois ulkoilmaan. Rakennuksista, joissa on tuulettuva-alapohja, on myös yleisesti mitattu pienempiä sisäilman radonpitoisuuksia kuin muiden perustamistavan taloista. Jokaisen perustamistavan rakenteilla on mahdollista päästä määräykset täyttäviin sisäilman radonpitoisuuksiin korkeidenkin radonpitoisuuksien alueella. Eri perustamistavoilla se vaatii onnistuakseen vain enemmän toimenpiteitä. Radonintorjunta vaatii oikeanlaista suunnittelua ja huolellista, suunnitelmien mukaista rakentamista.

Radonpitoisuudet sisäilmassa voidaan todeta ainoastaan mittaamalla. Pientaloissa yleisin käytetty mittausmenetelmä on integroivaan mittausmenetelmään perustuva radonmittauspurkki. Radonmittaukset on hyvä teettää jokaisessa uudessa pientalossa, vaikka radonintorjunta rakenteellisesti olisikin tehty oikein. Näin voidaan varmistua radonin torjunnan onnistumisesta. Mittaukset tehdään lämmityskaudella, marras-huhtikuun välisenä aikana, jolloin sisä- ja ulkoilman välinen paine-ero on suurimmillaan. Mittaus kestää vähintään kaksi kuukautta.



## LÄHTEET

Arvela, Hannu – Holmgren, Olli – Mäkeläinen, Ilona - Reisbacka, Heikki 2010.

Radon uudisrakentamisessa Otantatutkimus 2009. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/tiivistelmat/a\\_sarja/fi\\_FI/stuk-a244/files/83578733323354823/default/stuk-a244.pdf](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/tiivistelmat/a_sarja/fi_FI/stuk-a244/files/83578733323354823/default/stuk-a244.pdf). Hakupäivä 26.11.2011.

Arvela, Hannu – Mäkeläinen, Ilona – Reisbacka, Heikki – Valmari Tuomas

2010. Suomen radonkartasto 2010. Säteilyturvakeskus. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/tiivistelmat/a\\_sarja/fi\\_FI/stuk-a245/files/83991740647081178/default/stuk-a245.pdf](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/tiivistelmat/a_sarja/fi_FI/stuk-a245/files/83991740647081178/default/stuk-a245.pdf). Hakupäivä

14.12.2010.

Arvela, Hannu – Mäkeläinen, Ilona – Turtiainen, Tuukka – Valmari, Tuomas -

Weltner, Anne. 2003. Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja: Säteily ympäristössä, luku 4. Radon sisäilmassa. Helsinki: Säteilyturvakeskus. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/kirjasarja/fi\\_FI/kirjasarja2/files/12222632510021039/default/kirja2\\_4.pdf](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja2/files/12222632510021039/default/kirja2_4.pdf). Hakupäivä 6.12.2011.

Asuntojen radonmittaus. 2012. Säteilyturvakeskus. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/palvelut/mittauspalvelut/radonmittaukset/fi\\_FI/radon\\_asunnot/](http://www.stuk.fi/palvelut/mittauspalvelut/radonmittaukset/fi_FI/radon_asunnot/).

Hakupäivä 3.5.2012.

Kosteus määräykset ja ohjeet 1998. 1998. C2 Suomen rakentamismääräyskoelma. Ympäristöministeriön asetus kosteudesta. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Mäkeläinen, Ilona - Salonen, Laina – Vesterbacka, Pia 2003. Säteily- ja ydintur-

vallisuus-kirjasarja: Säteily ympäristössä, luku 5. Talousveden radioaktiiviset aineet. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/kirjasarja/fi\\_FI/kirjasarja2/files/12222632510021040/default/kirja2\\_5.pdf](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja2/files/12222632510021040/default/kirja2_5.pdf). Hakupäivä 6.12.2011.

Palolahti, Tuomas. 2011. Mittaviiva Oy. Pienrakentajan betoniopas. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Perustietoa radonista. 2012. Säteilyturvakeskus. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily\\_ymparistossa/radon/fi\\_FI/mita\\_radon\\_on/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/radon/fi_FI/mita_radon_on/).

Hakupäivä 26.5.2012.

Pohjarakenteet määräykset ja ohjeet 2004. 2003. B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Radonmittauspurkin käyttöohje. 2009. Säteilyturvakeskus. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/palvelut/mittauspalvelut/radonmittaukset/fi\\_FI/mittausohje/](http://www.stuk.fi/palvelut/mittauspalvelut/radonmittaukset/fi_FI/mittausohje/).

Hakupäivä 3.5.2012.

Radon uudisrakentamisessa. 2011. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily\\_ymparistossa/radon/uudisrakentaminen/fi\\_FI/uudisrakentaminen/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/radon/uudisrakentaminen/fi_FI/uudisrakentaminen/). Hakupäivä 6.12.2011.

Radon Suomessa. 2012. Säteilyturvakeskus. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily\\_ymparistossa/radon/fi\\_FI/pitoisuudet/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/radon/fi_FI/pitoisuudet/).

Hakupäivä 26.5.2012.

Rakennusmaan ja -materiaalien vaikutus. 2009. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily\\_ymparistossa/radon/uudisrakentaminen/fi\\_FI/maa\\_ ja\\_materiaalit/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/radon/uudisrakentaminen/fi_FI/maa_ ja_materiaalit/). Hakupäivä 6.12.2011.

Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto määräykset ja ohjeet 2012. 2011. Ympäristöministeriö. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö.

RT 81-10791. 2003. Radonin torjunta. Rakennustieto Oy.

RT 81-10854. 2005. Pientalon perustukset ja alapohjien liittymät. Rakennustieto Oy.

RT 82-10868. 2006. Pientalon kivirakenteet. Rakennustieto Oy.

RT L-37529. 2008. Perustusten kosteuden ja radonin eristys, Katepal Oy. Rakennustieto Oy.

RT 37871. 2010. Finnfoam-lämmöneristeet, Finnfoam Oy. Rakennustieto Oy.

Sisäilman radon. 2011. Säteilyturvakeskus. Säteily- ja ydinturvallisuuskatsauksia. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily\\_ymparistossa/radon/fi\\_FI/mita\\_radon\\_on/\\_files/84706380499714881/default/sisailman-radon-joulukuu2011.pdf](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/radon/fi_FI/mita_radon_on/_files/84706380499714881/default/sisailman-radon-joulukuu2011.pdf). Hakupäivä 12.1.2012.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista, 944/92 . 1992. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920944>. Hakupäivä 26.11.2011.

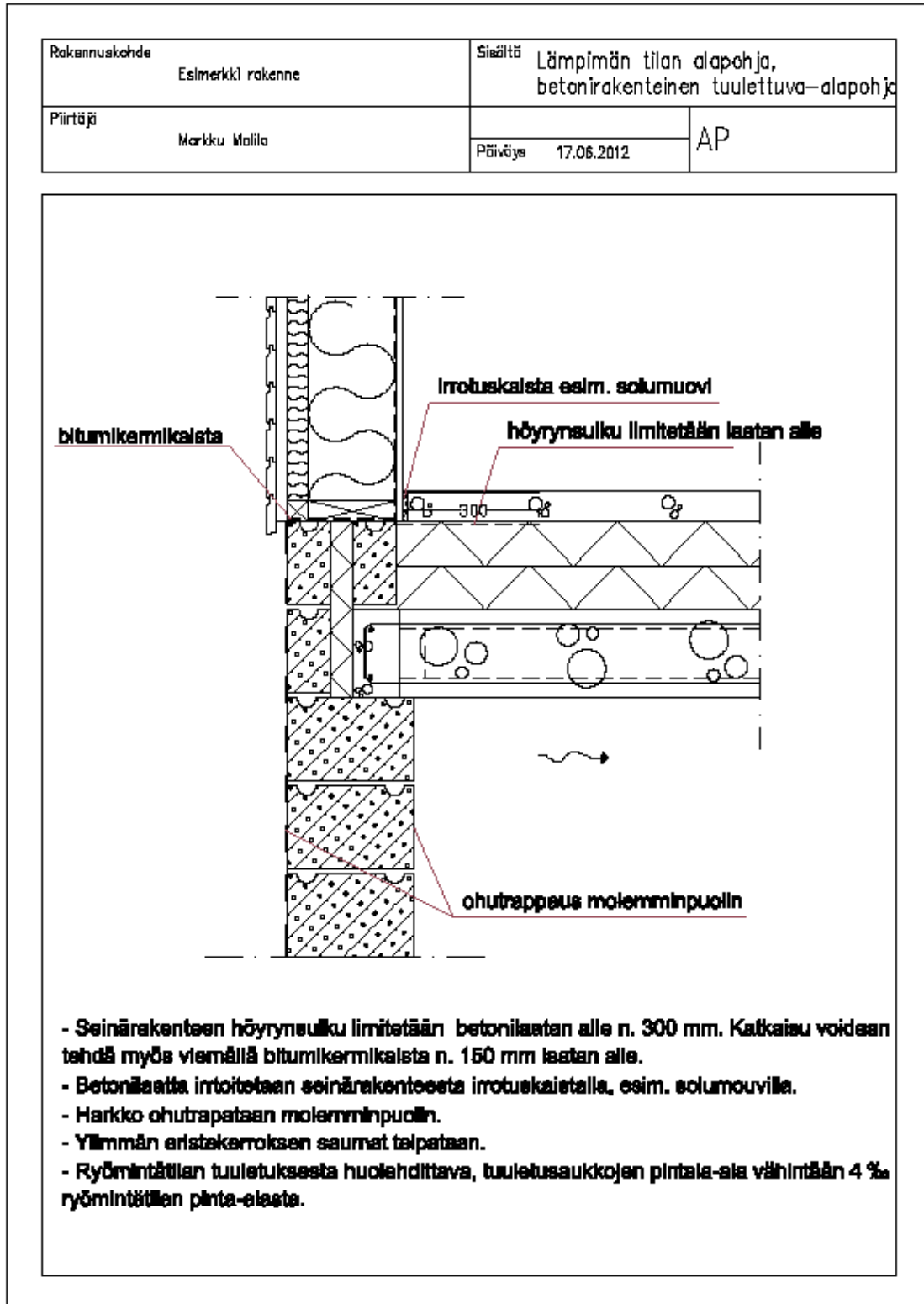
Uusia pohjoismaisia suosituksia asuntojen sisäilman radonista. 2009. Saatavissa:

[http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily\\_ymparistossa/radon/fi\\_FI/pohjoismainen\\_radonsuositus/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/radon/fi_FI/pohjoismainen_radonsuositus/). Hakupäivä 12.1.2012.

WHO handbook on indoor radon. 2009. World Health Organization. Saatavissa: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547673\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547673_eng.pdf). Hakupäivä 10.2.2010.

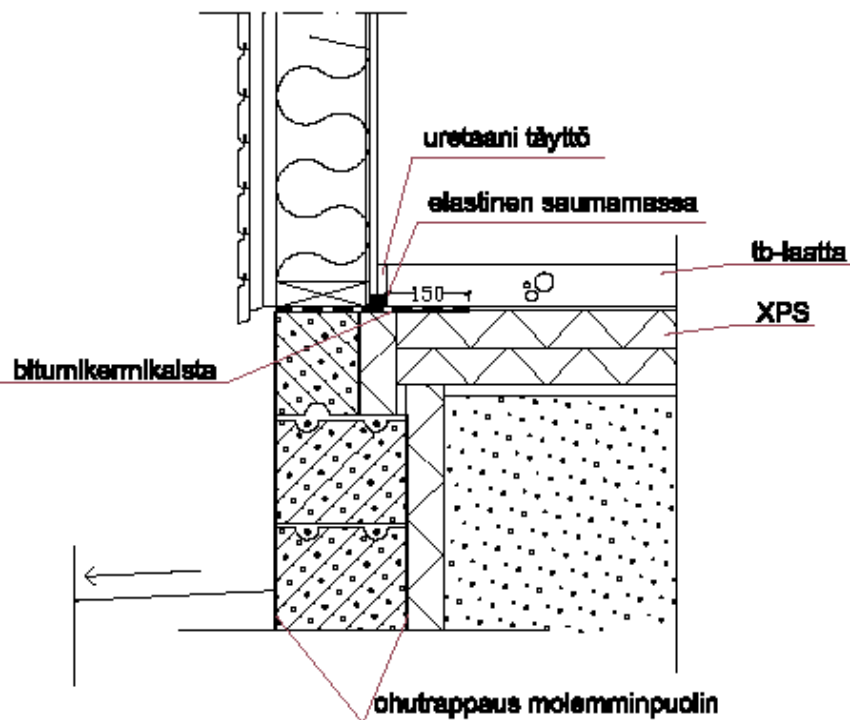
# LIITTEET

## Liite 1 Tuulettuva-alapohja rakenne.



Liite 2 Perusmuuri ja maanvastainen laatta.

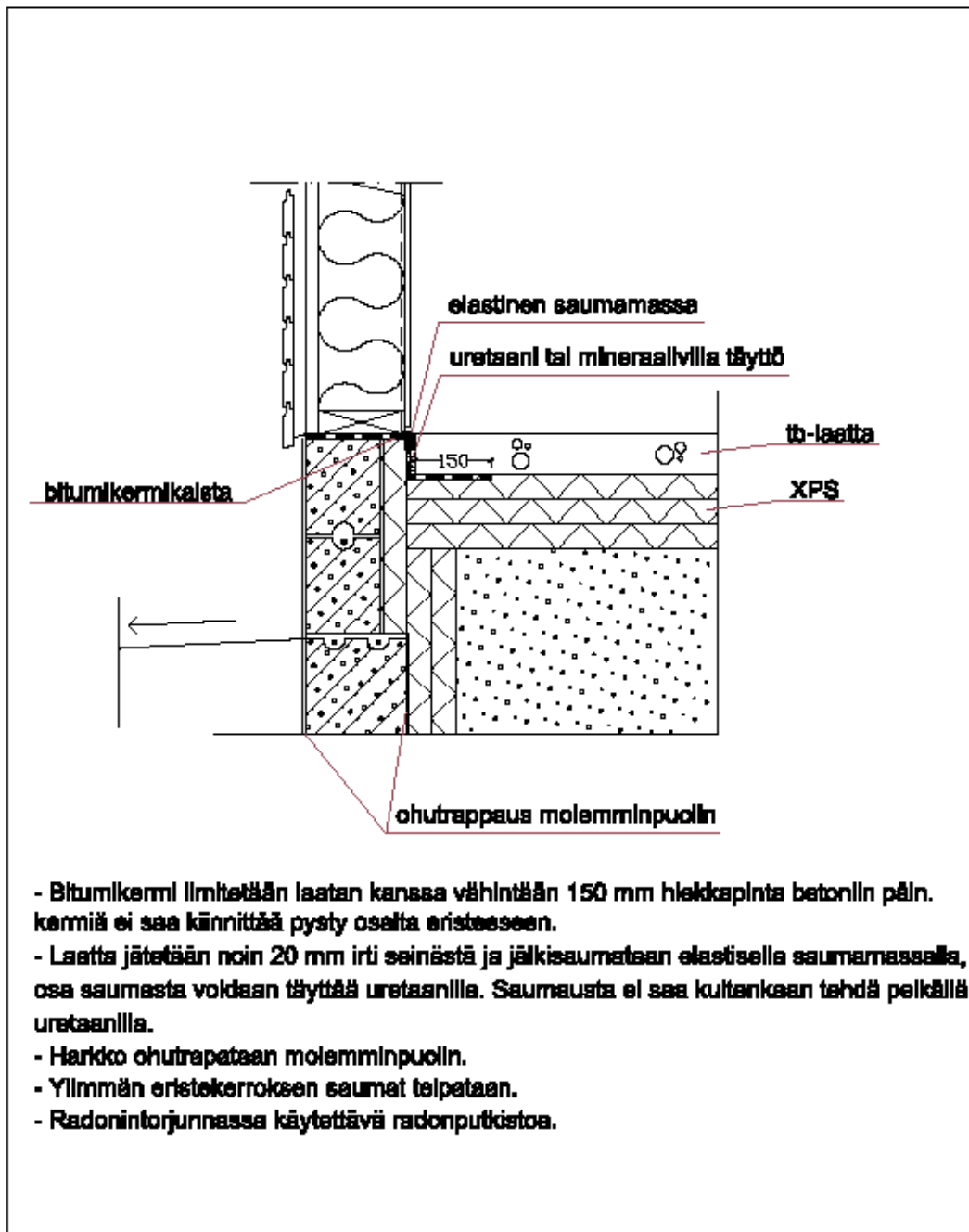
Rakennuskohde Esimerkki rakenne	Sisältö Lämpimän tilan alapohja, maanvastainen TB-laatta
Piirtäjä Markku Malla	Päivitys 17.06.2012
	AP



- Bitumikermi limitetään laatan kanssa vähintään 150 mm hiikkapinta betonin päin.
- Laatta jätetään noin 20 mm irtä seinästä ja jälkisaumataan elastisella saumamassalla, osa saumasta voidaan täyttää uretaanilla. Saumausta ei saa kuitenkaan tehdä pelkällä uretaanilla.
- Harkko ohutrappataan molemminpuolin.
- Ylimmän eristekerroksen saumat tulpataan.
- Radonintorjunnassa käytettävä radonputkistoa.

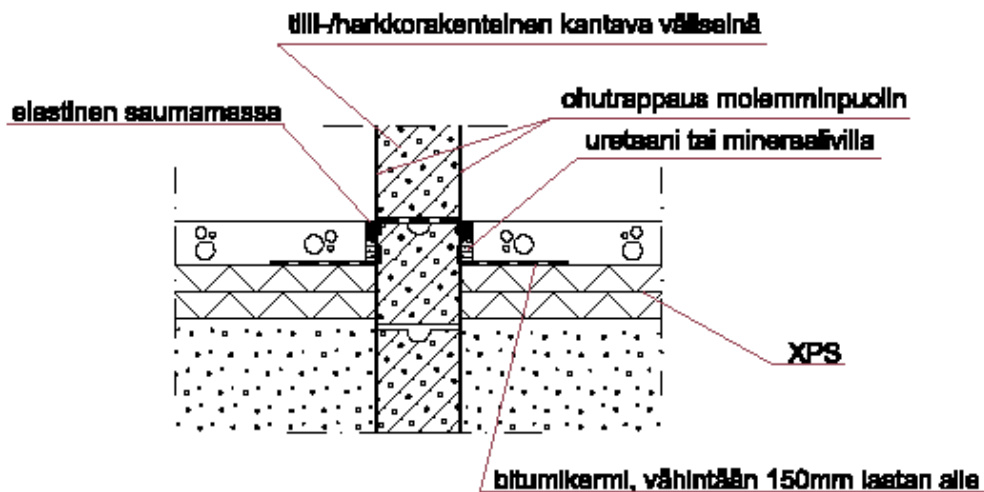
Liite 3 Perusmuuri ja maanvastainen laatta.

Rakennuskohde Esimerkki rakenne	Sisältö Lämpimän tilan alapohja, maanvastainen TB-laatta
Piirtäjä Markku Malla	Päivitys 17.06.2012
	AP



Liite 4 Harkkorakenteinen kantava väliseinä.

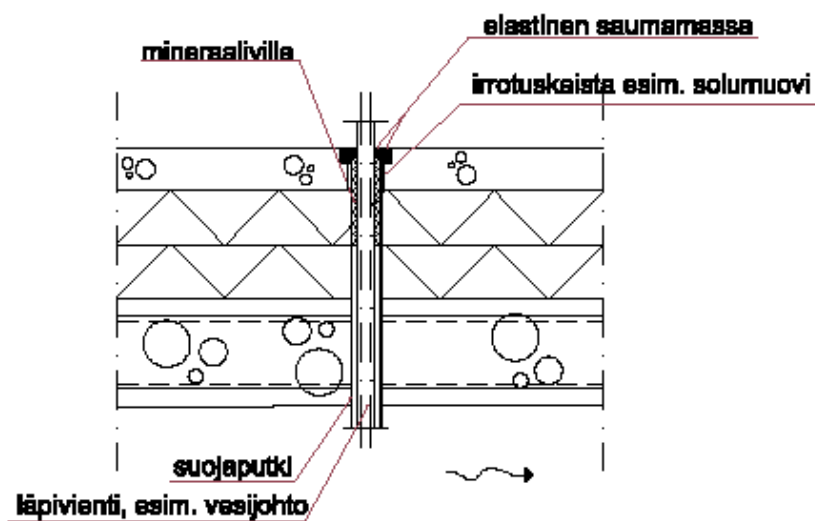
Rakennuskohde Esimerkki rakenne	Sisältö Lämpimän tilan alapohja, kantava väliseinä
Piirtäjä Markku Malla	Päivitys 17.06.2012
	VS



- Harkkorakenne katkaistaan bitumikermillä, kermiä ei kiinnitetä pystyosalta harkkoon.
- Laatta jätetään n.15-20mm irti seinästä ja jälkisaumataan elastisella saumamassalla
- Harkko ohutrappataan molemminpuolin perustuksilta asti
- Ylimmän eristekerroksen saumat teipataan.

Liite 5 Tuulettuvan-alapohja rakenteen läpivienti.

Rakennuskohde Esimerkki rakenne	Sisältö Betonirakenteinen tuulettuva-alapohja, läpivienti
Piirtäjä Markku Malla	Päivitys 17.06.2012
	AP

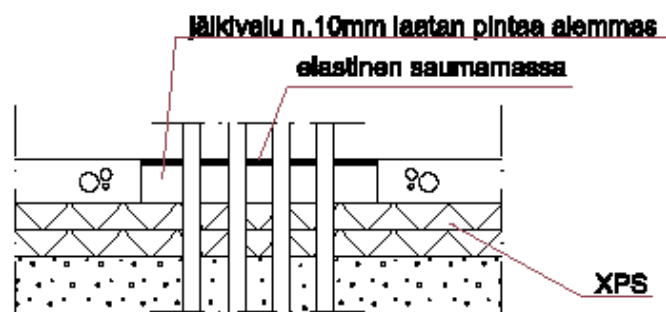


- Suojaputki tiikittään mineraalivillalla ja putken yläpää tiivistetään elastisella massalla
- Lattiavalun ajaksi suojaputken yläpään kiertäen kerretään esim. pyöreää solumuovista saumanauhaa, valun kylvettyä nauha polstataan ja putken ympärykselle saumataan elastisella saumamassalla.



Liite 6 Useampi läpivienti lähekkäin maanvastaisessa alapohjarakenteessa.

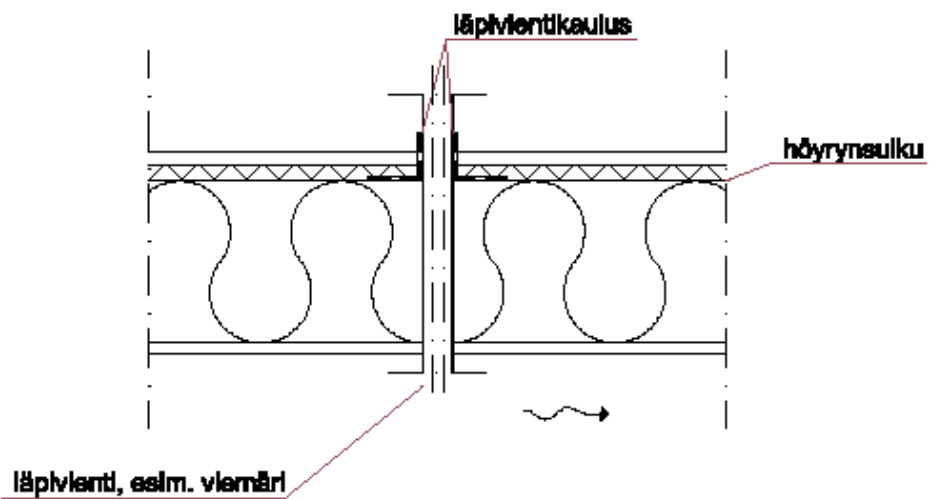
Rakennuskohde Esimerkki rakenne	Sisältö Lämpimän tilan alapohja, maanvastaisen TB-laatan läpivienti	
Piirtäjä Markku Malla	Päivitys 17.06.2012	AP



- Putket tuetaan jälkivalun ajaksi irti toisistaan
- Jos putket tuodaan läpi suojaputkissa, tiivistetään ne myös sisäpuolelta

Liite 7 Puurakenteisen tuulettuvan alapohjan läpiennin tiivistys läpivientikauluksella.

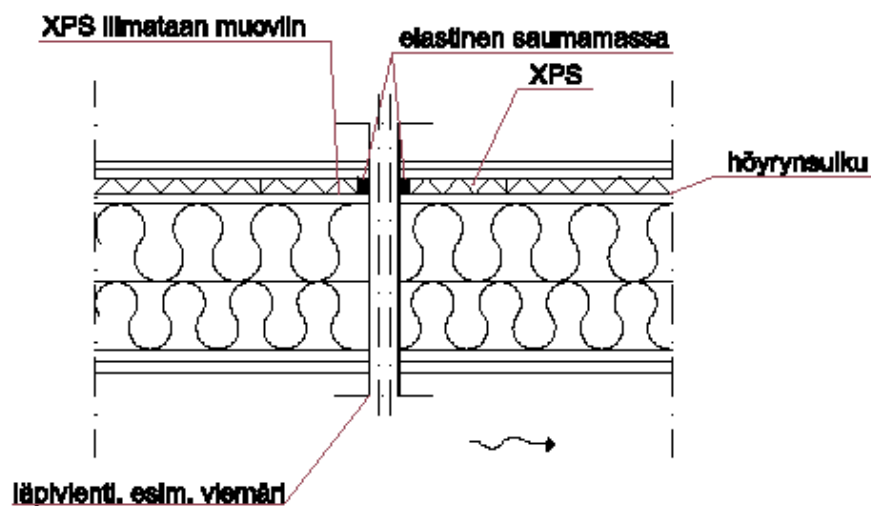
Rakennuskohde Talo Malila	Sisältö Puukenteinen tuulettuva-alapohja. Läpivienti	
Suunnittelija	Päiväys 17.06.2012	AP



- Läpivienti tiivistetään läpivientikauluksella joka ilmataan höyrnsulkumuovilla.

Liite 8 Puurakenteisen tuulettuvan alapohjan läpiennin tiivistys elastisella saumamassalla ja XPS-levyllä.

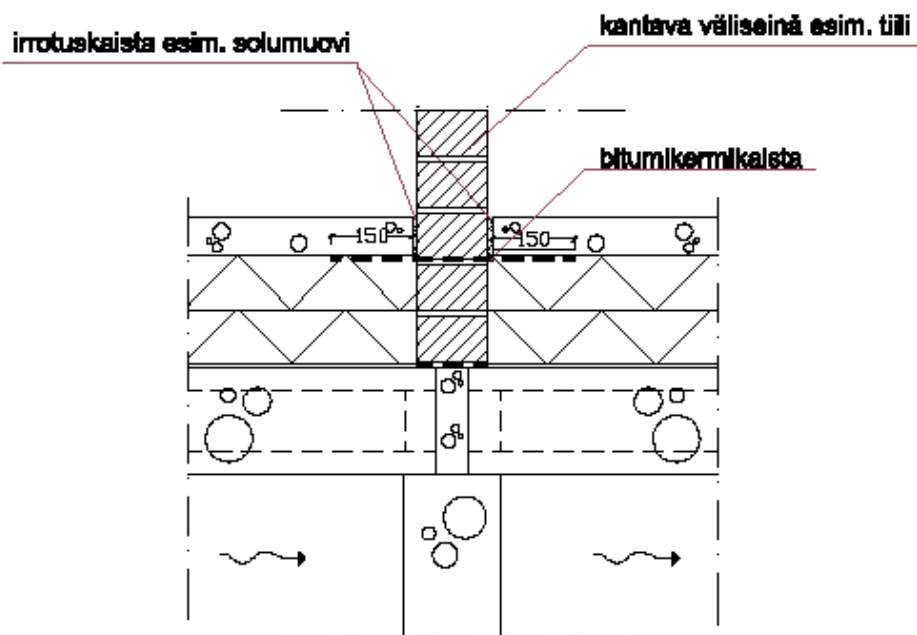
Rakennuskohde	Esimerkki rakenne	Sisältö	Puurakenteinen tuulettuva-alapohja, läpivienti
Piirtäjä	Markku Malla	Päiväys	17.06.2012
			AP



- XPS-levyyn tehdään halkaisijaltaan noin 40 mm. isompi reikä kuin läpivienti, levy ilmataan höyrynsulkumuoviin. Läpiviennin ja XPS-levyn sauma tiivistetään elastisella saumamassalla.

Liite 9 Betonirakenteisen tuulettuvan alapohjan kantava väliseinä.

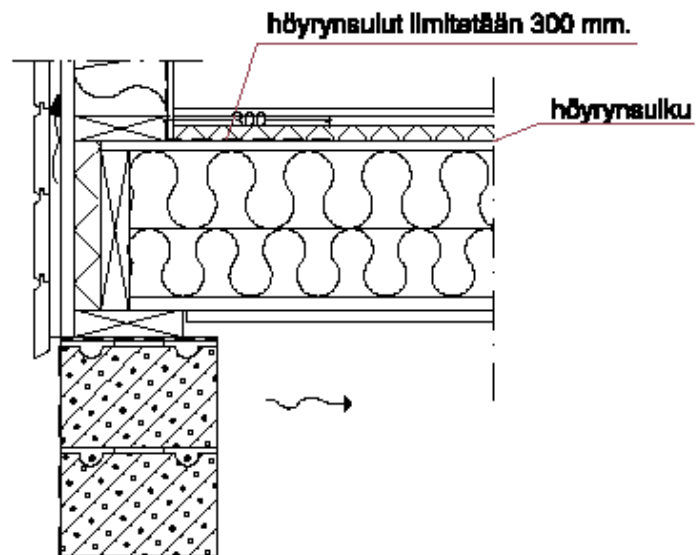
Rakennuskohde Esimerkki rakenne	Sisältö Betonirakenteinen tuulettuva-alapohja, kantava väliseinä
Piirtäjä Markku Malla	Päivitys 17.06.2012
	VS



- Tiilirakenne katkaistaan bitumikermillä, kerri limitetään laatan alle vähintään 150 mm.
- Ryömintätilan tuuleuksesta huolehdittava, tuuletusaukkojen pinta-ala vähintään 4 % ryömintätilan pinta-alasta.
- Ryömintätilaan ei saa muodostua umpinaisia alueita, kantavassa rakenteessa olevien tuuletusaukkojen koon oltava vähintään 2 kertaa ulkoselällä olevien aukkojen kokoa.

Liite 10 Puurakenteinen tuulettuva-alapohja.

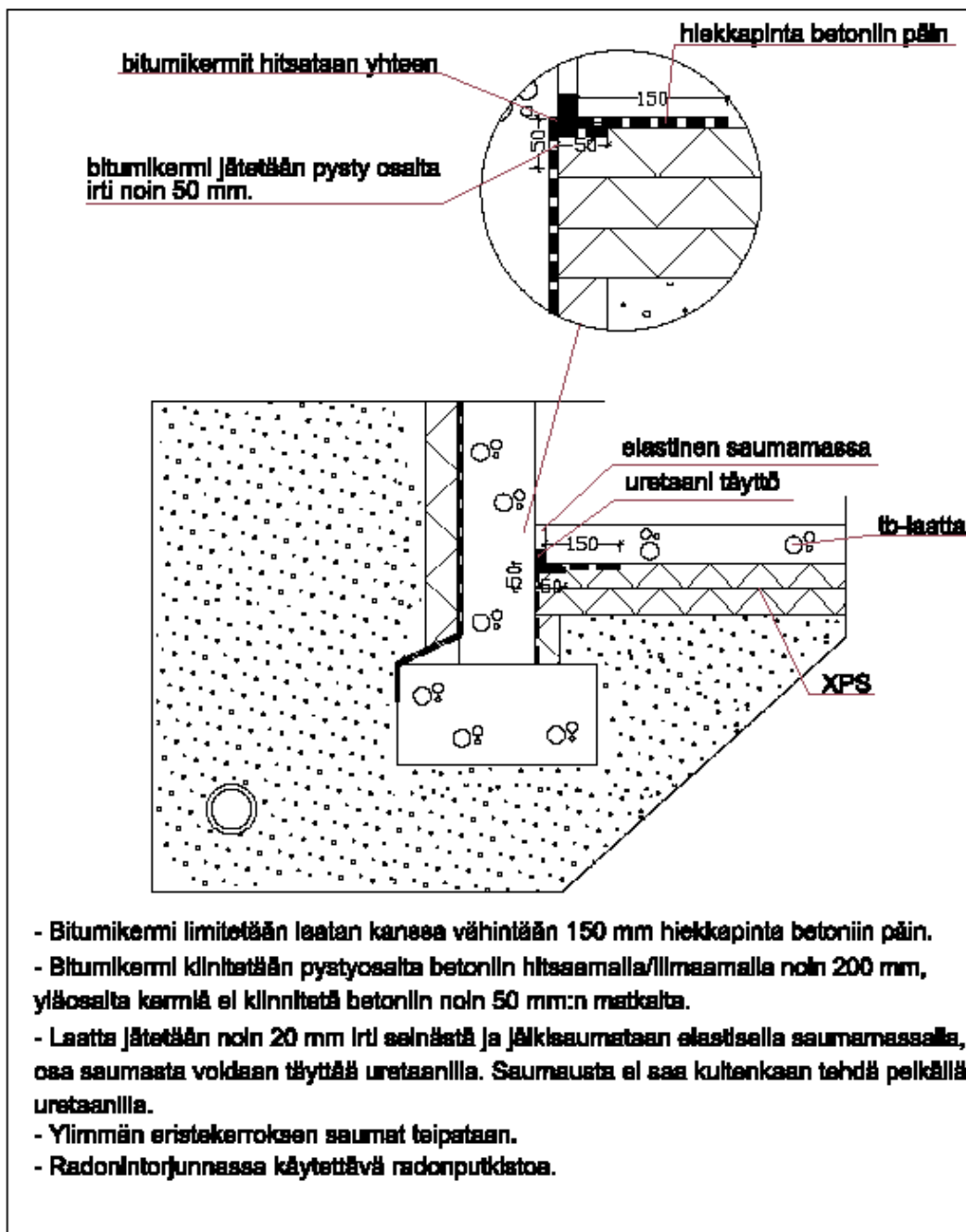
Rakennuskohde Esimerkki rakenne	Sisältö Puukenteinen tuulettuva-alapohja, läpivienti	
Piirtäjä Markku Malla	Päiväys 17.06.2012	AP



- Seinärakenteen höyrynsulku ilmitetään lattiarakenteen höyrynsulun kanssa 300 mm. ja saumat tulpataan.
- Ryömintätilan tuuleuksesta huolehdittava, tuuletusaukkojen pinta-ala vähintään 4 % ryömintätilan pinta-alaasta.

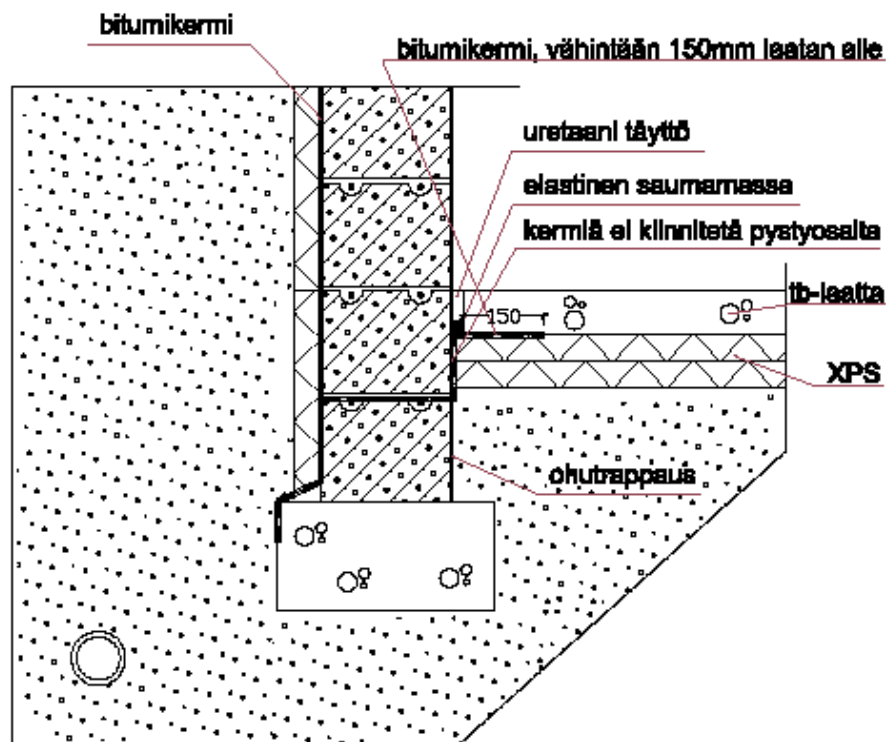
Liite 11 Betonirakenteisen kellarinseinän ja laatan liitos.

Rakennuskohde Esimerkki rakenne	Sisältö Lämpimän tilan alapohja, kellarin maanvastainen TB-laatta
Piirtäjä Markku Malla	Päivitys 17.06.2012
	AP



Liite 12 Harkkorakenteisen kellarinseinän ja laatan liitos.

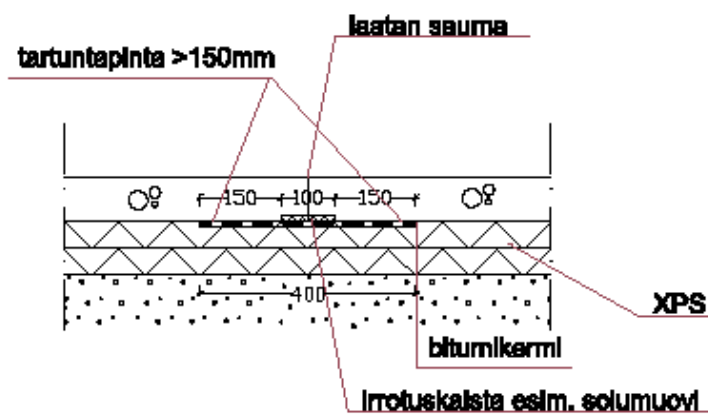
Rakennuskohde Esimerkki rakenne	Sisältö Kellarin alapohja, maanvastainen TB-laatta
Piirtäjä Markku Malla	Päivitys 17.06.2012
	AP



- Harkkorakenne katkaistaan bitumikermillä ja kermit nostetaan laatan alle vähintään 150 mm. Kermiä ei kiinnitetä pystyosalta harkkoon.
- Laatta jätetään noin 20 mm irti seinästä ja jälkisaumataan elastisella saumamassalla, osa saumasta voidaan täyttää uretaanilla. Saumausta ei saa kuitenkaan tehdä pelkällä uretaanilla.
- Harkkorakenne ohutrappautaan molemminpuolelta koko matkalta.
- Ylimmän eristekerroksen saumat teipataan.
- Radonin torjunnassa käytettävä radonputkikatua.

### Liite 13 Betonilaatan liikuntasauman tiivistys.

Rakennuskohde Esimerkki rakenne	Sisältö Lämpimän tilan alapohja, maanvastaisen TB-laatan sauma	
Piirtäjä Markku Malla	Päivitys 17.06.2012	AP



- Bitumikermi asennetaan tartuntapinta betonin päin, tartunta betonin väh. 150 mm.
- Sauman kohdalle asennetaan Irotuskalsta esim. solumuovi.