



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

## Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus



# Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus

**Inari Weijo, Jukka Lahdensivu, Timo Turunen, Susanna Ahola, Esko Sistonen,  
Camilla Vornanen-Winqvist, Petri Annila**



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN JULKAISUJA 2019:18  
Ympäristöministeriö  
Rakennetun ympäristön osasto

© Ympäristöministeriö ja Rakennustieto Oy  
Julkaisija: Ympäristöministeriö  
Kustantaja: Rakennustieto Oy

Taitto: Laura Lehtinen  
Kansikuva: Jukka Lahdensivu, Ramboll Finland Oy

Julkaisu on saatavana internetistä:  
<http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/>

Painettu julkaisu on myynnissä:  
[www.rakennustietokauppa.fi](http://www.rakennustietokauppa.fi)

Kirjapaino: Hansaprint Oy, Vantaa 2019

ISBN: 978-952-361-025-5 (nid.)  
ISBN: 978-952-361-024-8 (PDF)  
ISSN: 2490-0648 (nid.)  
ISSN: 2490-1024 (PDF)

## ESIPUHE

Rakennuksissa esiintyvät kosteus- ja mikrobivauriot ovat yleisiä sisäilmaongelmien aiheuttajia, mutta ongelmia aiheuttavat myös muut, kosteudesta riippumattomat tekijät. Tämän vuoksi ilmenneet ongelmat ja niiden syyt tulee tunnistaa, jotta voidaan varmistua, että korjaustyöt suunnitellaan ja toteutetaan mahdollisimman hyvin ja korjattu rakennus on käyttäjilleen terveellinen ja turvallinen. Rakenteiden korjaustarpeen selvittämistä varten ympäristöministeriö on julkaissut Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus -oppaan vuonna 2016. Nyt julkaistava Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaus -opas käsittelee rakennuksen kunnan selvittämisen jälkeistä korjaussuunnitteluvaihetta. Oppaat täydentävät siten toisiaan.

Uudessa oppaassa annetaan käytännönläheistä tietoa kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjausten suunnittelijoille. Opasta voi käyttää myös oppikirjana alan koulutuksessa. Opas korvaa vuonna 1997 julkaistun Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus -oppaan (Ympäristöopas 29). Oppaan sisältö on rajattu koskemaan kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaamista. Sisältö on laadittu silmällä pitäen 1940-luvun jälkeen rakennettuja julkisia palvelurakennuksia ja niissä esiintyviä tavanomaisia rakenteita. Korjausperiaatteet ovat kuitenkin sovellettavissa muuhunkin rakennuskantaan.

Oppaan alussa käsitellään korjaushankkeen vaiheita ja aiheeseen liittyvää lainsäädäntöä. Korjaussuunnittelua käsittelevässä luvussa käydään läpi korjaushankkeen kulkua ja suunnitelmien sisältöä. Käytössä olevia korjausmenetelmiä ja niiden valintaan vaikuttavia tekijöitä käsitellään tarkemmin luvussa 3 ja yksityiskohtaisempia korjausperiaatteita liitteessä 2 esitetyissä periaateratkaisuissa. Oppaassa käydään läpi myös laadunvarmistusmenetelmiä sekä korjausten onnistumisen seurannassa käytössä olevia työkaluja ja menetelmiä. Oppaan viimeisessä luvussa käsitellään energiatehokkuutta ja ilmastonmuutoksen vaikutuksia rakennuskantaan. Kosteus- ja mikrobivaurioihin liittyvissä korjaushankkeissa voidaan parantaa myös rakennuksen energiatehokkuutta, jolloin on tärkeää varmistua siitä, että korjattu ja mahdollisesti lisäämälämmöneristetty rakenne on toimenpiteiden jälkeen rakennusfysikaalisesti toimiva.

Oppaassa esitetyt ratkaisut ovat periaateratkaisuja, joiden avulla korjaussuunnittelija laatii yksityiskohtaiset suunnitelmat aina kuhunkin rakennukseen soveltuviksi. Periaateratkaisuja ei ole tarkoitettu käytettäväksi sellaisenaan korjaussuunnittelussa. Varsinainen korjaustyö on suunniteltava ja toteutettava kussakin kohteessa sitä koskevien ratkaisujen ja olosuhteiden mukaisesti kokonaisuus huomioon ottaen.

Korjaussoppaan päivitystyön toteutti Ramboll Finland Oy yhteistyössä Aalto-yliopiston Insinööri-tieteiden korkeakoulun Rakennustekniikan laitoksen ja Tampereen yliopiston rakennustekniikan tutkimus- ja opetusalueen kanssa.

*Projektin johto ja koordinointi/Ramboll Finland Oy*  
Inari Weijo, DI

*Tekstit/Ramboll Finland Oy*  
Jukka Lahdensivu, tekn. toht., dosentti  
Timo Turunen, tekn. lis., RTA  
Inari Weijo, DI  
Susanna Ahola, DI, RTA

*Tekstit/Aalto-yliopisto*

Esko Sistonen, tekn. toht.

Camilla Vornanen-Winqvist, DI

*Tekstit/Tampereen yliopisto*

Petri Annila, DI

*Piirroksset ja kaaviot:*

Mikko Ala-Hakuni, ins. (AMK), Ramboll Finland Oy

Janina Hakanen, TkK, Ramboll Finland Oy

Tyko Härkönen, suunnitteluassistentti, Ramboll Finland Oy

Petri Annila, DI, Tampereen yliopisto

Niina Kempainen, TkK, Tampereen yliopisto

*Oppaan päivitystyötä on ohjannut asiantuntijoista koostunut ohjausryhmä:*

Ilkka Jerkku, yksikönjohtaja

Jyrki Kauppinen, rakennusneuvos

Hannu Kääriäinen, lehtori

Pekka Laamanen, toimitusjohtaja

Katja Outinen, yli-insinööri

Hannu Pekkarinen, takuutyöpäällikkö

Vesa Pekkola, neuvotteleva virkamies

Juhani Pirinen, toimialajohtaja, TkT

Jukka Riikonen, erityisasiantuntija

Virpi Sandström, asiantuntija

Antti Souto, erityisasiantuntija

Kirsi Torikka-Jalkanen, erityisasiantuntija

Sweco Asiantuntijapalvelut Oy

Ympäristöministeriö

Oulun seudun

ammattikorkeakoulu Oy

Vahanen Rakennusfysiikka Oy

Ympäristöministeriö

Lujatalo Oy

Sosiaali- ja terveysministeriö

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy

Senaatti-kiinteistöt

Vahanen Rakennusfysiikka Oy

A-Insinöörit Oy

Helsingin kaupunki,

Kaupunkiympäristö

Helsingissä elokuussa 2019

*Katja Outinen, yli-insinööri*

*Ympäristöministeriö*

## SISÄLLYS

<b>ESIPUHE .....</b>	<b>3</b>
<b>JOHDANTO .....</b>	<b>7</b>
<b>I Korjaussuunnittelusta onnistuneisiin korjauksiin .....</b>	<b>10</b>
1.1 Yleistä kosteusvauriokorjaushankkeesta .....	10
1.2 Lainsäädäntö .....	13
1.3 Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävän vaativuusluokat .....	16
1.4 Korjaussuunnittelijan pätevyysvaatimukset.....	17
<b>2 Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaussuunnittelu.....</b>	<b>19</b>
2.1 Korjaushankkeen kulku.....	19
2.1.1 Hankkeen osapuolet.....	19
2.1.2 Kokonaisuuden hallinta.....	20
2.1.3 Tilaaajan tehtävät .....	21
2.1.4 Korjaushankkeen vaiheet .....	21
2.2 Korjaussuunnitelmat.....	23
2.2.1 Yleissuunnitelmat .....	23
2.2.2 Toteutussuunnitelmat .....	25
2.2.3 Kosteudenhallinta.....	28
2.2.4 Pölyn- ja puhtaudenhallinta.....	29
2.2.5 Korjaustöiden laadunvarmistussuunnitelma.....	30
2.2.6 Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje .....	30
2.2.7 Seurantasuunnitelma .....	31
<b>3 Korjausmenetelmät .....</b>	<b>32</b>
3.1 Korjausmenetelmien valinta.....	32
3.1.1 Korjausmenetelmien yleiset valintaperusteet .....	34
3.1.2 Korjausmenetelmien soveltuvuus eri tilanteisiin .....	37
3.2 Rakennusosakohtaiset korjausmenetelmät .....	38
3.2.1 Rakennuksen kuivatusrakenteet .....	39
3.2.2 Maanvastaiset alapohjat.....	42
3.2.3 Ryömintätilaiset alapohjat .....	42
3.2.4 Maanvastaiset seinät .....	44
3.2.5 Sokkelit .....	45
3.2.6 Ulkoseinät .....	46
3.2.7 Yläpohjat ja vesikatot.....	48
3.2.8 Välipohjat .....	50
3.2.9 Märkätilat .....	50
3.2.10 Liitosdetaljit ja läpiviennit .....	51
3.3 Käytössä olevia korjausmenetelmiä.....	54
3.3.1 Rakenteiden kuivattaminen .....	55
3.3.2 Vaurioituneiden rakennusmateriaalien poistaminen .....	57
3.3.3 Rakennusosien ilmatiiviyyden parantaminen .....	58
3.3.4 Kapselointi .....	59
3.3.5 Rakenteellinen kapselointi .....	60
3.3.6 Rakennuksen painesuhteiden hallinta.....	61
3.3.7 Kosteuden ja epäpuhtauksien siirtymistä rajoittavat korjausmenetelmät.....	63

3.4	Työmaan olosuhteiden hallinta.....	67
3.4.1	Pölyn- ja puhtaudenhallinta.....	67
3.4.2	Kosteudenhallinta.....	69
3.4.3	Paikalleen jätettävien pintojen puhdistaminen.....	70
<b>4</b>	<b>Laadunvarmistusmenetelmät .....</b>	<b>72</b>
4.1	Pölyn- ja puhtaudenhallinta .....	74
4.2	Kosteudenhallinta.....	76
4.3	Rakenteiden ilmatiivyyden parantaminen .....	76
4.4	Kapselointi.....	78
4.5	Talotekniset järjestelmät .....	78
<b>5</b>	<b>Korjausten onnistumisen seuranta .....</b>	<b>81</b>
5.1	Tilojen käyttäjien hyvinvoinnin seuranta.....	82
5.2	Tilojen ja rakenteiden seuranta käytön aikana .....	82
5.3	Sisäilman laadun seuranta.....	84
5.4	Taloteknisten järjestelmien toimivuuden seuranta .....	87
<b>6</b>	<b>Energiatehokkuus ja ilmastonmuutos .....</b>	<b>90</b>
6.1	Energiatehokkuuden parantaminen .....	90
6.2	Asetus energiatehokkuuden parantamisesta.....	92
6.3	Rakennusosien kosteusteknisen toimivuuden huomioon ottaminen .....	92
6.4	Ilmastonmuutoksen huomioon ottaminen.....	94
	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>96</b>
	<b>LIITTEET .....</b>	<b>102</b>
Liite 1	Termien selitykset.....	102
Liite 2	Rakennusosakohtaiset korjausmenetelmät .....	106
Liite 2.1	Maanvastaisten alapohjien korjausmenetelmät.....	108
Liite 2.2	Ryömintätilaisten alapohjien korjausmenetelmät .....	126
Liite 2.3	Maanvastaisten seinien korjausmenetelmät.....	142
Liite 2.4	Sokkeleiden korjausmenetelmät .....	154
Liite 2.5	Ulkoseinien korjausmenetelmät.....	162
Liite 2.6	Yläpohjan ja vesikaton korjausmenetelmät .....	190
Liite 2.7	Välipohjien korjausmenetelmät.....	212
Liite 2.8	Märkätilojen korjausmenetelmät .....	232
Liite 2.9	Liitosdetaljit ja läpiviennit.....	240
	<b>KUVAILELEHTI .....</b>	<b>282</b>
	<b>PRESENTATIONSBLAD.....</b>	<b>283</b>
	<b>DESCRIPTION SHEET .....</b>	<b>284</b>

# JOHDANTO

Rakennuskannassamme esiintyy runsaasti kosteus- ja mikrobivaurioita sekä erilaisia sisäilman epäpuhtauksiin liittyviä sisäilmaongelmia. Kaikki ongelmat eivät kuitenkaan aiheudu rakennusosien poikkeavan korkeasta kosteuspitoisuudesta, vaikka juuri nämä ongelmat ovat yleisiä. Ongelmien tunnistaminen ja puutteiden korjaaminen on tärkeää, jotta voidaan varmistua siitä, että rakennus on käyttäjälleen terveellinen ja turvallinen.

Epäiltäessä rakennuksessa olevan sisäilmaongelma käynnistetään rakennuksen kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen valmistelu sekä varsinainen tutkimus. Ohjeita kuntotutkimuksen toteutukseen ja suunnitteluun on annettu ympäristöministeriön julkaisemassa Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus-oppaassa.

**Korjaussuunnittelun ja korjaushankkeen onnistumisen perusedellytys on riittävän perusteellinen ja kattava kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus.**

Rakennuksen kattava ja riittävän perusteellinen kuntotutkimus sekä muiden lähtötietojen kerääminen korjaussuunnittelua varten on onnistuneen korjaushankkeen perusedellytys. Ilman näitä risiki puutteellisesti valmistellun korjaushankkeen epäonnistumiseen on suuri. Korjaussuunnittelijan on syytä kriittisesti arvioida saatujen lähtötietojen riittävyttä ja luotettavuutta. Kuntotutkijan ja korjaussuunnittelijan välinen yhteistyö onkin ensiarvoisen tärkeää, jotta varmistutaan oleellisen tiedon välittämisestä korjaussuunnittelijalle. Kuntotutkijan osallistuminen korjaussuunnitteluun ja

-projektiin on suositeltavaa myös kuntotutkimuksen valmistumisen jälkeen.

**Kuntotutkijan osallistumisella suunnitteluun varmistetaan riittävät lähtötiedot korjaussuunnittelijalle.**

Ongelmien tunnistamisen ja lähtötietojen keräämisen jälkeen käynnistetään korjaussuunnittelu. Korjaussuunnittelussa on tärkeää, että suunnitelmat laaditaan aina juuri kyseistä rakennusta varten ottaen huomioon rakennuksen, rakennusosien ja taloteknisten järjestelmien yksityiskohdat ja erityispiirteet. Sisäilmaongelmat ja niistä seuraavat terveyshaitat ovat usein varsin monimutkainen kokonaisuus, minkä johdosta korjaussuunnittelussa on keskeistä huolehtia kokonaisuuden hallinnasta. Aina korjausten ei tarvitse kohdistua koko rakennukseen tai kaikkiin rakennusosiin, mutta tästä huolimatta tulee varmistua, että osakorjausten jälkeen rakennusosat ja talotekniset järjestelmät toimivat yhtenä kokonaisuutena.

Kokonaisuuden hallinnan lisäksi on tärkeää, että suunnitelmat esitetään riittävän yksityiskohtaisina. Tämä koskee erityisesti erilaisia liitoksia ja yksityiskohtia: hyvin suunniteltu rakenne ei toimi, jos liitoksiin, yksityiskohtiin ja rajapintoihin jää puutteita.

**Korjaussuunnitelmat laaditaan aina rakennuksen ja rakenteen yksityiskohdat huomioon ottaen.**



Korjausten ensisijaisena tavoitteena on poistaa kosteus- ja mikrobivaurioista tai muista sisäilman epäpuhtauksista aiheutuva terveyshaitta. Kansantaloudellisesti ei ole kestävää yli- tai alikorjata rakennusosia tai rakennuksia. Tästä johtuen korjaussuunnittelussa on keskeistä aina tapauskohtaisesti määrittää soveltuvat korjaustavat, korjausten laajuus ja korjausten perusteellisuus. Terveyshaitan poistaminen voi toisinaan edellyttää vaurioituneen rakenteen purkamista ja uusimista. Toisinaan rakenteen vaurioitumiseen johtaneen tekijän poistaminen ja epäpuhtauksien pääsyn estäminen sisäilmaan rakenteita tiivistämällä ja kapseloimalla ovat riittäviä toimenpiteitä terveyshaitan poistamisessa.

**Korjausten ensisijainen tavoite on poistaa kosteus- ja mikrobivaurioista aiheutuva terveyshaitta.**

Korjaustapojen perusteellisuutta määritettäessä keskeistä on myös korjatun rakennusosan käyttöikätaavoite ja tämän sovittaminen yhteen muiden rakennusosien ja taloteknisten järjestelmien jäljellä olevien käyttöikien kanssa. Näin vältetään siltä, että kosteus- ja mikrobivaurio ali- tai ylikorjataan suhteessa rakennusosien ja taloteknisten järjestelmien ikääntymisestä aiheutuvaan normaaliin peruskorjaustarpeeseen.

Korjausten onnistumisen varmistamiseksi on tärkeää, että osana korjaussuunnittelua määritetään työmaavaiheessa käytettävät laadunvarmistusmenetelmät sekä työkalut korjausten onnistumisen todentamiseen ja seurantaan. Osa rakennuksesta voi olla käytössä korjaustyön aikana, jolloin pölyn- ja puhtaudenhallinta on ensiarvoisen tärkeää altistumisen ehkäisemiseksi. Pölyn- ja puhtaudenhallinta on tärkeää myös siitä syystä, ettei epäpuhtauksia jää uusien materiaalien alle tai korjattuihin tiloihin, joissa ne voivat korjausten valmistumisen jälkeen aiheuttaa uusia ongelmia.

**Laadunvarmistustoimenpiteiden ja korjausten onnistumisen seurannan suunnittelulla varmistetaan korjaushankkeen onnistuminen.**

Kuten kaikessa rakentamisessa, kosteus- ja mikrobivaurioihin keskittyvissäkin korjaushankkeissa ei voida laiminlyödä kosteudenhallintaa. Näissä korjaushankkeissa rakennusosien kosteuspitoisuus on usein lähtötilanteessa poikkeava, jolloin rakenteiden riittävä kuivuminen tulee mahdollistamaan ja varmistamaan työn aikana sekä ennen uusien materiaalien asentamista.

## Oppaan sisältö

Oppaan sisältö on nimensä mukaisesti rajattu koskemaan kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaamista. Sisältö on laadittu silmällä pitäen 1940-luvun jälkeen rakennettuja julkisia palvelurakennuksia ja niissä esiintyviä tavanomaisia rakenteita. Korjausperiaatteet ovat kuitenkin sovellettavissa muuhunkin rakennuskantaan.

Korjausoppaan ensimmäisessä luvussa käsitellään korjaushankkeen vaiheita sekä kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaamiseen liittyvää lainsäädäntöä. Kosteusvaurioiden korjaussuunnittelu on Suomessa nostettu lainsäädännössä omaksi suunnittelualakseen, minkä vuoksi oppaassa on käsitelty suunnittelutehtävän vaativuusluokkia sekä korjaussuunnittelijan pätevyysvaatimuksia. Liitteestä 1 löytyviin termeihin tutustuminen on suositeltavaa.

Toisessa luvussa käsitellään korjaussuunnittelua hankkeen kulun ja suunnitelmien sisällön osalta. Varsinaisen korjaustyön sisällön määrittävien suunnitelmien lisäksi tulee laatia laadunvarmistussuunnitelma sekä suunnitelma korjausten onnistumisen todentamiseen ja seurantaan. Korjaussuunnittelun yhteydessä laadittavan rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen avulla varmistutaan, että rakennusta käytetään, huolletaan ja ylläpidetään oikein suoritettujen korjausten elinkaaren ajan.

Oppaan keskeisintä sisältöä ovat kolmannessa luvussa käsiteltävät korjausmenetelmät sekä luvun sisältöä olennaisesti täydentävät liitteet 2.1–2.9, joissa käsitellään korjausperiaatteita rakennusosittain. Luvussa kerrotaan korjausmenetelmien valintaan vaikuttavista tekijöistä. Korjausmenetelmänä ei esitetä valmiita jokaiseen rakennukseen ja tapaukseen soveltuvia korjaustapoja, vaan periaatteet, joiden avulla korjaussuunnittelija mukauttaa suunnitelmat aina kuhunkin rakennukseen soveltuviksi. Korjausmenetelmien keskinäistä yhteensopivuutta ja kokonaisuuden hallinnan tärkeyttä on korostettu.

**Opas esittää periaatteet kosteus- ja mikrobivaurioiden korjausmenetelmistä. Korjaussuunnittelija valitsee ja muokkaa korjaustavat kuhunkin tapaukseen soveltuviksi.**

Luvussa neljä käsitellään yksityiskohtaisemmin käytettävissä olevia laadunvarmistusmenetelmiä. Näidenkin osalta on tärkeää, että korjaussuunnittelussa aina valitaan käytettävät laadunvarmistusmenetelmät sekä määritetään niiden yksityiskohdat kunkin hankkeen tarpeiden mukaisesti. Työnaikainen olosuhdehallinta niin pölyn, yleisen puhtauden kuin kosteuden osalta on tärkeää.

Laadunvarmistusmenetelmien jälkeen oppaassa käsitellään korjausten onnistumisen seurannassa käytössä olevia työkaluja ja menetelmiä. Osana korjaussuunnittelua on tärkeä määrittää se, miten kyseisessä rakennuksessa voidaan suoritettujen korjausten jälkeen varmistua siitä, että korjaus on onnistunut ja terveyshaitta sitä myötä poistunut.

Oppaan viimeisessä luvussa käsitellään energiatehokkuutta ja ilmastonmuutoksen vaikutuksia rakennuskantaan ja korjaustavan valintaan. Energiatehokkuuden parantaminen tulee usein ottaa huomioon myös kosteus- ja mikrobivaurioihin liittyvissä korjaushankkeissa. Korjaussuunnittelussa on tärkeä varmistua, että korjattu ja mahdollisesti lisälämmöneristetty rakenne on toimenpiteiden jälkeen edelleen lämpö- ja kosteusteknisesti toimiva. Ilmastonmuutoksen ennustetaan lisäävän erityisesti vaipparakenteisiin ulkopuolelta kohdistuvaa kosteusrasitusta, mikä tulee ottaa erityisesti huomioon suunniteltaessa pitkän käyttöikätaitoiten korjauksia.

# 1 Korjaussuunnittelusta onnistuneisiin korjauksiin

1.1

## Yleistä kosteusvauriokorjaushankkeesta

**Korjausten tavoitteena on tehdä rakennuksesta terveellinen ja turvallinen.**

Korjaustyön tavoitteena on muuttaa korjattavat rakenteet rakennusfysikaalisesti toimiviksi, vähentää mahdollisia terveyshaittaa aiheuttavia tekijöitä sekä saada rakennus teknisesti käyttötarkoitustaan palvelevaan kuntoon. Vanhasta rakennuksesta ei kuitenkaan ole tarkoitus tehdä ominaisuuksiltaan uutta vastaavaa rakennusta. Korjaustyön perusperiaatteena on, että joko vaurioituneet materiaalit ja muut epäpuhtauslähteet poistetaan tai epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan estetään. Rakennusteknisten korjausten ohella on tarkasteltava taloteknisten järjestelmien korjaus- ja säätötarvetta.

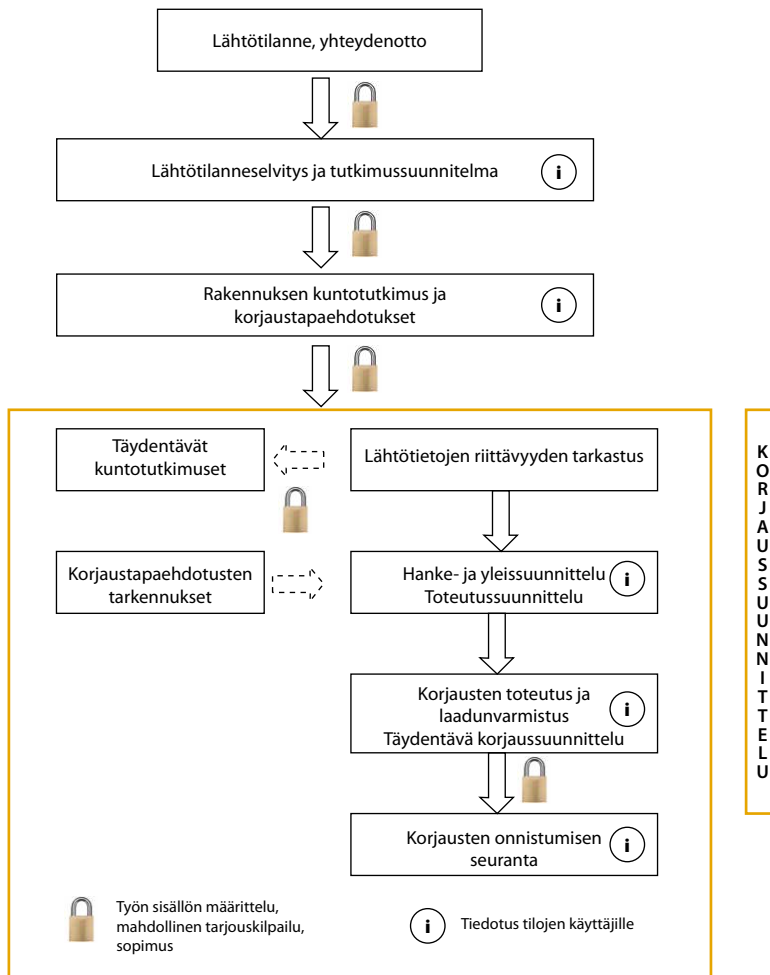
Ensiksi on tärkeää tunnistaa, onko kyseessä paikallisen ja selkeästi rajattavan vaurion korjaaminen, rakennuksen normaalin elinkaaren mukainen peruskorjaus vai laaja-alaisen sisäilmaongelman korjaus, ja määrittellä tarvittavat toimenpiteet tämän mukaisesti.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaushankkeen kulku on esitetty kuvassa 1.1. Työn sisällön määrittelyyn ja rakennusluvan tarpeen selvittämiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Sisäilmasto-ongelmien kokonaisvaltaista ratkaisuprosessia on kuvattu tarkemmin Työterveyslaitoksen ohjeessa *Tilaaajan ohje sisäilmasto-ongelman selvittämiseen* (Tähtinen K. ja Lappalainen S., 2016).

**Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusraportti toimii korjaussuunnittelun keskeisenä lähtötietona.**

Kosteus- ja mikrobivaurion korjaustyön suunnittelu käynnistyy lähtötietojen hankinnalla. Tärkeimpänä lähtötietodokumenttina toimii rakennuksen kunnosta laadittu selvitys eli ”**Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusraportti**”. Muita tarvittavia lähtötietodokumentteja vanhoissa kohteissa ovat tyypillisesti alkuperäiset sekä mahdollisten perus- ja muiden korjausten rakenne-, arkkitehti- ja ilmanvaihtosuunnitelmat, työselostukset ja aiemmin tehtyjen kuntotutkimusten raportit sekä asbesti- ja haitta-ainetutkimusten raportit. Tutkimusten yhteydessä mahdollisesti tehdyistä altistumisolosuhteiden arvioinnista ja terveydellisen merkityksen arvioinnista on hyötyä korjausten kiireellisyyttä pohdittaessa. Uudiskohteiden ongelmien selvittämisessä tarvitaan lisäksi työmaa-aikaisia laadunvarmistusdokumentteja kuten kosteudenhallintasuunnitelmaa ja kosteudenmittauspöytäkirjoja sekä tarvittaessa ilmanvaihdon mittaus- ja säätöpöytäkirjoja.

Yleensä kuntotutkija on hankkinut näitä asiakirjoja jo kuntotutkimussuunnitelman laadintaa varten, mutta mikäli niitä ei ole käytettävissä, korjaussuunnittelijan on pyydettävä niitä tilaajalta tai sovittava niiden hankkimisesta erikseen tilaajan kanssa. Vanhoissa kohteissa alkuperäisten suunnitelmien saaminen voi olla hankalaa eikä tilaajalla ole välttämättä niitä suoraan käytettävissä. Tällöin suunnitelmia voi etsiä esimerkiksi kuntien ja kaupunkien rakennusvalvontojen arkistoista sekä Kansallisarkiston toimipisteistä (entisistä



Kuva 1.1 Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaushankkeen kulku.

maakunta-arkistoista). Suojelluista rakennuksista voi olla käytettävissä hyvinkin perusteellinen rakennushistoriaselvitys.

Kuntotutkimusten tulokset käydään läpi kuntotutkijan ja korjaussuunnittelijan keskinäisessä neuvottelussa korjaussuunnittelun alkuvaiheessa ja tarvittaessa uudelleen suunnittelun aikana. Kuntotutkijan mukanaolo on suositeltavaa myös korjaustöiden aikana (esimerkiksi purkutöiden aikana pidettävissä katselmuksissa).

Korjaussuunnittelija vastaa maankäyttö- ja rakennuslain mukaan siitä, että hänellä on käytettävissään tarvittavat lähtötiedot. Tämän vuoksi suunnittelijan on syytä tarkastella vanhoja suunnitelmia varmistuakseen siitä, että kaikki riskirakenteet on tunnistettu ja kyseiset alueet tutkittu, sekä tehdä esitys mahdollisista lisätutkimustarpeista.

**Korjausvaihtoehtoja tulee tarkastella teknisestä, terveydellisestä, taloudellisesta ja elinkaarinäkökulmasta.**

Suunnittelun alkuvaiheessa määritellään rakennusosittain (rakennuksen ulkopuoliset osat, alapohjat, maanvastaiset seinät, ulkoseinät, välipohjat, märkätilat, väliseinät sekä yläpohjat ja vesikatto) harkittavissa olevat korjausvaihtoehdot. Niitä on tarkasteltava teknisten, taloudellisten ja rakennuksen terveellisyyteen liittyvien näkökulmien (riskien) perusteella ottaen huomioon myös rakennuksen odotettavissa oleva elinkaari. Myös tarkastelu energiatehokkuuden parantamisen ja ilmanvaihtojärjestelmän muutostarpeiden osalta tehdään tarvittaessa. Korjausmenetelmät sekä niihin liittyvät riskit huolellisine ja yleiskielisine pe-

rusteluineen tulee käydä läpi tilaajan (kiinteistön-omistajan) ja yleensä myös kuntotutkijan kanssa.

Mikäli korjauksen lähtökohtana on terveydensuojeluviranomaisen lausunto mahdollisesta terveyshaitasta, tulisi suunnitteluvaiheessa keskustella terveydensuojeluviranomaisen kanssa. Keskustelulla varmistetaan, että korjaustoimenpide kohdistuu todettuun terveyshaittaan ja että viranomaisen saa tarvitsemansa dokumentit terveyshaitan poistumisen arviointia varten.

**Korjaussuunnitelmassa tulee osoittaa, miten haitta tai sen vaikutus poistetaan.**

Korjaussuunnittelijan täytyy korjaussuunnitelmassa osoittaa, että korjaukset kohdistuvat tutkimuksissa havaittuihin ongelmiin. Käytettävistä korjausmenetelmistä laaditaan rakennusosakohdainen yhteenvedo, jossa kuvataan, miten haitta tai sen vaikutus sisäilmaan ja käyttäjiin poistetaan suunniteltujen korjausten avulla. Yhteenvedosta käy ilmi, miten kaikkia tutkimuksissa havaittuja ongelmia ja puutteita on käsitelty korjaussuunnitelmassa. Rakennustekniset korjaukset vaikuttavat useissa tapauksissa rakennuksen taloteknisten järjestelmien toimintaan, minkä vuoksi ainakin ilmanvaihto- ja rakennusautomaatiosuunnittelijoiden tai -asiantuntijoiden mukaantulo hankkeeseen riittävän varhaisessa vaiheessa on tärkeää.

Sen jälkeen, kun käytettävät korjausmenetelmät on päätetty, laaditaan riittävän yksityiskohtaiset korjaussuunnitelmat ja työselostukset, joissa esitetään purettavat, korjattavat ja uusittavat rakenteet sekä korjausmenetelmät ja -materiaalit. Suunnitelmissa on kiinnitettävä erityistä huomiota eri rakennusosien yksityiskohtien esittämiseen. Rakenteiden rakennusfysikaalinen toimivuus selvitetään ja osoitetaan tarvittaessa laskelmien avulla. Selostuksissa annetaan työmaatoteutusta kuten kosteuden sekä pölyn- ja puhtaudenhallintaa ja rakennustöiden laadunvarmistusta koskevia ohjeita.

Työmaa-aikaisella olosuhteiden hallinnalla ja laadunvarmistustoimenpiteillä sekä niiden tulosten dokumentoinnilla on erittäin suuri merkitys korjaustyön onnistumisen kannalta, ja niitä koskevat ohjeet ja vaatimukset on sisällytettävä korjaussuunnitelmaan. Jo suunnitteluvaiheessa on pohdittava, miten korjaustöiden onnistumista ja rakennuksen toimivuutta aiotaan seurata raken-

nuksen käytön aikana. Esimerkiksi rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeeseen liitettäviin paikannuskaavioihin on merkittävä, minkä rakennusosien ja taloteknisten järjestelmien toimintaa suositellaan seurattavaksi säännöllisesti.

**Erittäin vaativissa hankkeissa voidaan käyttää erityismenettelyä.**

Erittäin vaativissa hankkeissa voidaan käyttää erityismenettelyä, vaikka rakennusvalvontaviranomainen ei sitä vaatisi. Tällöin käytetään yleensä ensisijaisesti suunnitelmien ulkopuolista tarkastusta. Erittäin vaativana voidaan pitää hanketta, jossa suunnittelu- tai työnjohtotehtävä on poikkeuksellisen vaativa tai lähellä tätä vaativuustasoa. Erityismenettelyn soveltamista kosteusvaurion korjaustyön suunnittelussa on kuvattu julkaisussa RIL 241-2016 Rakennuksen turvallisuuden ja terveellisyden varmistaminen – erityismenettelyn soveltamisohje.

**Suunnitelmia on varauduttava muuttamaan korjaustyön aikana.**

Varsinkin suurten, monimuotoisten sekä korjaushistorialtaan runsaiden rakennusten korjaushankkeessa on varauduttava rakennustyön aikana paljastuviin yllätyksiin kattavista kuntotutkimuksista huolimatta. Tällaiset tilanteet edellyttävät yleensä lisätutkimuksia sekä korjaussuunnitelmien muuttamista tai täydentämistä, millä on yleensä vaikutusta korjausten aikatauluun sekä tutkimus-, suunnittelu- ja korjauskustannuksiin.

**Korjausten onnistumista voidaan seurata eri tavoin.**

Mikäli kosteus- ja mikrobivauriot ja muut epäpuhtauslähteet on kyetty luotettavasti selvittämään, näiden ongelmakohtien oikein toteutetun korjauksen voidaan olettaa vähentävän tai poistavan rakennuksen sisäilmaongelmia. Purku- ja korjaustöiden aikana on huolellisesti valvottava korjauksen suunnitelmienmukaista toteutusta ja

katselmoitava ne vaiheittain sekä laadittava katselmuksista muistiot tai tilakohtaiset huonekortit. Niihin on liitettävä valokuvia luotettavuuden parantamiseksi. Toteutuksen onnistumista arvioidaan korjaussuunnitelmissa määriteltyjen laadunvarmistustoimenpiteiden avulla.

Korjaustyön jälkeen on nimettävä vastuullinen taho, joka huolehtii asianmukaisista tarkastuksista, huollosta ja uusimisesta määrävälein rakennuksen käytön aikana. **Oikeilla huoltotoimilla varmistetaan rakennuksen toimintakyky ja suunniteltu käyttöikä, vältetään uusia isoja ja kalliita korjauksia sekä ennakoitaan tulevia korjaustarpeita.** Korjausten onnistumisen seurannan työkaluna voidaan käyttää sisäilmastokyselyä, joka on tehty tutkimusten alkuvaiheessa ja tehdään uudelleen korjausten valmistumisen jälkeen. Sisäilmasta tehtäviä mittauksia voidaan käyttää suuntaantavana työkaluna sisäilman laadun parantumisen todentamisessa. On kuitenkin huomattava, etteivät mittaustulokset yksistään luotettavasti todenna tai poissulje sisäilmahaittojen esiintymistä. Mittaukset samoin kuin kyselyt on suositeltavaa tehdä vertailukelpoisuuden vuoksi samana vuodenaikana kuin korjausta edeltäneet selvitykset.

**Tiedottamista käyttäjille ei saa unohtaa korjaushankkeen aikana ja sitä varten on tehtävä suunnitelma.**

Korjaussuunnittelun ja korjaustyön etenemisestä sekä seurantatutkimusten tuloksista on muistettava tiedottaa rakennuksen käyttäjille noudattaen samoja periaatteita kuin tutkimusvaiheessa. Ohjeita ja käytännön esimerkkejä viestinnän hoitamisesta löytyy Työterveyslaitoksen oppaasta *Selätä sisäilmastokiista – viesti viisaasti* (Lahtinen et al., 2010).

1.2

## Lainsäädäntö

Rakennusten sekä asuin- ja työtilojen terveydellisistä oloista, rakennusten suunnittelusta ja niiden rakentamisesta säädetään *maankäyttö- ja rakennuslaissa* (132/1999, MRL), *terveydensuojelulaissa* (763/1994, TSL) ja *työturvallisuuslaissa* (738/2002, TTL) sekä lakien nojalla annetuissa asetuksissa ja näitä selventävissä alemmissa ohjeissa. Suojellun rakennuksen korjaus- ja muutostyössä on otettava

huomioon myös *laki rakennusperinnön suojelemisesta* (498/2010).

Ajantasaiset versiot Suomen lainsäädännöstä ovat luettavissa sähköisessä Finlex-palvelussa ([www.finlex.fi](http://www.finlex.fi)). Lainsäädäntöä selventävät ohjeet ja tausta-aineistot löytyvät ympäristöministeriön sivuilta ([www.ym.fi/rakentamismaaraykset](http://www.ym.fi/rakentamismaaraykset)).

## Maankäyttö- ja rakennuslaki

Rakennusten yleisestä terveellisyydestä, turvallisuudesta ja käyttökelpoisuudesta on säädetty maankäyttö- ja rakennuslain 12 §:ssä (Rakentamisen ohjauksen tavoitteet), 117 §:ssä (Rakentamiselle asetettavat vaatimukset), 117 a–g §:ssä (Olennaiset tekniset vaatimukset) ja 166 §:ssä (Rakennuksen kunnossapito). MRL 166 §:n mukaan rakennus ympäristöineen on pidettävä sellaisessa kunnossa, että se täyttää terveellisyyden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän (yleensä kiinteistönomistajan) huolehtimisvelvollisuudesta on säädetty maankäyttö- ja rakennuslain 119 §:ssä. Sen mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn rakennusluvan mukaisesti.

Korjaus- ja muutostyössä tulee ottaa huomioon rakennuksen ominaisuudet ja erityispiirteet sekä rakennuksen soveltuvuus aiottuun käyttöön. Muutosten johdosta rakennuksen käyttäjien turvallisuus ei saa vaarantua eivätkä heidän terveydelliset olonsa heikentyä. (MRL 117 §)

**Kosteusvaurion korjaustyön luvanvaraisuudesta on neuvoteltava ennakkoon kunnan rakennusvalvontaviranomaisen kanssa.**

Rakennuksen korjaus- ja muutostyötä varten tarvitaan **rakennuslupa**, jos työllä ilmeisesti voi olla vaikutusta rakennuksen käyttäjien turvallisuuteen tai terveydellisiin oloihin (MRL 125 §). Kunnan rakennusvalvontaviranomainen määrittelee rakennusluvan tarpeen, joten tämä asia on syytä käsitellä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa käytävässä ennakkoneuvottelussa. Selkeästi määritettävän ja rajattavan kosteus- ja mikrobivaurion korjaus ei yleensä edellytä rakennuslupaa.

Mikäli lupa tarvitaan, voi rakennusvalvontaviranomainen edellyttää, että rakennuslupahakemukseen liitetään myös pätevän henkilön laatima **selvitys rakennuksen kunnosta** (MRL 131 §). Selvityksen sisällöstä säädetään *ympäristöministeriön asetuksessa rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä* (YMa 216/2015) sekä sitä selventävässä *ympäristöministeriön ohjeessa rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä* (YM3/601/2015). Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden tai muuten sisäilmaongelmaisten rakennusten kuntotutkimusten suunnittelusta, tekemisestä sekä tutkimustulosten analysoinnista ja raportoinnista on kerrottu ympäristöministeriön julkaisemassa Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus-oppaassa.

Maankäyttö- ja rakennuslaissa määritellään rakentamista koskevat **olennaiset tekniset vaatimukset**. Ne koskevat rakenteiden lujuutta ja vakautta, paloturvallisuutta, terveellisyttä, käyttöturvallisuutta, esteettömyyttä, meluntorjuntaa ja ääniolosuhteita, energiatehokkuutta sekä rakennusten käyttö- ja huolto-ohjeen laadintavelvoitetta.

Tarkemmat rakentamista koskevat asetukset ja ympäristöministeriön ohjeet perustelumai-oi- oineen ja muine tausta-aineistoinneen on koottu **Suomen rakentamismääräyskokoelmaan**. Näiden lisäksi rakennusalan järjestöt ja yhdistykset ovat laatineet erilaisia suunnittelua ja rakentamista koskevia ohjeita, joiden yleisesti katsotaan edustavan hyvää rakennustapaa.

Rakentamisen suunnittelussa on oltava suunnitelun kokonaisuudesta ja laadusta vastaava **pääsuunnittelija**. Hänen tehtäviään on tarkennettu vuonna 2015 annetussa *valtioneuvoston asetuksessa maankäyttö- ja rakennusasetuksen muuttamisesta*. Sen mukaan pääsuunnittelijan on yhteistyössä rakennushankkeeseen ryhtyvän kanssa huolehdittava esimerkiksi hankkeen aikataulusta ja suunnitteluajan riittävydestä, suunnittelun lähtötietojen kattavuudesta ja ajantasaisuudesta, suunnitelmien riittävydestä, lupa-asiakirjojen laadinnasta, suunnittelijoiden vastuunjaosta ja yhteistyöstä sekä suunnittelun yhteensovittamisen menettelyistä.

Korjaus- ja muutostyössä pääsuunnittelijan tehtävänä on lisäksi selvittää hankkeen laadun ja laajuuden edellyttämällä tavalla rakennuksen rakennushistoria, rakennuksen ominaispiirteet ja kunto, aiemmin tehdyt tutkimukset, korjaukset ja muutokset sekä rakennustyön aikana rakenteita

avattaessa tai purettaessa ilmi tulevien seikkojen vaikutukset suunnitteluun.

Rakentamisen suunnittelussa on oltava rakennus-suunnitelmasta vastaava **rakennussuunnittelija** sekä tarvittavat **erityissuunnittelijat** (MRL 120 b ja 120 c §). Suunnittelijoiden on huolehdittava, että heillä on käytössään suunnittelussa tarvittavat lähtötiedot ja että suunnitelmat täyttävät rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset.

### **Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelu-tehtävä on erityisalan suunnittelutehtävä.**

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjauksissa tarvittavaa erityissuunnittelijaa kutsutaan **kosteusvaurion korjaustyön suunnittelijaksi**. Tästä erityisalan suunnittelutehtävästä on säädetty *valtioneuvoston asetuksessa rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä* (VNa 214/2015) ja siitä on annettu *ympäristöministeriön ohje rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokista* (YM1/601/2015). Tehtävässä korostuu rakentamisen terveellisyysseikkojen huomioonottaminen, jotta korjausten suunnittelun laatua voidaan parantaa ja sitä kautta varmistaa rakennustyön laatua. **Tässä oppaassa kosteusvaurion korjaustyön suunnittelijasta on käytetty yleisnimeä "korjaussuunnittelija"**.

*Ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta* (YMa 782/2017) mukaan pääsuunnittelijan, rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti huolehdittava rakennuksen suunnittelusta siten, että rakennus käyttötarkoituksensa mukaisesti täyttää sen kosteustekniselle toimivuudelle asetetut olennaiset tekniset vaatimukset. Suunnittelijan on selvitettävä **rakennuksen rakennusaikainen rakentamistapa ja rakenteen kosteustekninen toimivuus**. Lisäksi asetuksessa säädetään, miten rakennuksen korjaus- ja muutostyössä voidaan erilaisissa tapauksissa menetellä rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden suhteen.

**Kosteusvaurion korjaussuunnitelmaan** on sisällyttävä tiedot toimenpiteistä, joilla kosteusvaurion aiheuttama haitta tai sen vaikutus sisäilmaan ja käyttäjiin poistetaan sekä tieto siitä, miten korjattu rakenne toimii sen suunnittelun käyttöiän aikana (YMa 216/2015, 16 §). Korjaus- tai muutostyössä

rakennepiirustuksiin on lisäksi sisällytettävä tieto käyttöön jäävistä rakenteista ja niiden toiminnasta sekä mahdollisista purettavista rakenteista (YMa 216/2015, 11 §).

**Energiatehokkuutta** on parannettava rakennuksen luvanvaraisen korjaus- ja muutostyön tai rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. Energiatehokkuuden parantamisesta säädetään *ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä* (YMa 4/2013).

Maankäyttö- ja rakennuslain 120 d §:n mukaan **suunnittelutehtävät** jaetaan yleensä neljään **vaativuusluokkaan**, jotta voidaan määritellä suunnittelutehtävässä tarvittava suunnittelijan kelpoisuus. Mitä vaativammasta suunnittelutehtävästä on kyse, sitä korkeampaa koulutusta ja pidempää työkokemusta suunnittelussa edellytetään. Yleiset vaativuusluokat ovat vähäinen, tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. **Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävässä ei kuitenkaan ole vähäiseksi määritettäviä suunnittelutehtäviä.** Rakennusvalvontaviranomainen arvioi rakennuksen kunnosta tehtyjen selvitysten perusteella hankkeen suunnittelu- ja työnjohtotehtävien vaativuusluokan.

Rakennusten **suunnittelijoiden kelpoisuusvaatimuksista** (koulutuksesta ja kokemuksesta) säädetään maankäyttö- ja rakennuslain 120 e §:ssä, ja sen mukaan korjaus- tai muutostyön suunnittelijalla tulee olla kokemusta korjausten tai muutostöiden suunnittelutehtävistä. Kelpoisuusvaatimuksia on selvennetty *ympäristöministeriön ohjeessa rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta* (YM2/601/2015). Rakennusvalvontaviranomaisen on arvioitava suunnittelijan kelpoisuus kyseiseen tehtävään (MRL 120 f §).

Rakennusvalvontaviranomainen voi MRL 150 d §:n nojalla edellyttää myös rakennuksen korjaus- ja muutostyössä, että erittäin vaativassa rakennushankkeessa on käytettävä **erityismenettelyä**, jos kohteeseen liittyy erityinen riski siitä, että esimerkiksi terveellisuuden tai rakennusfysikaalisen toimivuuden vaatimuksia ei saavuteta. Erityismenettelynä käytetään yleensä riippumattoman ja pätevän asiantuntijan tekemää erityissuunnitelmiin ja mahdollisesti myös työmaatoteutuksen ulkopuolista tarkastusta (MRL 150 c §).

Rakennuslupaa edellyttävässä rakennustyössä on oltava rakennustyötä johtava **vastaava työn-**

**johtaja.** Jos rakennuslupaa edellyttävä rakennustyö tai osa siitä on vaativa, rakennusvalvontaviranomainen voi määrätä, että rakennustyössä on oltava myös muiden **erityisalojen työnjohtajia** (MRL 122 a §).

**Rakennustyön johtotehtävät** jaetaan samoihin **vaativuusluokkiin** (MRL 122 b §) kuin suunnittelutehtävät, ja työnjohtajan sekä erityisalan työnjohtajan kelpoisuusvaatimuksista säädetään maankäyttö- ja rakennuslain 122 c §:ssä. Näitä on selvennetty *ympäristöministeriön ohjeessa rakentamisen työnjohtotehtävien vaativuusluokista ja rakentamisen työnjohtajien kelpoisuudesta* (YM4/601/2015).

**Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä tarvitaan purku- ja suojaussuunnitelmaa sekä kosteudenhallintaa koskevia selvityksiä ja suunnitelmia.**

**Purku- ja suojaussuunnitelman** sisällöstä säädetään *ympäristöministeriön asetuksessa rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä* (14 §). Suunnitelmassa on esitettävä tiedot purettavista rakennusosista, purkutoimenpiteistä ja niiden aiheuttamien haittojen estämisestä, säilytettävien rakennusosien ja pintojen suojaamisesta sekä toimenpiteistä, joilla korjaustyöalue erotetaan rakennuksen käytössä olevasta osasta ja miten pölyn leviäminen korjaustyöalueelta käytössä olevaan osaan estetään.

**Kosteudenhallintaa koskevien selvitysten ja suunnitelmien** sisällöstä kerrotaan *ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta* (12 ja 13 §) sekä *ympäristöministeriön asetuksessa rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä* (15 §). Suunnitelmissa on esitettävä tieto toimenpiteistä, joilla rakennusaineet ja -tuotteet sekä rakennusosat suojataan sään aiheuttamilta tai työmaan olosuhteista johtuvilta haittavaikutuksilta sekä toimenpiteistä, joilla rakennusaineiden ja -tuotteiden sekä rakennusosien kosteudensuojaus toteutetaan ja rakenteiden kuivuminen varmistetaan.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennustyömaalla pidetään **rakennustyön tarkastusasiakirjaa** (MRL 150 f §). Siihen tehtävät merkinnät muodostavat koko rakennustyön kulun kuvauksen. Tästä on annettu *ympäristöminis-*



teriön ohje rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta (YM5/601/2015).

Rakennushankkeeseen ryhtyvä vastaa siitä, että rakennukselle laaditaan **käyttö- ja huolto-ohje** silloin, kun toimenpide edellyttää rakennuslupaa (MRL 117 i §). Sen tulee sisältää rakennuksen käyttötarkoitus, ominaisuudet sekä rakennusosien ja laitteiden suunniteltu käyttöikä huomioon ottaen tarvittavat tiedot rakennuksen käyttöä ja kunnossapitovelvollisuudesta huolehtimista varten. Käyttö- ja huolto-ohjeen on oltava loppukatselmuksessa riittävässä laajuudessa valmis (MRL 153 §).

## **Terveydensuojelulaki**

Terveydensuojelulain 26 ja 27 §:n mukaan asunnoissa ja muissa oleskelutiloissa sisäilman olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu tilassa oleskelevalle terveyshaittaa. Jos sisäilman olosuhteista voi aiheutua terveyshaittaa asunnossa tai muussa tilassa oleskelevalle, on toimenpiteisiin haitan tai siihen johtaneiden tekijöiden selvittämiseksi, poistamiseksi tai rajoittamiseksi ryhdyttävä viipymättä. Työpaikkojen terveydellisistä vaatimuksista sekä työnantajan vastuusta on säädetty työturvallisuuslaissa.

## **Työturvallisuuslaki**

Työturvallisuuslain (738/2002) nojalla säädetyn valtioneuvoston asetuksen rakennustyön turvallisuudesta (VNa 205/2009) mukaan rakennuttajan (= maankäyttö- ja rakennuslain mukainen rakennushankkeeseen ryhtyvä) on nimettävä jokaiseen rakennushankkeeseen hankkeen vaativuutta vastaava pätevä turvallisuuskoordinaattori. Tämän on huolehdittava asetuksen 5–9 §:issä tarkoitetuista turvallisuutta ja terveellisyyttä koskevista toimenpiteistä.

Rakennuttajan on huolehdittava, että rakennushanketta suunniteltaessa ja valmisteltaessa arkkitehtonisessa, rakennusteknisessä ja teknisten järjestelmien suunnittelussa sekä rakennushankkeen toteuttamisen järjestelyihin liittyvässä suunnittelussa otetaan huomioon rakennustyön toteuttaminen siten, että työ voidaan tehdä turvallisesti ja aiheuttamatta haittaa työntekijöiden terveydelle. Rakennuttajan on suunnittelutoimeksiannossa edellytettävä suunnittelijoilta työturvallisuuden huomioonottamista rakentamisessa. Asbestia si-

sältävien rakennusosien ja rakennusmateriaalien purkamisessa on noudatettava valtioneuvoston asetuksen asbestityön turvallisuudesta (VNa 798/2015).

## **Laki rakennusperinnön suojelemisesta**

Suojeltuja rakennuksia korjattaessa on otettava huomioon niiden erityispiirteet. Rakennussuojelu voidaan toteuttaa kaavoituksen keinoin, *lailla rakennusperinnön suojelemisesta* (498/2010) ja kirkkollisten rakennusten osalta *kirkkolailla* (1054/1993). Rakennusperinnön säilyttämiseksi voidaan suojella rakennuksia, rakennelmia, rakennusryhmiä tai rakennettuja alueita, joilla on merkitystä rakennushistorian, rakennustaiteen, erityisten ympäristöarvojen tai rakennuksen käytön tai siihen liittyvien tapahtumien kannalta.

Kaavan suojelumääräyksissä tai rakennusperintölain mukaisessa suojelupäätöksessä määritellään, mihin osiin tai ominaisuuksiin suojelu rakennuksessa kohdistuu. Sellaisia voivat olla esimerkiksi julkisivut, kiinteä sisustus ja ympäristö. Käytännössä suojelu tarkoittaa, että rakennus ja/tai ympäristö on säilytettävä suojelun edellyttämässä kunnossa ja siinä tehtävät korjaukset ja muutokset on tehtävä kulttuurihistoriallista arvoa vaarantamatta.

Suojelukohteen korjaushankkeen suunnittelua aloitettaessa on erittäin suositeltavaa tarkistaa suojelun sisältö ja vaikutus hankkeessa rakennussuojelun viranomaiselta (kullakin alueella sovitun mukaisesti maakuntamuseo tai Museovirasto). Yleensä viranomaiselta tarvitaan lisäksi lausunto rakennusvalvonnan, elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY), Kirkkohallituksen tai opetus- ja kulttuuriministeriön lupapäätöksen pohjaksi.

1.3

## **Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävän vaatisuusluokat**

Maankäyttö- ja rakennuslain muutoksessa uutena suunnittelualana otettiin mukaan kosteusvaurion korjaustyön suunnittelu. Sitä tarvitaan yleensä rakennuksissa, joissa olevat kosteus- ja mikrobivauriot aiheuttavat tai voivat aiheuttaa terveyshaitan.

**Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävän vaativuusluokka voi olla joko tavanomainen, vaativa tai poikkeuksellisen vaativa.**

Suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisperusteet on esitetty *valtioneuvoston asetuksen rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä* perustelumuiotiossa. Samassa rakennuksessa voi olla eri vaativuusluokkiin kuuluvia suunnittelutehtäviä suunnitteluala- tai rakennusosakohtaisesti.

Suunnittelutehtävä on **tavanomainen**, kun kosteus- ja mikrobivauriot ovat selkeästi määritettäviä ja rajattavia eikä rakennuksen käyttötarkoituksesta tai muusta ominaisuudesta aiheudu suunnittelulle erityisiä vaatimuksia. Tällaisessa tapauksessa vauriot esiintyvät pääosin rakenteiden pinnoilla tai rakenteiden sisäiset vauriot ovat selvästi rajattavalla alueella, ja ne ovat yksinkertaisin menetelmin havaittavia.

Suunnittelutehtävä on **vaativa**, jos suunnittelun kohteessa on laajoja kosteus- tai mikrobivaurioita tai vaurioiden korjaus edellyttää rakenteiden kosteusteknisen toiminnan huomattavaa muuttamista. Tällainen on esimerkiksi laajan kosteusvaurion korjaussuunnittelu, jossa julkisivua ja muita rakenteita sekä lämmöneristeitä on uusittava. Jos kosteusvaurion korjaustyö kohdistuu suojeltuun rakennukseen, mutta se ei vaikuta suojeltuihin ominaispiirteisiin, suunnittelutehtävä kuuluu yleensä vaativaan luokkaan.

Suunnittelutehtävä on **poikkeuksellisen vaativa** seuraavissa tapauksissa:

- Rakennuksessa on laajoja rakenteiden sisäisiä kosteus- tai mikrobivaurioita aikaisemmasta kosteusvaurion korjauksesta huolimatta.
- Rakenteiden kosteustekninen toiminta on varmistettava erityisillä teknisillä järjestelmillä (esimerkiksi alipaineistuksella) tai muilla erityismenetelmillä, kun vaurioituneita materiaaleja ei voida poistaa esimerkiksi rakennussuojelullisista tai muista syistä.
- Rakennuksen käyttötarkoituksesta, sisäilman tavoitetasosta tai ominaisuudesta aiheutuu poikkeuksellisia vaatimuksia (esimerkiksi kosteusvauriokorjaus sairaalassa, jossa edellytetään poikkeuksellista sisäilman puhtautta sekä lämmön ja kosteuden hallintaa).

- Korjattavan rakennuksen rakenteissa on poikkeuksellisen runsaina pitoisuuksina rakennusmateriaaliperäisiä tai rakennuksen käytöstä rakenteisiin kulkeutuneita haitta-aineita, jotka on otettava suunnittelussa huomioon.
- Kosteusvauriokorjaus kohdistuu suojeltuun rakennukseen ja korjaus vaikuttaa suojeltuihin ominaispiirteisiin (esimerkiksi sisätiloiltaan suojellun rakennuksen vaikean kosteusvaurion korjaus, joka edellyttää rakennushistoriallisen tutkimuksen, rakennus- ja rakennesuunnittelun sekä taloteknisen suunnittelun vaativaa yhteensovittamista).

#### 1.4

### **Korjaussuunnittelijan pätevyysvaatimukset**

**Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelijalta edellytetään monipuolista osaamista ja kokemusta sekä yhteistyötä kuntotutkijan kanssa.**

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaus- ja muutostyön suunnittelu vaatii erityisosaamista sekä tiivistä yhteistyötä rakennuksen kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tehneen kuntotutkijan kanssa. Vaurioiden ja sisäilmaa heikentävien puutteiden korjaaminen edellyttää, että korjaussuunnittelija tuntee eri aikakausille ominaiset rakenneratkaisut ja rakennetyypit, talotekniset järjestelmät, rakennusmateriaalit ja riskirakenteet. Suunnittelun lähtötietojen analysoinnissa korostuu korjaussuunnittelijan kyky osata tulkita vanhoja suunnitelmia ja selostuksia. Suunnittelijan tulee lisäksi hallita vanhojen rakenteiden ja rakennusosien rakennusfysikaalinen toiminta erityisesti lämmön- ja kosteudensiirtymismuotojen osalta, jotta hän ymmärtää kosteus- ja mikrobivaurion syntymekanismien ja osaa ottaa sen huomioon suunnitellessaan korjauksia. Oleellista on myös tuntee purku- ja korjaustöissä käytettävät työmenetelmät, niitä koskevat työturvallisuusmääräykset ja laadunvarmistusmenetelmät sekä rakennushankkeen yleinen kulku ja eri osapuolten tehtävät.

Suunnittelijalta edellytetään lisäksi haitta-aineiden ja sisäympäristön mikrobiologisten ja kemiallisten epäpuhtauslähteiden normaalien pi-

toisuuksien sekä niiden mittaus- ja tutkimusmenetelmien tuntemusta, jotta hän kykenee arvioimaan kuntotutkimusraportissa esitettyjä tuloksia ja niiden edellyttämiä toimenpiteitä. Epäpuhtauksien kulkeutumisreittien vaikutuksen ymmärtämiseksi suunnittelijan on tunnettava erityyppisten ilmastovaihtojärjestelmien toimintaperiaatteet sekä ilmastuotoreittien ja rakennuksen painesuhteiden merkitys. Vaikeissa ja moniongelmaisissa kohteissa eri osapuolten välisen yhteistyön ja viestinnän merkitys lisääntyy, ja korjaussuunnittelijan on kyettävä perustelemaan valitsemansa korjausratkaisut sekä rakennuksen omistajalle että tilojen käyttäjille.

***Suunnittelijoiden pätevyudet voidaan todentaa riippumattoman tahon tekemällä pätevyysmenettelyllä.***

Kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaussuunnitelmia laativien henkilöiden koulutustausta ja osaaminen sekä korjaus- ja muutostyön suunnittelutehtävän tyyppin ja vaativuusluokan tulkinta vaihtelevat tällä hetkellä paljon. Viime vuosina suunnittelijoiden koulutusta, osaamistasoa ja pätevyuden todentamisjärjestelmiä on kehitetty ja yhtenäistetty. *Ympäristöministeriön ohjeessa rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta* on määritelty eri vaativuusluokissa edellytettävä tutkinto, opinnot sisältö sekä vaadittava suunnittelukokemus. Vaativassa ja poikkeuksellisen vaativassa suunnittelutehtävässä opintoihin tulee olla sisältynyt

rakennusfysiikan ja rakennetekniikan opintojen lisäksi taloteknisten järjestelmien, sisäympäristöolosuhteiden ja kuntotutkimusmenetelmien opintosuorituksia.

Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelijoiden pätevyysä todentaa FISE Oy, ja se on määritellyt eri aiheiden opinnoille vähimmäisopinnot ja vähimmäisopintopistemäärät sekä suunnittelukokemuksen vähimmäismäärät. Voimassa olevista pätevyyksistä ylläpidetään FISE Oy:n toimesta julkista henkilötietolain mukaista rekisteriä, joka on selattavissa FISE:n verkkosivustolla ([www.fise.fi](http://www.fise.fi)). Pätevyuden voi osoittaa myös hankekohtaisesti henkilön tutkintoon, jatko- ja täydennyskoulutukseen ja kokemukseen perustuen.

***Työkokemus on tärkeä osa pätevyystymistä.***

Käytännön työkokemuksen kerryttäminen on pätevyuden hankkimisessa tärkeää. Työkokemusta tulee hankkia tekemällä korjaussuunnitelmia yhteistyössä kokeneen korjaussuunnittelijan kanssa erityyppisten ja -ikäisten rakennusten korjaus- ja muutostöitä varten. Kokenut suunnittelija toimii suunnittelun alkuvaiheessa korjausmenetelmien valinnasta vastaavana suunnittelijana sekä myöhemmin korjaussuunnitelmien ja -työselostusten tarkastajana. Kosteus- ja mikrobivaurioiden kuntotutkijana hankittu työkokemus on suunnittelijalle hyödyksi varsinkin vanhojen suunnitelmien tarkastelussa ja vaurioiden syiden analysoinnissa.

## 2 Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaussuunnittelu

2.1

### Korjaushankkeen kulku

2.1.1

#### Hankkeen osapuolet

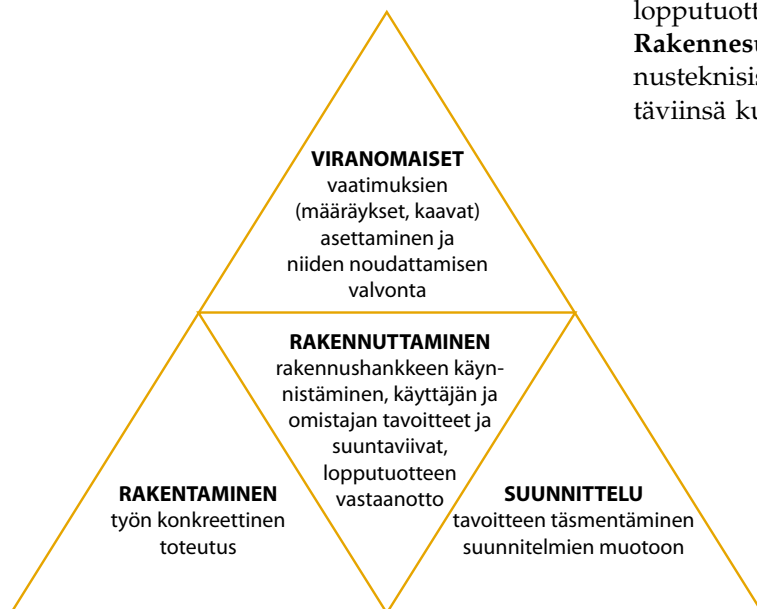
Korjaushankkeeseen kuuluu useita eri osapuolia, ja heidän tehtävänsä voidaan ryhmitellä rakennuttamis-, suunnittelu-, rakentamis- ja viranomaistehäviin.

**Rakennushankkeeseen ryhtyvä** on useimmissa tapauksissa kiinteistönomistaja. Rakennusalan

arkikielessä rakennushankkeeseen ryhtyvistä käytetään nimityksiä rakennuttaja tai tilaaja. **Tilaaja** voi käyttää hänelle kuuluvien tehtävien hoitamisessa apuna erillistä **rakennuttajakonsulttia**.

Rakennushankkeeseen nimetty **pääsuunnittelija** vastaa suunnittelun kokonaisuudesta ja laadusta sekä suunnitteluryhmän työn koordinoinnista. Suunnitteluryhmään kuuluvat rakennussuunnittelija ja erityissuunnittelijat, joita ovat rakennesuunnittelija, talotekniset suunnittelijat (LVI-, sähkö- ja rakennusautomaatiosuunnittelijat) ja myös esimerkiksi geotekninen suunnittelija sekä elinkaarisuunnittelija.

**Rakennussuunnittelijan** (arkkitehdin) tehtävänä on kehittää hankkeen tavoitteiden pohjalta lopputuotteelle arkkitehtoninen kokonaisratkaisu. **Rakennesuunnittelija** vastaa rakennuksen rakennusteknisistä suunnittelutehtävistä, ja hänen tehtäviinsä kuuluu perinteisen rakennesuunnittelun



Kuva 2.1. Korjaushankkeeseen osallistuvien tehtävät hankkeen eri vaiheissa (rakennuttaminen, suunnittelu, rakentaminen ja viranomaisvaatimuksien asettaminen ja niiden noudattamisen valvonta). (RT 10-11222)

ohella toimia myös kosteusvaurion korjaustyön suunnittelijana eli **korjaussuunnittelijana. Lämmitys-, ilmanvaihto-, sähkö-, rakennusautomaatio- sekä vesi- ja viemärijärjestelmien suunnittelu** muodostavat kukin omat suunnittelualueensa. Ne esiintyvät jossakin muodossa ja tapauskohtaisesti myös kosteus- ja mikrobivaurioiden korjauksissa, ja erityisesti ilmanvaihtosuunnittelun merkitys voi olla korjaustyön onnistumisen kannalta huomattava.

Rakennushankkeessa voi olla suunnittelijoiden lisäksi suunnittelun eri osa-alueiden **erityisasiantuntijoita**. Erityistehtäviä ovat esimerkiksi kosteuden- ja puhtaudenhallintatehtävät, palotekniset suunnittelutehtävät, akustiset suunnittelutehtävät sekä sisäilma-asiantuntijan tehtävät. Asiantuntijat voidaan kytkeä rakennushankkeeseen joko erikseen tai sisällyttää heidän tehtävänsä eri suunnittelualojen toimeksiantoihin. Asiantuntijoita voidaan hyödyntää myös rakennuttamistehtävien hoitamisessa ja lisäksi työmaavaiheessa urakoitsijoiden tukena opastamassa esimerkiksi erityistä osaamista vaativien korjausmenetelmien työsuoritusta ja laadunvalvontaa.

**Urakoitsijat** huolehtivat suunnitelma-asiakirjojen mukaisen lopputuotteen eli tässä tapauksessa korjaustyön suorittamisesta hyvän rakennustavan mukaisesti. Rakennushankkeessa toimii pääsääntöisesti useita eri alojen urakoitsijoita, jolloin on tärkeää kiinnittää huomiota urakoitsijoiden välisen urakkarajojen hallintaan.

**Rakennusvalvontaviranomaisen** tehtävä on valvoa rakennustoimintaa yleisen edun näkökulmasta sekä huolehtia osaltaan lakien, säädösten ja määräysten noudattamisesta luvanvaraisessa rakennushankkeessa. Erityistä huomiota kiinnitetään rakennushankkeen osapuolten kelpoisuuteen ja velvollisuuksiin.

**Rakennuksen käyttäjillä** on erityisesti kosteus- ja mikrobivaurioitunutta rakennusta korjattaessa keskeinen rooli, sillä korjaustöiden tavoitteena on parantaa rakennuksen sisäilman laatua ja terveydellisiä oloja. Usein käyttäjät palaavat korjaustöiden jälkeen samaan rakennukseen.

## 2.1.2

### Kokonaisuuden hallinta

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaustyön suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota kokonaisuuden hallintaan. Siinä on tarkasteltava korjausten ja niiden yhteydessä tehtävien muutosten vaikutuksia koko rakennuksen rakennusfysikaaliseen toimivuuteen, vaikka korjaustyö kohdistuu mahdollisesti vain osaan rakennuksesta. Useat rakennuksen eri tiloihin ja rakennusosiin eri aikoina kohdistuvat osakorjaukset saattavat sotkea kokonaisuuden, mikäli ne suunnitellaan ja toteutetaan toisistaan irrallisina.

Kokonaisuuden hallinta edellyttää hankkeen eri osapuolilta paneutumista korjattavan rakennuksen erityispiirteisiin sekä rakennuksen kunnosta ja mahdollisesti historiasta laadittuihin selvityksiin. Nämä toimivat rakennuksen alkuperäisten ja mahdollisissa aiemmissa korjauksissa laadittujen suunnitelmien ja selostusten ohella korjaussuunnittelun keskeisenä lähtötietoaineistona.

Pääsuunnittelijalta edellytetään kykyä ymmärtää, miten tehtävät korjaukset vaikuttavat sisä- ja ulkoarkkitehtuuriin liittyvien näkökohtien lisäksi rakennuksen tekniseen toimivuuteen. Lisäksi hänellä tulee olla valmius osata sovittaa nämä tavoitteet yhteen rakennuksen turvallisuuden ja terveellisuuden varmistamiseksi.

Rakennusosien ja taloteknisten järjestelmien yhteensopivuuden varmistaminen on keskeisessä asemassa tavoiteltaessa sisäilman laadun parantamista. Tämän vuoksi erityissuunnittelijoiden, varsinkin korjaus- ja ilmanvaihtosuunnittelijoiden, on tehtävä tiivistä yhteistyötä esimerkiksi rakennuksen painesuhteisiin vaikuttavien asioiden suunnittelussa.

Kosteus- ja mikrobivaurioitunutta rakennusta korjattaessa on erittäin tärkeää ottaa rakennuksen käyttäjät mukaan heti alusta pitäen onnistuneen lopputuloksen varmistamiseksi. Tällöin he ovat koko ajan tietoisia hankkeen sisällöstä ja etenemisestä, ja heidät voidaan sitouttaa prosessiin sisäilmaryhmytyöskentelyn avulla.

## Tilaaajan tehtävät

Tilaaajan on huolehdittava siitä, että korjaustyö suunnitellaan ja toteutetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten mukaisesti. Hänellä edellytetään olevan riittävät valmiudet hankkeen toteuttamiseen hankkeen vaativuusluokka huomioiden otettuna ja lisäksi hänen edellytetään käyttävän kelpoisuusvaatimukset täyttäviä suunnittelijoita ja työnjohtajia sekä kosteusvauriokorjauksiin perehtyneitä projektinvetäjiä. Tilaaajan on määriteltävä (tarvittaessa kysymällä ennakkoon rakennusvalvontaviranomaisen näkemys) suunnittelu-tehtävien vaativuusluokat (ks. luku 1.3), suunnittelijoiden pätevyysvaatimukset (ks. luku 1.4) sekä erityissuunnittelijoiden ja -asiantuntijoiden tarve ja tehtävät. Rakennuksen kunnon selvittäneen kuntotutkijan tietoja ja asiantuntemusta tarvitaan sekä suunnittelun että työmaatoteutuksen aikana, mikä vuoksi hänelle on varattava korjaushankkeen laajuuden ja vaativuuden edellyttämä työmäärä.

Kosteus- ja mikrobivaurion korjaushanke kuten muutkin talonrakennushankkeet viedään läpi vaiheittain, ja siihen sisältyvät tehtäväkokonaisuudet on määritelty Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelossa HJR18 (RT 10-11284).

**Tilaaajan on määriteltävä suunnittelijoiden ja asiantuntijoiden tehtävät hankkeen alkuvaiheessa.**

Tehtäväluettelon HJR18 mukaan hankkeen varsinaiset suunnittelijat eivät ole mukana vielä hankesuunnitteluvaiheessa, vaan heidät valitaan vasta hankesuunnitelman hyväksymisen jälkeen. Hankesuunnitelmaa laadittaessa on kuitenkin hyvin suositeltavaa käyttää kosteus- ja mikrobivauriokorjauksiin erikoistuneita suunnittelijoita ja hyödyntää heidän asiantuntemustaan korjausmenetelmiä valittaessa ja arvioitaessa niihin liittyviä riskejä ja niiden kustannuksia.

Heti hankkeen alkuvaiheessa tilaaajan on tiedostettava, mitä suunnitelmia ja selostuksia korjaustyön toteuttamiseksi tarvitaan, ja määriteltävä tarjouspyynnöissä yksityiskohtaisesti, kenen vastuulle niiden laadinta kuuluu. Kosteus- ja mikrobivaurion korjaustyössä tarvitaan tavanomaiseen peruskorjaushankkeeseen verrattuna lisäksi

tiettyjä erityissuunnitelmia ja -selostuksia kuten esimerkiksi alipaineistussuunnitelmia, rakennusosien liittymien ilmanpitävyyden parantamista koskevia detaljeja ja korjaustyön onnistumisen seurantasuunnitelmaa sekä työmaan kosteuden- sekä pölyn- ja puhtaudenhallintaa samoin kuin laadunvarmistusta koskevia ohjeita.

Korjaussuunnitelmien sisällölle asetettavat vaatimukset perustuvat Rakennesuunnittelun tehtäväluetteloon RAK18 (RT 103087). Siinä tehtävät on jaoteltu vastaavalle erityissuunnittelijalle kaikissa hankkeissa kuuluviin perustehtäviin, korjaushankkeisiin sisältyviin tehtäviin ja erikseen tilattaviin tehtäviin. Erikseen tilattavat tehtävät on sovittava aina hankekohtaisesti. On huomattava, että eri suunnittelualojen tehtäväluetteloissa ei ole käsitelty kaikkia kosteus- ja mikrobivaurion korjaustyössä tarvittavia suunnitelmia ja selostuksia, joten tilaaajan on kiinnitettävä erityistä huomiota suunnittelu- ja asiantuntijatehtävien sisältöön tarjouspyyntöjä laatiessaan.

## Korjaushankkeen vaiheet

Laaja kosteus- ja mikrobivaurion korjaustyö tai peruskorjaushanke käynnistyy yleensä **hankesuunnittelulla**, mutta paikallisten, pienialaisten ja korjausmenetelmiltään yksinkertaisten vaurioiden korjaamisessa voidaan siirtyä suoraan toteutus-suunnitteluun. Tällöin hankkeeseen osallistuvien suunnittelijoiden ja asiantuntijoiden sekä tarvittavien suunnitelma-asiakirjojen määrä on luonnollisesti pienempi kuin peruskorjauksessa tai laajassa kosteus- ja mikrobivaurion korjaustyössä.

Rakennuksen kunnon selvittämisen eli esimerkiksi sen kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tekemisen katsotaan sisältyvän hankesuunnitteluvaiheeseen. Suojelukohteissa on tehtävä rakennushistoriaselvitys. Hankesuunnittelussa määritellään kosteus- ja mikrobivaurioiden edellyttämät rakennusosakohtaiset korjaustoimenpiteet ja korjausasteet (katso luku 3.3.2 Vaurioiden rakennusmateriaalien poistaminen) vertailemalla eri vaihtoehtoja. Lisäksi määritellään energiatehokkuuden tavoitteet, sisäilmastoa, kosteudenhallintaa sekä pölyn- ja puhtaudenhallintaa koskevat laatutavoitteet sekä otetaan huomioon rakennuksen suojelua koskevien määräysten vaikutus. Tätä prosessia on käsitelty tarkemmin tämän oppaan luvussa 4 Laadunvarmistusmenetelmät.

Lisäksi tässä vaiheessa on hyvä suunnitella projektin tiedottaminen ja viestintä, sillä vaikeimmissa sisäilmaongelmista kärsivissä kohteissa onnistuneen tiedottamisen merkitystä ei voida liiaksi korostaa.

Hankesuunnitelman hyväksymisen jälkeen siirrytään **ehdotus- ja yleissuunnitteluun**. Tästä vaiheesta käytettiin aiemmin nimitystä luonnos-suunnittelu. Yleissuunnittelun tuloksena syntyvät rakennusluvan hakemista varten tarvittavat suunnitelmat ja selvitykset sekä päätökset rakennusosakohtaisesti käytettävistä korjausmenetelmistä perusteluineen.

**Toteutussuunnittelussa** yleissuunnitelma kehitetään rakentamisen edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja materiaalien määrittelyiksi. **Rakentamisen valmistelussa** määritellään rakennustöiden toteutusta koskevat vaatimukset ja laadunvarmistusmenetelmät esimerkiksi kosteudenhallinnan, puhtaudenhallinnan ja ilmatäiviyyden osalta. Näiden kahden vaiheen aikana on tärkeää huolehtia, että suunnittelun tuloksena syntyvät asetettujen tavoitteiden mukaiset sekä teknisesti, toiminnallisesti, taloudellisesti, arkkitehtonisesti ja muilta vaatimuksiltaan hyväksytyt suunnitelmat. Mikäli korjausurakoitsija on valittu jo suunnitteluvaiheen aikana, urakoitsijan näkemys suunnitteluratkaisujen toteutettavuudesta on hyvä ottaa huomioon. Suunnittelun ohjaus ja pääsuunnittelijan johdolla tehtävä suunnitelmien yhteensovitus ovat tässä vaiheessa erittäin tärkeitä, jotta suunnitelmat ovat ristiriidattomat työmaatoteutusta varten. Rakennuksen terveellisyysvarmistamisessa voidaan käyttää tukena rakennusterveysasiantuntijaa tai rakennusten terveellisyysseuran syventynyttä korjaussuunnittelijaa.

**Rakentamisessa** huolehditaan suunnitelmien mukaisesta toteutuksesta ja varmistetaan tavoitteet täyttävä lopputulos sekä tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet. Kattavista kosteus- ja sisäilmateknisistä kunto- ja haitta-ainetutkimuksista sekä huolellisesta suunnittelusta huolimatta on varauduttava siihen, että suunnitelmia joudutaan täydentämään

ja muuttamaan purku- ja korjaustöiden aikana paljastuvien tietojen perusteella. Rakentamisen aikana on huolehdittava rakennustyön valvonnasta, työn tarkastamisesta ja sen lopputuloksen todentamisesta sekä rakennustuotteiden kelpoisuuden varmistamisesta. Korjausrakentamisessa on tarpeen ja perusteltua käyttää kuntotutkijan ja korjaussuunnittelijan asiantuntemusta esimerkiksi katselmoitaessa rakenteita purkutöiden yhteydessä sekä normaalin työmaavalvonnan tukena, ja heidät on suositeltavaa pyytää mukaan työmaakokouksiin ja urakoitsijapalaveriin. Tarvittavista käyttö- ja ylläpitovalmiuksista huolehditaan rakennukselle laadittavan käyttö- ja huolto-ohjeen sekä korjaustöiden seurantasuunnitelman avulla.

**Vastaanotossa** tarkistetaan, että korjaustyö on tehty suunnitelmien mukaisesti ja että rakennus toimii korjaustöiden jälkeen suunnitellulla tavalla. Lisäksi huolehditaan, että urakoitsijoiden luovutusasiakirjat (esimerkiksi laadunvarmistusdokumentit), rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje sekä korjaustöiden seurantasuunnitelma on tehty asianmukaisesti. Rakennusvalvontaviranomainen hyväksyy rakennuksen loppukatselmuksessa käyttöön otettavaksi.

Varsinaiset rakennustyöt päättyvät **käyttöön-ottoon**, jossa varmistetaan järjestelmien toiminta ja annetaan käytön opastus.

**Takuuaikana** ja myös sen jälkeen seurataan rakennuksen toimivuutta, tehdään taloteknisiin järjestelmiin takuuajan säädöt, pidetään tarvittavat tarkastukset ja korjataan mahdolliset puutteet. Kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaushankkeissa toimivuuden ja sisäilman laadun seuranta jatetaan yleensä myös takuuajan jälkeisenä aikana, ja siihen osallistuvat yleensä myös kiinteistönhoidon edustajat.

Kuvassa 2.2 on esitetty keskeisimmät korjaushankkeen eri vaiheissa korjaussuunnittelijalle sekä tilaajalle ja erilliselle sisäilma-asiantuntijalle kooluvat tehtävät.

Tilajan tehtävät	<b>Korjaussuunnittelun tilaaminen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Suunnittelu tehtävän sisältö</li> <li>· Suunnittelu tehtävän vaativuusluokka</li> <li>· Tarjouspyynnöt ja tarjoukset</li> </ul>
Korjaussuunnittelijan tehtävät	<b>Hanke- ja yleissuunnittelu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Lähtötietojen riittävyyden tarkastelu</li> <li>· Mahdollisten jatkotutkimusten määrittely</li> <li>· Rakennuskohtainen yhteenvedo korjaustavoista</li> </ul>
	<b>Toteutussuunnittelu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Purku- ja korjaussuunnitelmat sekä työselostukset</li> <li>· Työmaan olosuohdehallintaa koskevat vaatimukset</li> <li>· Korjaustöiden laadunvarmistusta koskevat vaatimukset</li> </ul>
	<b>Korjaustöiden toteutus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Työvaiheiden katselmukset</li> <li>· Korjaussuunnitelmien tarkentaminen ja täydentäminen</li> <li>· Seurantasuunnitelman laadinta</li> </ul>
	<b>Vastaanotto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Huoltokirjatietojen täydentäminen</li> <li>· Loppudokumenttien laadinta</li> </ul>
Sisäilma-asiantuntijan tehtävät	<b>Käyttö</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Seurantamittaukset</li> <li>· Käyttäjäkyselyt</li> </ul>

Kuva 2.2. Korjaushankkeen eri vaiheissa korjaussuunnittelijalle sekä tilaajalle ja erilliselle sisäilma-asiantuntijalle kuuluvat tehtävät.

## 2.2.

### Korjaussuunnitelmat

#### 2.2.1

#### Yleissuunnitelmat

Rakennuksen kuntotutkimuksen tekemisen ja tulosten raportoinnin jälkeen korjaushankkeen seuraava vaihe on korjaussuunnittelu. Korjaussuunnittelussa on oleellista, että kuntotutkimukseen liittyvät asiakirjat on toimitettu korjaussuunnittelijalle jo suunnittelun käynnistämävaiheessa. Korjaustyön onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi on erityisen tärkeää, että korjaussuunnittelija ja kuntotutkija tekevät kiinteää yhteistyötä sekä suunnittelun että työmaatoteutuksen aikana.

**Korjaussuunnittelijan on varmistuttava lähtötietojen riittävästä ja esitettävä tarvittaessa lisätutkimusten tekemistä.**

Korjaussuunnittelijan ensimmäinen tehtävä on perehtyä kosteus- ja sisäilmatekniseen kuntotutkimusraporttiin, mahdolliseen rakennushistoriaselvitykseen ja kohteesta käytettävissä oleviin suunnitelma-asiakirjoihin sekä luoda käsitys kohteen rakenneratkaisuista, niiden rakennusfysikaalisesta toimivuudesta ja tarvittavista korjauksista.

Korjaussuunnittelun lähtötietona toimivassa tutkimusraportissa on esitettävä selkeästi toimenpiteitä vaativat poikkeamat ja vauriot, niiden sijainti, laajuus ja syyt. Lisäksi raportissa on arvioitava sitä, voivatko käyttäjät puutteiden ja vaurioiden takia altistua poikkeaville pitoisuuksille rakenteista, ilmanvaihtojärjestelmästä ja pintamateriaaleista peräisin oleville epäpuhtauksille. Suositeltavaa on myös arvioida altisteen voimakkuuden ja keston perusteella, kuinka merkittävää altistuminen voi olla. Kohteen tutkimukset on tehtävä sillä laajuudella ja tarkkuudella, että toimenpide-ehdotuksissa ei enää ole suositeltu jatkotutkimuksia, vaan niissä on esitetty toimenpiteet haitan poistamiseksi. Raportissa on esitettävä pääpiirteittäin vaihtoehtoiset korjaustavat mahdollisuuksien mukaan tärkeys- ja kiireellisyysjärjestyksessä sekä materiaalisuositukset.

**Korjaussuunnittelijan ja kuntotutkijan on tarkasteltava yhdessä rakennuksen vauriot ja korjaustarpeet käymällä myös kohteessa.**



Lähtötietoaineistoon perehtymisen jälkeen pidettävässä kokouksessa korjaussuunnittelija ja kuntotutkija käyvät läpi korjausta vaativien vaurioiden syyt, rakennusosakohtaiset korjausmenetelmät mahdollisine vaihtoehtoisine ratkaisuineen, rakennusosien kriittiset liittymädetaljit sekä korjaustyön onnistumisen kannalta olennaiset laadunvarmistustoimenpiteet. Laajoissa ja vaativissa kohteissa kokouksia on syytä järjestää useampia kuin yksi tiedonsiirron varmistamiseksi.

Kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaustyöt kohdistuvat suurimmaksi osaksi rakennuksen vaipan rakenteisiin sekä välipohjiin ja väliseiniin. Korjaukset eivät yleensä edellytä perustus- ja runkorakenteisiin tehtäviä muutoksia mahdollisia välipohjakorjauksia lukuun ottamatta. Puurunkoisissa rakennuksissa on kuitenkin lisäksi tarkastettava mahdollisten laho- ja mikrobivaurioiden vaikutus rakenteiden kantavuuteen ja korjauslaajuuteen.

Korjaussuunnittelussa on myös otettava huomioon, toteutetaanko kohteessa samanaikaisesti taloteknisten järjestelmien korjauksia, sillä niiden edellyttämät purku- ja rakennustyöt sekä niiden asennusten vaatimat liitokset ja kiinnitykset rakenteisiin vaikuttavat rakennusteknisiin korjauksiin. Lisäksi on varmistettava, että taloteknisten järjestelmien asennukset tehdään siten, ettei niistä aiheudu vaaraa rakenteiden toimivuudelle ja ääneneristävyydelle esimerkiksi heikentämällä jonkin rakennusosan tiiviyyttä. On myös syytä ottaa huomioon palo-osastointia ja poistumisteitä koskevat vaatimukset ja suunnitella niiden tarvittavat korjaukset, sillä vanhojen rakennusten palo-osastoinnissa ja poistumistiejärjestelyissä saattaa esiintyä huomattaviakin puutteita.

**Korjaushankkeissa tarvitaan yleensä myös ilmanvaihto- ja rakennusautomaatio-suunnittelijoita.**

Rakennustekniset korjaukset parantavat yleensä huomattavasti rakennuksen vaipan ilmanpitävyyttä, minkä vaikutus rakennuksen ilmanvaihtoon on otettava huomioon. Ilmanvaihtojärjestelmään tehtävät muutokset on suunniteltava ja järjestelmä säädettävä siten, että sisätilat ovat mahdollisimman tasapaineisia ulkoilmaan verrattuna ja painesuhteet pysyvät hallittuina ilmanvaihdon kaikilla eri käyttöasetuksilla. Näiden tehtävien

hoitaminen edellyttää ilmanvaihto- ja rakennusautomaatio-suunnittelijoiden käyttämistä. Korjaussuunnittelijan ja ilmanvaihtosuunnittelijan yhteistyötä tarvitaan myös suunniteltaessa rakenteisiin niiden rakennusfysikaalisen toimivuuden varmistamiseksi tarvittavia koneellisia tuuletus- ja alipaineistusjärjestelmiä.

**Korjaussuunnittelija tekee rakennusosakohtaisen yhteenvedon korjausmenetelmistä ja niiden vaikuttavuudesta.**

Korjaussuunnittelijan on tehtävä **rakennusosakohtainen yhteenvedo käytettävistä korjausvaihtoehdoista käyttöikineen ja niihin sisältyvine riskeineen** sekä osoitettava sen avulla, että korjaukset kohdistuvat tutkimuksissa havaittuihin ongelmiin ja miten ongelmat poistetaan korjausten avulla. Yhteenvedon tueksi suositellaan laadittavaksi piirustukset keskeisimmistä rakennetyypeistä ja kriittisimmistä rakennusosien liittymistä sekä selvitys ilmanvaihtojärjestelmään tehtävistä muutoksista. Yhteenvedo toimii jo rakennuslupaa haettaessa dokumenttina siitä, miten kosteus- ja mikrobivaurion aiheuttama haitta tai sen vaikutus sisäilmaan ja käyttöjiin poistetaan sekä miten korjattu rakenne tai järjestelmä toimii sen suunnittelun käyttöänsä aikana.

Yhteenvedo toimii toteutussuunnittelun lähtötietona, ja sen perusteella voidaan alustavasti arvioida korjauskustannuksia, korjaustyön kestoa sekä mahdollisia väistötilatarpeita. Se on hyväksyttävä tilaajalla ennen toteutussuunnittelun käynnistämistä, mutta sitä joudutaan yleensä täydentämään toteutussuunnittelun aikana suunnitteluratkaisujen tarkentuessa.

**Erityisen vaativissa korjauskohteissa on suositeltavaa laatia rakennusfysikaalinen ja rakennuksen terveellisuuden riskiarvio ja riskianalyysi.**

Korjaussuunnittelijan tekemä yhteenvedo voi, mikäli korjaussuunnittelija on syventynyt rakennusten terveellisyteen, toimia erityisen vaativissa kohteissa yleensä laadittavina rakennusfysikaalisena ja myös rakennuksen terveellisyysriski-

arviona ja riskianalyysinä. Muussa tapauksessa terveellisyysriskiarvion ja riskianalyysin laadinnasta vastaa erillinen rakennusterveysasiantuntija, jolla tulee olla vahva rakennusfysiikan sekä kosteus- ja mikrobivauriokorjausten osaaminen. Arvioinnissa hyödynnetään tutkimusvaiheessa tehtyjä altistumisolosuhteiden arviointia ja terveydellisen merkityksen arviointia erityisesti tarkasteltaessa terveydelle haitallisten olosuhteiden poistamismahdollisuuksia. Työterveyslaitoksen julkaisussa *Tilaaajan ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen* (Lappalainen, S., Tähtinen, K., 2016) on kuvaus altistumisolosuhteiden arviointiprosessista. Terveydellisen merkityksen arvioinnin tekee sisäilmastoasioihin perehtynyt työterveyslääkäri (terveydensuojelulain alaisissa kohteissa yhdessä terveydensuojeluviranomaisen kanssa).

Riskiarviossa arvioidaan vähintään (soveltaen RIL 241-2016):

- rakennusfysikaalisten kuormien suuruus ja vaativuus (kosteus, lämpö, melu jne.)
- rakennuksen terveellisyteen liittyvät olosuhteet ja niihin vaikuttavat tekijät (fysikaaliset, kemialliset tai biologiset rasitukset ja mahdolliset muut sisäilmaston haittatekijät)
- tilojen sisäilmavaatimukset
- korjaushankkeen suunnittelun ja toteutuksen vaativuus ja niihin liittyvän vahingon todennäköisyys
- vahinkoseuraamukset ja niiden suuruusluokka
- rakennuksen käytön ja ylläpidon vaativuus
- erityismenettelyn tarve ja sisältö.

Riskianalyysin tehtävänä on tarkentaa riskiarviossa esiin tulleita rakennuksen terveellisyteen vaikuttavia olosuhderiskejä ja esittää tapoja, miten niitä hallitaan. Lisäksi on varmistettava, että kuntotutkimuksessa havaitut asiat on otettu huomioon korjaussuunnitelmissa riittävässä laajuudessa. Rakennuksen terveellisyysriskianalyysi on osittain jatke rakennusfysikaaliselle riskianalyysille, jossa kosteustekniset ja sisäilman laatuun vaikuttavat tekniset ratkaisut on käsitelty. Terveellisuuden riskianalyysissä käsitellään laajemmin sisäilman laatuun ja tilojen terveellisyteen vaikuttavia riskikohteita kuten materiaalien tai rakenteiden sisältämiä epäpuhtauksia, materiaalien päästöjä ja työmaa-aikaisia puhtaudenhallintatoimenpiteitä.

**Erityismenettelynä käytetään tyypillisesti suunnitelmien ulkopuolista tarkastusta.**

Suunnitelmien ulkopuolisen tarkastuksen tehtävänä on varmistaa rakennuksen terveellisuuden ja rakennusfysikaalisen toimivuuden kannalta, että laaditut suunnitelmat ovat hankkeen vaativuuteen nähden riittävän kattavia eivätkä ne sisällä puutteita tai virheitä. Ulkopuolisen tarkastuksen yleisiä periaatteita, vaiheistusta ja sisältöä on käsitelty tarkemmin julkaisussa *Erityismenettelyn soveltaminen – rakennuksen turvallisuus, terveellisyys ja kulttuurihistorialliset arvot* (RIL 241-2016).

## 2.2.2

### Toteutussuunnitelmat

Korjaussuunnitelmissa esitetään purettavat, korjattavat ja uusittavat rakenteet sekä korjaustyömenetelmät ja korjauksissa käytettävät materiaalit. Suunnitelmissa on kiinnitettävä erityistä huomiota eri rakennusosien liittymien yksityiskohtaiseen esittämiseen. Piirustuksissa on tärkeää osoittaa selkeästi, mitkä ovat jääviä, alkuperäisiä rakenteita ja materiaaleja sekä mitkä ovat uusia rakenteita ja materiaaleja. Lisäksi suunnittelijan on huolellisesti mietittävä suunnitelmissa esitettyjen ratkaisujen toteutuskelpoisuutta eli sitä, miten korjaustyöt työmaalla käytännössä tehdään.

Rakenteiden kosteus- ja lämpötekniinen toimivuus osoitetaan tarvittaessa (esimerkiksi poikkeuksellisen vaativissa kohteissa tai käytettäessä rakenneratkaisuja, joista ei ole aiempaa kokemusta) rakennusfysikaalisten laskelmien avulla. Niiden avulla varmistetaan rakennusosien rakennusfysikaalisesta kokonaistoimivuudesta.

**Korjaushankkeissa ei voida välttyä yllätyksiltä.**

Kaikkien, mutta erityisesti laajojen, monimuotoisten sekä muutos- ja korjaushistorialtaan moninaisten rakennusten korjaushankkeissa on varauduttava purkutöiden aikana paljastuviin yllätyksiin, vaikka kohteeseen on tehty kattavat kuntotutkimukset. Tällaiset korjaushankkeelle tunnusomaiset tilanteet edellyttävät kuntotutkijan ja korjaussuun-

nittelijan tekemiä työmaakatselmuksia erityisesti purkutöiden aikana, lisätutkimuksia sekä korjaussuunnitelmien muuttamista tai täydentämistä, mihin on varauduttava niin tutkimus- ja suunnitteluressursseissa kuin työmaan aikataulussa.

Korjaussuunnitelmien sisällöstä annetaan ohjeita RT-kortissa 103087 Rakennesuunnittelun tehtävälueetelo RAK18. Suunnitelma-asiakirjat voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- rakennetyypit (yleensä mittakaavassa 1:10)
- kerroskohtaiset tasojen mittapiirustukset tai paikannuskaaviot (yleensä mittakaavassa 1:50)
- rakenneleikkaukset (yleensä mittakaavassa 1:20)
- detailjiirustukset (yleensä mittakaavassa 1:5 tai 1:10, tapauskohtaisesti 1:2 tai jopa 1:1)
- työselostukset.

## Purkusuunnitelmat

Korjaushankkeessa joudutaan aina purkamaan olemassa olevia pintamateriaaleja ja rakenteita sekä yleensä myös taloteknisiä järjestelmiä, minkä vuoksi korjaussuunnittelijan on määriteltävä purettavien rakenteiden laajuus, laadittava purkuun liittyvät mahdolliset alustavat tuentasuunnitelmat sekä annettava purkutöiden työturvallisuutta ja työmenetelmien valintaa koskevat ohjeet.

**Korjaushankkeessa on aina laadittava purkamista koskevat selostukset ja suunnitelmat.**

Laadittavat suunnitelmat ja selostukset ovat (muokailen RT 103087)

- alustavat purkusuunnitelmat (rakennetyypit; tasokaaviot, joissa esitetään purettavien ja säilytettävien rakenteiden laajuus; yleisleikkaukset purettavista rakenteista; rajapintojen liittymädetaljit)
- purkuihin liittyvät mahdollisesti tarvittavat rakenteiden tuentasuunnitelmat tarvittavine detailjeineen (esimerkiksi ulkoseinän puurungon tuenta valesokkelirakennetta korjattaessa)
- purkutyöselostus.

**Purkutyötä varten laadittavissa rakennetyypeissä esitetään, mitkä rakennekerrokset ja -materiaalit**

kustakin rakennusosasta puretaan ja mitkä säilytetään. Rakennetyypeistä on ilmevä rakennekerrosten paksuudet ja niissä on suositeltavaa mainita varmuuden vuoksi, mitkä materiaalit sisältävät haitta-ainetutkimuksen perusteella haitta-aineita.

Purettavien rakennusosien suunnitelmien laadinnassa hyödynnetään vanhojen suunnitelmien ohella rakennuksesta tehdyn kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tuloksia. On huomattava, että rakennetyypikaavioiden laadinta ei välttämättä sisälly kuntotutkijan tehtäviin, ellei sitä ole erikseen tilattu. Tällöin suunnittelija laatii myös vanhojen rakenteiden rakennetyypit.

**Purkutyöselostus** on yleiskuvaus purkutyöstä, ja sen avulla purku-urakoitsija voi suunnitella purkutyön omaan kalustoonsa ja kokemukseensa soveltuvin menetelmin. Purkutyöselostus sisältää edellä mainittujen alustavien purku- ja tuentasuunnitelmien lisäksi yleensä vähintään seuraavat tiedot ja asiakirjat (soveltaen RunkoRYL 2010, KorjausRYL 2016):

- kohdetiedot
- vanhat suunnitelmat
- rakennuksen kunnosta tehdyt selvitykset (rakenneselvitykset, kosteus- ja sisäilmatekniset kuntotutkimukset, selvitykset maaperän piilautuneisuudesta, haitta-ainetutkimukset)
- selvitykset rakennuksen tai rakenteiden jäykistyksestä ja vakavuudesta sekä rakenteiden sallituista hyötykuormista
- purkujärjestystä ja purkujätteen poiskuljetusta koskevat ohjeet
- sallitut työkoneiden painot ja muut rasitukset sekä selvityksen sallitusta purkujätteen pudotamisesta ja varastoinnista kantavien rakenteiden päälle
- ohjeet purkumenetelmien ja jäävien pintojen suojauksesta, mikrobivaurioituneiden pintojen puhdistusmenetelmien valinnasta sekä pölyntorjunnasta (ks. tämän oppaan luvut 3.1.6 ja 3.1.7)
- ympäröivien rakennusten ja rakenteiden, mukaan lukien piha- ja katualueiden, suojaus
- ympäröivien alueiden, mukaan lukien vesikatujen, sade- ja pintavesien ohjaus.

Korjaussuunnittelijan laatiman purkutyöselostuksen ja purkutyökohteeseen tutustumisen perusteella purku-urakoitsija laatii yksityiskohtaisemman purkamisen toteutussuunnitelman eli purkutyö-

suunnitelman. Se on hyväksyttävä tilaajan edustajalla ja tarvittaessa viranomaisilla. Korjaussuunnittelijan on tarkastettava purkutyösuunnitelma niin, että varmistutaan rakenteellisen kokonaisuuden toteutumisesta.

## Rakennetyypit

Korjaustyötä varten tehtävät rakennetyypit sisältävät jäävien rakennekerrosten lisäksi uudet rakennekerrokset yksityiskohtaisine materiaalitietoineen. Työnsuoritusta ja työturvallisuutta koskevat yksityiskohtaiset ohjeet pyritään yleensä esittämään erillisissä työselostuksissa.

## Paikannuskaaviot

Korjaustyötä varten tehtävissä mittapiirustuksissa tai paikannuskaavioissa esitetään jäävien ja uusien rakennusosien rakennetyyppien sekä lisäksi rakenneleikkausten ja detaljipiirustusten sijaintimerkinnot.

Rakennusta ympäröivän maanpinnan korkeus-asetat ja kallistukset esitetään pinnantasaussuunnitelmassa ja rakennuksen salaojitus salaojasuunnitelmassa. Niiden laadinta voi kuulua myös piha-, pohjarakennus- tai LVI-suunnittelijalle. Eri suunnittelualojen suunnitelmien yhteensovittamisesta on huolehdittava.

## Rakenneleikkaukset

Rakenneleikkauksissa esitetään eri rakennusosiin liittyvät lämmön-, veden- ja kosteudeneristykset sekä ilman- ja höyrynsulut liitoksineen, saumoinneen sekä läpivientikohtineen. Lisäksi niissä näytetään rakennusosien tuuletusjärjestelyt, miten veden ja kosteuden tunkeutuminen rakenteiden sisään estetään sekä miten ulkoverhouksen taakse tunkeutunut vesi ja kosteus pääsevät poistumaan rakenteita vahingoittamatta.

## Detaljipiirustukset

Rakennusosien liitosten, saumojen ja läpivientikohtien luotettavan toteutuksen varmistamiseksi sekä suunnitelmien luottavuuden ja ymmärrettävyyden parantamiseksi niistä on tehtävä rakenneleikkauksia täydentävät yksityiskohtaiset detaljipiirustukset. Korjaussuunnittelija laatii ne yhteistyössä rakennussuunnittelijan (arkkitehdin) kans-

sa, jotta niissä esitetyt ratkaisut täyttävät teknisten vaatimusten lisäksi rakennuksen arkkitehtuurille asetetut tavoitteet. Perinteisten pystysuuntaisten detailien tueksi on tapauskohtaisesti piirrettävä myös vaakasuuntaiset detailit esimerkiksi ikkunoiden ja ulkoseinän liittymistä. Suunnittelussa voidaan hyödyntää esimerkiksi Kuivaketju10-toimintamalliin ([www.kuivaketju10.fi](http://www.kuivaketju10.fi)) sisältyvää Suunnittelijan tarkistuslistaa, joka tarjoaa vähimmäistason suunnitelmassa esitettävälle asioille.

***Yksityiskohtien suunnittelu on korjaushankkeissa erityisen tärkeää.***

**Alapohjien** osalta keskeisintä on osoittaa rakenteen lämpö- ja kosteustekninen toimivuus sekä miten vältetään maaperässä olevien epäpuhtauksien ja radonin siirtyminen sisäilmaan. Ryömintätilaisissa alapohjissa on kiinnitettävä huomiota myös ryömintätilan tuulettumiseen. Detaljipiirustuksia on suositeltavaa laatia vähintään seuraavista kohdista:

- alapohjan sekä ulko- ja maanvastaisten seinien liittymät
- alapohjan ja kantavien pystyrakenteiden (pilareiden ja väliseinien) liittymät
- alapohjan ja ei-kantavien väliseinien liittymät
- alapohjan työ- ja kutistumissaumat, liikunta- saumat sekä läpivientikohdat (esimerkiksi johdot, putket ja kaivot).

**Välipohjarakenteisiin** mahdollisesti jäävien epäpuhtauksien sisäilmaan pääsyn estämisen osoittamiseksi tehdään vähintään seuraavat detaljipiirustukset (erityisesti kerroksellisten ja täytettä sekä mineraalikulitlähteitä sisältävien välipohjien kohdalla):

- välipohjan sekä ulko- ja maanvastaisten seinien liittymät
- välipohjan sekä kantavien pystyrakenteiden ja ei-kantavien väliseinien liittymät
- välipohjan liikuntasauamat sekä läpivientikohdat (esimerkiksi johdot, putket ja kaivot).

**Ulkoseinissä** on tärkeintä huolehtia rakenteen tuulettavuudesta sekä siitä, että viistosateen ja tuis- kulumen haitallinen tunkeutuminen rakennuksen ulkopuolelta rakenteiden sisään on estetty. Lisäksi

on varmistettava, että kosteutta ei kulkeudu sisäilman vesihöyryn diffuusion tai konvektion vuoksi haitallisessa määrin rakenteiden sisään ja että rakenteissa olevat epäpuhtaudet eivät siirry sisäilmaan. Keskeisimpiä detaljeja ovat:

- ulkoseinän ala- ja yläpää sekä ulkoverhouksen epäjatkuvuuskohdat ja liittymät (räystään suoja- ja myrskypellit, julkisivua vasten olevien kermien ja peltien ylösnostot, tuuletusjärjestelyt, ulkoverhouksen taakse tunkeutuneen veden poisto)
- ikkunoiden, ovien ja läpivientien liittyminen ympäröiviin rakenteisiin (ikkunapellitykset, saumaukset, tuuletusjärjestelyt, tuulensuojakerroksen liittymät, ulkoverhouksen taakse tunkeutuneen veden poisto); näistä tarvitaan sekä vaaka- että pystysuuntainen detaljipiirustus
- ulkoseinään liittyvien katosten, parvekkeiden, syöksytorvien ja taloteknisten laitteiden liittymät
- ulkoseinän ja yläpohjan liittymät (mukaan lukien ulkoseinän ilman- ja höyrynsulun liittyminen rakenteen läpimenevään yläpohjakannattaan)
- ulkoseinän ja väliseinän liittymät (vaakasuuntainen detaljipiirustus)
- ulkoseinän nurkkaliittymät (vaakasuuntainen detaljipiirustus)
- ulkoseinän elementti- ja liikuntasaumamat (vaakasuuntainen detaljipiirustus).

**Yläpohjan** detaljipiirustuksissa esitetään, miten rakenne tuuletetaan, miten sisäilman vesihöyryn haitallinen kulkeutuminen diffuusion tai konvektion vuoksi estetään ja miten vältetään sadeveden, lumen ja sulamisveden haitalliselta tunkeutumiselta vesikatto- ja yläpohjarakenteisiin, seiniin ja sisätiloihin. Detaljipiirustuksia laaditaan seuraavista kohdista:

- räystäät ja rintatäitteet (aluskatteen ja vedeneristeen ulottuma ulkoseinällä sekä ylösnostot)
- rakenteen lävistävien johtojen, putkien, kanavien ja piippujen läpivientikohdat (ilman- ja höyrynsulku, aluskate ja vedeneriste)
- kattokaivot
- vesikattovarusteiden kiinnityskohdat.

**Märkätiloista** laaditaan vähintään seuraavat piirustukset:

- lattiapiirustus, jossa esitetään lattiapinnan korkeustasot vähintään jokaisen nurkan, lattiakäivon ja kynnyksen kohdalla
- detaljit lattian vedeneristeen nostosta kaikkiin erilaisiin ympäröiviin rakenteisiin
- detaljit vedeneristeen liittämistä lattiakäivöön, hanakulmarasioihin ja muihin läpivienteihin sekä kynnykseen.

## Työselostukset

Rakennus- tai korjaustyöselostus ja erilliset työselostukset täydentävät suunnitelmia, ja niiden sekä Rakennustöiden yleisten laatuvaatimusten (RYL) muodostaman kokonaisuuden avulla määritellään rakennuksen laadulliset ominaisuudet. Ne täydentävät toisiaan niin, että RYL:ssä esitetään hankkeesta toiseen samanlaisina esiintyvät laatuvaatimukset, kun taas rakennus- ja työselostuksissa esitetään hankekohtaisesti määriteltävät laatuvaatimukset. Kun selostuksissa viitataan RYL:iin, tulevat voimaan niiden julkaisujen määräykset ja ohjeet, joihin RYL:n kyseisessä kohdassa viitataan (SisäRYL 2013).

Erillisiä työselostuksia suositellaan laadittavaksi esimerkiksi purkutöistä, vaativista vedeneristystöistä ja rakenteiden ilmanpitävyyden parantamiseen tähtäävistä korjauksista.

### 2.2.3

## Kosteudenhallinta

Rakennuslupavaiheessa laadittavaan **rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen** on sisällyttävä hankkeen yleistiedot, vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa, toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen, kosteudenhallinnan henkilöresurssit sekä tieto hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavasta henkilöstä (YM asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta). Tästä henkilöstä käytetään myös nimityksiä kosteuskoordinaattori ja kosteudenhallintakoordinaattori.

**Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma** laaditaan rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen pohjautuen ja siihen on sisällyttävä tiedot rakennustyömaan kosteudenhallinnasta vastaa-

vista rakennusvaiheen vastuuhenkilöistä. Lisäksi siinä kerrotaan, miten rakennustuotteet ja kesken-eräiset rakennusosat suojataan kastumiselta ja epäpuhtauksilta työmaavarastoinnin ja rakentamisen aikana sekä miten varmistetaan siitä, että rakenteet ovat kuivuneet riittävästi ennen niiden peittämistä kuivumista hidastavalla ainekerroksella, pinnoitteella tai rakenteella. (YM asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017)

Kosteudenhallintaselvityksessä ja -suunnitelmassa tulee käsitellä seuraavat asiat (Betoni-rakentamisen laatuohjeet 2019/ BY 47, RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen):

- kosteudenhallinnan organisointi (eri osapuolten tehtävät ja vastuut sekä työmaan perehdytys)
- kosteusteknisesti kriittisten rakennusosien kartoitus eli luettelo rakenteista, joiden suunnitteluun ja toteutukseen työmaalla voi liittyä kosteusteknisiä ongelmia
- lattioiden ja seinien päällyste- ja pinnoitemateriaalien edellyttämät alustan (suhteellisen) kosteuden enimmäisarvot
- aikataulusuunnittelu: kosteudelle herkillä materiaaleilla päällystettävien betonirakenteiden kuivumisaika-arviot erilaisissa toteutusolosuhteissa, menettelytavat aikataulussa pysymiseksi (materiaalivalinnat, rakenneratkaisut, työjärjestys, riittävän hyvien kuivumisolosuhteiden järjestäminen ja tarvittaessa parantaminen, koneellinen kuivatus) sekä kuivumisaikojen huomioonottaminen työmaan yleisaikataulussa
- työmaalle tulevien materiaalien, tarvikkeiden ja rakennusosien suojaus kastumiselta
- runkorakenteiden ja eristekerrosten suojaus sade- ja sulamisvesien aiheuttamalta kastumiselta
- työnaikaisten vesivahinkojen torjunta (käytävä kalusto, vahinkojen raportointikäytäntö)
- kosteudenmittaussuunnitelma (kuivumisolosuhteiden seurantamittaukset, rakenteiden kuivumisen seurantamittaukset ja rakenteiden päällystettävyyssmittaukset)
- kosteudenhallinnan dokumentointi (kosteudenmittauspöytäkirjat, vesivahinkojen korjaamisen osoittavat dokumentit).

Työmaan kosteudenhallintaa koskevaa ohjeistusta on saatavissa esimerkiksi Kuivaketju10-toimintamallin ([www.kuivaketju10.fi](http://www.kuivaketju10.fi)) työmaatoteutusta koskevasta ohjekortista. Rakentamisen kosteuden-

hallinta -sivustolle ([www.kosteudenhallinta.fi](http://www.kosteudenhallinta.fi)) on koottu tietoa, mitä rakennushankkeen eri vaiheissa tulee huomioida kosteudenhallinnan kannalta, mitä kunkin osapuolen tulee tehdä, mitä asioita eri rakenteissa tulee ottaa huomioon sekä mitä toimia kosteudenhallinnan eteen tulee tehdä.

#### 2.2.4

### Pölyn- ja puhtaudenhallinta

Pölyn- ja puhtaudenhallinnan tavoitteena on varmistaa muun muassa, että rakennuksen tilat ovat puhtaat silloin, kun ne luovutetaan käyttäjälle ja että rakennuksen käytön aikana sisäilmaan ei kulkeudu rakennusvaiheesta peräisin olevia epäpuhtauksia. Lisäksi tarkoituksena on vähentää työntekijöiden altistusta epäpuhtauksille, kuten pölylle sekä osaltaan vähentää työturvallisuusriskejä työmaalla. Epäpuhtauksien määrää voidaan pienentää käyttämällä vähän pölyä tuottavia korjausmenetelmiä. Nykyisin korjaushankkeissa pyritään yleisesti noudattamaan Sisäilmastoluokitus 2018:ssa määriteltyä puhtausluokkaa P1.

Korjaussuunnittelijan tulee laatia suunnittelu- vaiheessa yhteistyössä muiden suunnittelijoiden ja asiantuntijoiden kanssa työmaan pölyn- ja puhtaudenhallintaa koskevat vaatimukset ja ohjeet. Näistä käytetään myös nimitystä pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirja. Urakoitsija laatii näihin vaatimuksiin ja ohjeisiin pohjautuen työmaan pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelman. Vaatimuksissa, ohjeissa ja suunnitelmassa on käsiteltävä ainakin seuraavia asioita:

- Miten työmaan pölyn- ja puhtaudenhallinta on organisoitu (eri osapuolten tehtävät ja vastuut sekä työmaan perehdytys)?
- Miten työntekijöiden altistusta työnaikaisille epäpuhtauksille erityisesti pölyn ja mikrobin osalta vähennetään (esimerkiksi työkonet ja -menetelmät, koneellinen pölynhallinta, henkilökohtainen suojautuminen ja siivous)?
- Miten jäävät rakenteet, rakennusosat ja pinnat suojataan purkamisen ja rakentamisen aikana?
- Miten pölynhallinta hoidetaan ja miten pölyn leviäminen ympäröiviin tiloihin estetään erityisesti purkutöiden aikana (= osastointi- ja alipaineistussuunnitelma)?
- Miten varmistetaan purkamisen ja rakentamisen aikana palo-osastoinnin ja poistumistiejärjestelyjen toimivuus sekä ilmanvaihdon työn

kohteena olevasta alueesta riippumaton toiminta, jos korjattavana on vain osa rakennuksesta?

- Miten uudet rakennusmateriaalit, tarvikkeet ja laitteet kuljetetaan, varastoidaan ja suojataan niin, että ne eivät likaannu, kastu tai muuten vaurioidu ennen asennusta, asennuksen aikana tai asennuksen jälkeen?
- Miten työmaan jätehuolto hoidetaan?
- Miten työmaata siivotaan rakennustyön aikana?
- Miten pölyävät ja likaavat työvaiheet voidaan tehdä loppuun ennen lopullisten pintojen tekoa sekä ilmanvaihtolaitteiden toimintakokeita ja säätötyötä?
- Miten ilmanvaihtokanavat ja -kanavaosat voidaan asentaa ja suojata pölyävien työvaiheiden välissä?
- Miten loppusiivous toteutetaan kaksivaiheisena (ennen toimintakokeita ja ennen vastaanottoa) sekä miten sen vaatimustenmukaisuus (puhtaustaso) todennetaan molemmissa vaiheissa?
- Miten P1-puhtaustason saavuttaneet tilat säilytetään puhtaina toimintakoevalmiudesta vastaanottoon saakka?
- Miten korjattavassa rakennuksessa ennen korjauksia käytössä ollut irtaimisto pitää puhdistaa ennen sen mahdollista tuomista korjattuihin tiloihin?
- Miten saavutettua puhtaustasoa ylläpidetään ensimmäisten käyttökuukausien aikana ja myöhemminkin?

## 2.2.5

### Korjaustöiden laadunvarmistussuunnitelma

Onnistuneen korjaustyön yhtenä peruspilarina toimii työnaikainen laadunvarmistus, ja korjaussuunnittelijan on annettava ohjeet siitä, miten rakennustyön suunnitelmien mukainen suoritus varmistetaan ja todennetaan. Erittäin vaativassa hankkeessa rakennusvalvontaviranomainen voi edellyttää laadunvarmistusselvityksen tekemistä erityismenettelytoimenpiteenä.

Laadunvarmistusta koskevia ohjeita ja vaatimuksia annetaan tyypillisesti rakennus- tai korjaustyöselostuksessa, erillisissä työselostuksissa sekä kosteudenhallintaa että pölyn- ja puhtaushallintaa koskevissa vaatimuksissa ja ohjeissa. LVI-suunnittelija laatii taloteknisten järjestelmien osalta erilliset ohjeet. Varsinkin erittäin vaativissa hankkeissa on suositeltavaa koota kaikki vaaditta-

vat laadunvarmistustoimenpiteet yhteen asiakirjaan (laadunvarmistussuunnitelmaan) ja viitata siinä, missä selostuksissa ja selvityksissä on annettu tarkemmat ohjeet laadunvarmistuksen toteutustavoista sekä niiden tulosten hyväksymisestä ja dokumentoinnista.

Urakoitsijan hankekohtaisten laadunvarmistustoimenpiteiden (mm. tarkastusasiakirjan käytön) tehtävänä on varmistaa ja osoittaa, että toteutus noudattaa suunnitelmia ja täyttää viranomaisvaatimukset sekä toteutusprosessin että lopputuloksen osalta. Rakennustyön tarkastusasiakirja on maankäyttö- ja rakennuslain määrittelemä työkalu tarkastuksen hallintaan, ja siihen on rakennusvaiheiden vastuu- ja työvaiheita tarkastaneiden henkilöiden varmennettava tekemänsä tarkastukset.

Rakennustyön tarkastusasiakirjan käyttöä ja sisältöä on kuvattu ympäristöministeriön ohjeessa (YM5/601/2015) rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta. Kaikista laadunvarmistustoimenpiteistä on laadittava valokuvin varustetut tarkastusmuistiot tai mittausraportit ja luovutettava nämä tilaajalle ennen vastaanottoa. Muistiot ja raportit liitetään rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeeseen.

Korjaustöiden laadunvarmistuksessa käytettäviä menetelmiä on käsitelty tämän oppaan luvussa 4 Laadunvarmistusmenetelmät.

## 2.2.6

### Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje

Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen eli huoltokirjan laadinta edellyttää hankkeen eri osapuolten osallistumista ja tiivistä yhteistyötä, jotta se sisältää kiinteistön johdonmukaisessa ylläpidossa tarvittavat tiedot. Hankkeeseen suositellaan nimettäväksi erillinen huoltokirjakoordinaattori, joka huolehtii suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden toimittamien tietojen keräämisestä ja tallentamisesta huoltokirjaan. Pienemmissä korjaushankkeissa tämä työ voidaan sisällyttää rakennuttajakonsultin tai jonkun suunnittelijan tehtäviin. Huoltokirjan on oltava valmiina ennen hankkeen vastaanottoa.

**Huoltokirja on työväline rakennuksen koko elinkaaren hallintaan.**

Korjaussuunnittelijan tehtävänä on huolehtia seuraavista toimenpiteistä:

- rakennusosien ja niihin tehtyjen korjausten yleiskuvauksen laatiminen sillä tarkkuudella, että kiinteistöä tuntematonkin ammattilainen saa yleiskuvan kiinteistöstä
- rakennusfysikaalisiin riskeihin ja riskirakenteisiin liittyvien paikantamispäiirustusten tekeminen tarvittaessa yhdessä sisäilma-asiantuntijan kanssa; niissä esitetään esimerkiksi haitta-aineiden sijainti, sellaisten rakennusosien pintojen ja liittymien sijainti, joiden tiiviyyttä on parannettu, sekä erityistä tarkkailua vaativat rakennusosat ja niiden toimivuuden varmistavat ilmanvaihtojärjestelmät (esimerkiksi alipaineistusjärjestelmä); olennaista on laatia myös salaojien paikantamispäiirustus
- rakennusosien huolto- ja tarkastusvälien, kunnossapitokaksojen ja tavoitteellisten käyttöikien määrittäminen; näistä löytyy tietoa esimerkiksi RT-kortista 18-10922 Kiinteistöjen tekniset käyttöiät ja kunnossapitokakso
- työnaikaisten suunnitelmamuutosten päivittäminen korjaussuunnitelmiin (loppudokumentteihin).

Rakennus- ja talotekniset suunnittelijat tuottavat huoltokirjaan vastaavat tiedot omien vastuualueidensa osalta.

Rakennuksen kiinteistönhoidosta vastaavan palveluntuottajan vaihtuessa on huolehdittava huoltokirjatietojen siirtämisestä uudelle palveluntuottajalle.

## 2.2.7

### Seurantasuunnitelma

Seurantasuunnitelman avulla arvioidaan korjaustyön onnistumista, todennetaan korjaustyölle asetettujen tavoitteiden toteutuminen sekä varmistetaan korjattujen tilojen tai rakennuksen hallittu käyttöönotto korjaustyön vastaanottamisen jälkeen. Sisäilman laadun pysyvyyttä seurataan yleensä viiden ensimmäisen käyttövuoden aikana kohdekohtaisesti laadittavan seurantasuunnitelman mukaisesti. Seuranta voidaan jakaa takuuai- kana eli tyypillisesti kahden ensimmäisen vuoden aikana tehtävään seurantaan ja sen jälkeen tehtävään seurantaan.

**Korjaustyön onnistumisen todentamista varten laaditaan seurantasuunnitelma.**

Seurantasuunnitelmassa kerrotaan, miten korjaustyön onnistuminen sisäilman laadun kannalta tullaan selvittämään ja mikä on seurantamittausten aikataulu. Seuranta sisältää yleensä tilojen aistinvaraisen arvioinnin (esimerkiksi puhtaustason arvioinnin), sisäilman fysikaalisten, kemiallisten ja mikrobiologisten tekijöiden mittauksia, ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden tarkastelun ja rakennusosien toimivuuden varmentamisen. Erityistä huomiota on kiinnitettävä riskirakenteiden toimivuuden seurantaan. Sisäilman olosuhteiden seurannassa voidaan hyödyntää rakennusautomaatiojärjestelmästä saatavaa mittaustietoa ja tarvittaessa määritellä mitattaville suureille hälytysrajat. Mittausten rinnalla on tärkeää arvioida käyttäjien kokemuksia esimerkiksi käyttäjäkyselyjen avulla.

Seurantasuunnitelman laadinta on suositeltavaa aloittaa hyvissä ajoin korjaustyön aikana, jotta se on valmis korjaustyön vastaanottoon mennessä. Suunnitelman laativat tilaajan ohjeistukseen perustuen korjaussuunnittelija ja seurannan käytännön toteutuksesta vastaava sisäilma-asiantuntija yhdessä. Seurannassa käytettäviä menetelmiä on käsitelty tarkemmin tämän oppaan luvussa 5 Korjausten onnistumisen seuranta. Seurantaan sisältyvien toimenpiteiden tekemisestä ja niiden tuloksista on tiedotettava rakennuksen käyttäjille.



## 3 Korjausmenetelmät

### 3.1

#### Korjausmenetelmien valinta

Korjausten ensisijaisena tavoitteena on poistaa kosteus- ja mikrobivaurioista tai muista sisäilman epäpuhtauksista aiheutuva terveyshaitta. Kansantaloudellisesti ei ole kestävää yli- tai alikorjata rakennusosia tai rakennuksia. Tämän vuoksi korjaussuunnittelussa on keskeistä aina tapauskohtaisesti määrittää soveltuvat korjaustavat ja korjausten perusteellisuus. Korjaushankkeen voivat käynnistää hyvin erilaiset lähtötilanteet, kuten esimerkiksi vesivahinko, peruskorjaustarve, rakennuksen käyttötarkoituksen muutostarve, rakennusvirheen korjaus tai sisäilmaongelman poistamiseen tähtäävä korjaus. Kaikissa lähtötilanteissa, esimerkiksi sisäilmakorjaushankkeissa, rakennuksessa ei välttämättä ole kosteus- tai mikrobivauriota. Tässä oppaassa esitellyt korjausmenetelmiä voidaan osin soveltaa myös tällaisissa korjaushankkeissa.

Terveyshaitan poistaminen voi toisinaan edellyttää vaurioituneen rakennusosan purkamista ja uusimista. Toisinaan rakenteen vaurioitumiseen johtaneen tekijän poistaminen ja epäpuhtauksien leviämisen estäminen rakennusosia tiivistämällä ja kapseloimalla ovat riittäviä toimenpiteitä terveyshaitan poistamisessa. **Tilanteessa, jossa vaurioituminen on aktiivinen ja etenevä, vaurioitunut rakennusosa on kuitenkin uusittava.** Mikäli rakennukseen jää riskirakenteita, on niiden toimivuutta seurattava ja ympäröiviä olosuhteita hallittava erityisen suunnitelmallisesti.

Kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaushanke voi käsittää joko yksittäisen rakennusosan korjauksen tai kaikkiin rakennusosiin ja taloteknisiin järjestelmiin kohdistuvia korjauksia. Eri rakennusosat

voidaan korjata eri periaatteita noudattaen. Toisaalta useat rakenteita ikäännyttävät vaurioitumismekanismit ovat kosteuden aiheuttamia, joten kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaushankkeessa korjataan usein samalla myös muita tekijöitä, esimerkiksi raudotteiden korroosiota kosteusvaurioituneen vaipparakenteen korjauksen yhteydessä. Kokonaisuuden hallinta on kaikissa tapauksissa oleellista korjauksen onnistumisen kannalta.

Korjausmenetelmät ja korjausalueen rajaaminen riippuvat vaurioitumismekanismista, vaurioiden vakavuudesta ja sijainnista sekä korjausten tavoitekäyttöästä. Jos ongelmien aiheuttaja pystytään perusteellisessa kuntotutkimuksessa yksiselitteisesti määrittelemään, voidaan toimenpiteet rajata hyvin selkeästi pelkästään vauriokohtien korjaamiseen (esimerkiksi vaurioituneet kylpyhuoneen rakenteet ja vesivuotojen aiheuttamat paikalliset vauriot). Yksittäisen vaurioituneen rakennusosan perusteella ei ole syytä korjata koko rakennusta, mutta toisaalta vain yksittäisen tekijän tarkastelu ilman kokonaistarkastelua voi johtaa vaurioiden uusiutumiseen tai turhaan korjaamiseen. Jokaisessa vauriotilanteessa on omia erityispiirteitä, jotka tulee ottaa huomioon korjausratkaisuja suunniteltaessa. Kuntotutkimukset ovat usein pistokoe- luontoisia, jolloin vaurioiden rajaaminen varmuudella tiettyyn osaan rakennusta voi edellyttää lisätutkimuksia. Korjauslaajuus voidaan joutua varmistamaan joskus vasta korjausten yhteydessä.

Päätös rakennuksen tai rakennusosien purkamisesta kokonaan tehdään yleensä silloin, kun rakenteiden korjausaste on yli 70 % eikä rakennuksen tai rakenteiden säilyttämiselle ole suojelullisesta näkökulmasta perusteita (Haahtela & Kiiras, 2016). Purkupäätökseen vaikuttaa myös tilojen toiminnallinen soveltuvuus haluttuun käyttötarkoituk-

seen. On kuitenkin huomattava, että korjausaste voi tyytyä erityisesti vanhemmissa aikakaudelle tyypillisesti rakennetuissa rakennuksissa ilman, että purkamiselle on perusteita. Toisaalta jos rakennus on tulossa pian elinkaarensa päähän, purkamispäätös voidaan tehdä matalammallakin korjausasteella tai jos rakennus nykyaikaistetaan toiminnallisesti, uudisrakentaminen voi tulla edullisemmaksi. Täten purkamisen perusteena oleva korjausaste voi vaihdella paljonkin.

Onnistuneen korjaushankkeen edellytykset ovat

- oikean korjauslaajuuden määrittelyminen
- oikean korjausmenetelmän valinta
- teknisen kokonaisuuden hallinta
- tavoiteltavan käyttöiän määrittelyminen
- työsuorituksen oikea toteutus.

**Korjaussuunnittelijan on ennen suunnitteluprosessia tunnettava kokonaisvaltaisesti vaurion aiheuttaneet tekijät. Vaurioiden korjaamisen lisäksi on poistettava vaurioiden syyt. Rakennuksen kosteusteknistä toimintaa parannetaan niin, ettei vaurio uusiudu.**

**Koko rakennuksen rakennusfysikaalinen toimivuus otetaan korjaustoimenpiteissä huomioon.** Korjaustyötä suunniteltaessa on selvittävä vaurioituneen rakennusosan kosteusteknisen toimivuuden puutteet ja valittava sellaiset korjausmenetelmät, jotka poistavat nämä puutteet. Lähtökohtaisesti uudet rakenteet suunnitellaan rakennusfysikaalisesti toimiviksi nykyisten määräysten ja ohjeiden mukaisesti (katso luvut 1 ja 2), millä estetään vaurion uusiutuminen jatkossa. Rakenteiden uusiminen voi kuitenkin edellyttää suuria muutoksia rakennuksen kokonaistoimintaan. Kosteusteknisesti toimivan rakennusosan käyttötarkoituksen muutoksessa tai rakennuksen kosteusteknistä toimivuutta parannettaessa pyritäänkin noudattamaan alkuperäisen rakenteen toimintatapaa (YMa 782/2017). **Kosteusteknisesti toimivaan rakennusosaan ei korjaustyön yhteydessä tarvitse tehdä muutoksia, vaan käyttöikänsä päähän tullut rakenne voidaan korjata rakennusaikaista rakentamistapaa noudattaen.** Vaikka rakenne ei vastaisi nykymääräyksiä, rakennuksen tulee kuitenkin täyttää nykyiset sisäilmalle asetettavat vaatimukset.

Rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen vaikuttavia tärkeitä korjauksia ovat esimerkiksi märkätilojen korjaukset, lattiapäällystekorjaukset ja maanvastaisten rakenteiden korjaukset, joihin voivat kuulua kosteudenhallinta erikoislaastiratkaisuilla tai injektoinnilla, ulkopuolinen veden- ja lämmöneristys, salaojien lisääminen tai kunnostus sekä rakenteiden uusiminen.

Isoissa hankkeissa, kuten rakennuksen peruskorjauksessa, käyttötarkoituksen muutoksessa ja laajoissa kosteus- ja mikrobivauriokorjauksissa, rakennuksen olemassa olevat ja korjauksen jälkeen tavoiteltavat olosuhteet sekä suunniteltu käyttöikä on otettava hyvin kokonaisvaltaisesti huomioon. Usein samassa yhteydessä lisätään tai muutetaan taloteknisiä järjestelmiä sekä parannetaan energiatehokkuutta esimerkiksi lämmöneristävyyttä ja ilmatiiviyttä parantavilla korjauksilla, kuten ulkovaippaan tehtävillä korjauksilla. Ilmatiiviyttä voi lämmöneristävyyttä parantavien korjausten jälkeen vastata uudisrakentamisessa saavutettava tasoa. Parantunut lämmöneristävyys vaikuttaa myös lämmitystarpeeseen. Ensisijaisesti on kuitenkin otettava huomioon sisäilman olosuhteiden muuttuminen tiiviiden, ilmanvaihdon ja lämmitystarpeen muutosten takia sekä huolehdittava sisäilman laadusta uusien olosuhteiden vallitessa. Sisäilmaongelmiin liittyy usein monia tekijöitä, kuten virheelliset rakenneliittymäkohdat, sisäilmatekijät (fysikaaliset tekijät, hiukkasmaiset ja kaasumaiset epäpuhtaudet) ja ilmanvaihdon ongelmat. Epäpuhtauksien kulkeutuminen vuotoilman mukana rakenteiden epätiiviyskohtien kautta sisäilmaan voi korostua epätiiviiden rakennerekaisujen ja käytettyjen materiaalien takia.

**Korjaushankkeessa otetaan huomioon kosteustekniset, palotekniset sekä lämmöneristykseen, ääneneristykseen ja stabiliteettiin liittyvät asiat.**

**Rakennusta tarkastellaan aina rakennusosien ja taloteknisten järjestelmien (LVI, rakennusautomaatio, sähkö) muodostamana kokonaisuutena.** Arvioitavia tekijöitä ovat muun muassa korjausten vaikutukset rakennuksen ilmanpitävyyteen ja painesuhteisiin, ilmanvaihdon merkitys sisäilmalle, ilmanvaihtojärjestelmien liittyminen toisiinsa sekä erillisen LVI-suunnittelijan tarve. On myös otetta-

va huomioon talotekniikan elinkaari, joka on rakennusosien elinkaarta lyhyempi. Jos taloteknisiä järjestelmiä lisätään korjaushankkeen yhteydessä, niille on mitoitettava riittävät tilat (esimerkiksi siirryttäessä painovoimaisesta ilmanvaihdosta koneelliseen ilmanvaihtoon). Ilmanvaihtojärjestelmän muuttaminen muuttaa myös rakennuksen rakennusfysikaalista toimivuutta. Painovoimaisen ilmanvaihdon säilyttäminen korjaushankkeen yhteydessä voi olla usein perusteltua etenkin, jos uudistaminen vaatisi rakenteiden mittavaa purkamista tai jos ilmanvaihtojärjestelmän vaihtaminen voisi tehdä vanhoista rakenteista riskirakenteita. Lisäksi esimerkiksi uusien ilmanvaihtokanava- ja sähköistysreittien vaatimat rei'itykset eivät saa heikentää rakenteen kantavuutta, ilmatiiviyttä, paloturvallisuutta tai ääneneristävyyttä. Ilmanvaihtojärjestelmän vaihtaminen tai muuttaminen ei saa lisätä mahdollista epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan kasvaneen alipaineen vaikutuksesta.

**Ilmanvaihdon toiminta on tarkistettava ja säädettävä kaikkien korjaustoimenpiteiden yhteydessä.**

Korjaushankkeen yhteydessä ilmanvaihtojärjestelmän toiminta tarkastetaan kokonaisvaltaisesti ja ilmanvaihto tasapainotetaan. Tämä edellyttää yleensä uuden säätösuunnitelman laatimista. LVI-suunnittelija vastaa ilmanvaihdon säädöstä mahdollisimman lähelle tasapainoa korjausten jälkeen. Tiiviyden parantaminen saattaa aiheuttaa ison alipaineen ilmanvaihdon alkuperäisillä säädöillä. Myös ilmanvaihdon palvelualueisiin on voinut tulla muutoksia korjausten seurauksena tai ilmanvaihtokoneiden määrä on muuttunut.

**Kaikilla rakenteilla ja rakennusmateriaaleilla on rajallinen tekninen käyttöikä, ja kaikki rakennusosat sekä talotekniset järjestelmät vaativat säännöllistä huoltoa ja ylläpitoa.**

### 3.1.1

## Korjausmenetelmien yleiset valintaperusteet

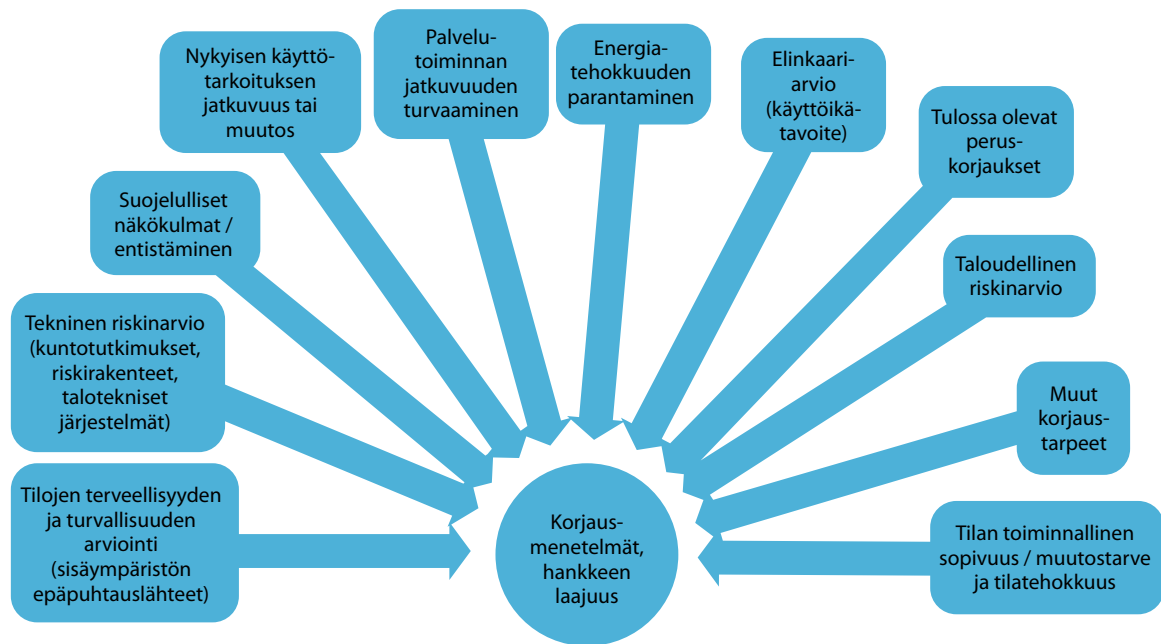
**Korjausmenetelmien valintaan vaikuttavat kiinteistöstrategia, rakenteiden kosteustekninen toimivuus, rakenteissa esiintyvät epäpuhtaudet ja haitta-aineet, rakenteiden tiiviys, vaurioiden laajuus ja laatu, korjaushankkeen erityiset tavoitteet sekä toiminnalliset ja taloudelliset näkökulmat.**

Korjausmenetelmän valinta perustuu myös rakennuksen kunnossapitosuunnitelmaan eli pitkän tähtäimen suunnitelmaan (PTS), joka sisältää kiinteistön ylläpito- ja korjaustoimenpiteet aikatauluineen ja kustannusarvioineen. PTS sisältää esimerkiksi periaatepäätökset siitä, käytetäänkö rakennusosat ja talotekniset järjestelmät elinkaarensa loppuun ja uusitaan vasta, kun se on välttämätöntä, jolloin niiden elinkaarta voidaan pidentää kohdennetuilla paikallisilla korjauksilla.

Kuvassa 3.1 on esitetty kosteus- ja mikrobivauriointuneen rakennuksen korjausmenetelmien valintaan vaikuttavia tekijöitä.

**Rakennuksen omistajan eli korjaushankkeen tilaajan näkökulmasta** korjausmenetelmien valintaa ohjaavia perusteita ovat yleensä taloudelliset resurssit, rakennuksen elinkaariarvio, energiatehokkuuden parantaminen sekä mahdolliset käyttötarkoituksen muutokset korjaushankkeen yhteydessä. Tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheissa on selvitettävä tilojen soveltuvuus käyttäjille nykyisessä ja suunnitellussa tulevassa käyttötarkoituksessa. Rakennuksen kunnon ja korjaustarpeiden kokonaisvaltainen arviointi ennen hankkeen aloitusta on tärkeää myös taloudellisten resurssien riittävyyden takaamiseksi hankkeen loppuun saakka. Aina kaikki hankkeen korjaukset eivät ole yksinomaan kosteus- ja mikrobivaurioiden korjauksia, vaan hankkeeseen yhdistetään usein peruskorjauksia ja tilamuutoksia, joilla on kustannusvaikutuksia. Suurimmat korjauskustannukset ovat laajoissa korjaushankkeissa, joissa rakenteet on vaurioiden laajuuden vuoksi uusittava kokonaan. On huomattava, että lopputulos voi kuitenkin pitkällä tähtäimellä olla pysyvin ja edullisin verrattuna tilapäisiin ratkaisuihin, joissa esimerkiksi vaurioitunutta materiaalia jätetään rakennukseen.

**Rakennuksen käyttäjien näkökulmasta** korjausmenetelmien valintaperusteita ovat erityisesti tilojen turvallisuus, terveellisyys ja viihtyisyys sekä



Kuva 3.1. Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjausmenetelmien valintaan vaikuttavia tekijöitä.

korjaushankkeen kesto. Tilojen terveellisuuden ja turvallisuuden arviointiin kuuluvat altistumisolosuhteiden arviointi (kosteus- ja mikrobivaurion ja muiden altisteiden vaikutukset sisäilmaolosuhteisiin) sekä olosuhteiden terveydellisen merkityksen arviointi (altistumisaika, muut altistumiseen vaikuttavat tekijät). Jos korjaustyön aikaiseen väistötilojen käyttöön ei nähdä tarvetta, on kohteen työntekijöiden terveellinen ja turvallinen työskentely-ympäristö turvattava työnaikaisin järjestelyin, jotka tulee määrittellä jo hankesuunnitteluvaiheessa. Väistötilojen tarve voi puolestaan vaikuttaa korjaustoimenpiteiden ajoitukseen tai vaiheittaiseen toteutukseen.

Tilojen terveellisuuden arviointi vaikuttaa korjaushankkeen laajuuteen ja kiireellisyyteen. Arvioinnissa ovat apuna työ- ja ympäristöterveyden asiantuntijat sekä viranomaistahot. Mikäli vaurioiden vaikutus sisäilmaolosuhteisiin on epätodennäköinen tai altistumisaika tilapäinen tai lyhyt, terveysperusteisia suosituksia ei yleensä anneta. Tällöin taloudellisen ja teknisen riskinarvion perusteella voidaan päätyä suppeampiin korjaustoimenpiteisiin. Altistumisolosuhteiden ja olosuhteiden terveydellisen merkityksen perusteella voidaan puolestaan päätyä laajempiin korjauksiin kuin tekninen riskiarvio tai rakennuksen elinkaariarvio edellyttäisivät.

**Suunnittelijoiden tai urakoitsijan näkökulmasta** määrääviä valintaperusteita ovat tilaajan vaatimukset ja taloudelliset resurssit. Puutteellisilla lähtötiedoilla ja niukoilla resursseilla voidaan päätyä ratkaisuihin, jotka eivät ole sopivia tai riittäviä vaurion ja sen syiden poistamiseksi, ja vastaavasti suurilla resursseilla ylikorjaamiseen. Korjaussuunnittelun lähtökohtana ovatkin perusteelliset kuntotutkimukset ja kattavat lähtötiedot, joiden perusteella mahdolliset korjausvaihtoehdot ja niiden kustannukset voidaan perustella tilaajalle. Yksi keskeinen lähtökohta suunnittelulle on rakennusosan vaurioitumisaste. Altistumisolosuhteiden arvioinnissa rakenteen vaurioitumisaste voidaan luokitella mikrobivaurioiden laajuuden mukaisesti neljään luokkaan

1. Rakenteessa ei ole mikrobivaurioita.
2. Rakenteessa on helposti rajattavia ja korjattavia mikrobivaurioita.
3. Rakenteessa on laajoja mikrobivaurioita.
4. Rakennuksessa on useita mikrobivaurioituneita rakenteita ja korjauslaajuus on merkittävä useassa rakennusosassa.

Korjaussuunnittelija voi sisällyttää korjaustyöhön esimerkiksi seuraavia toimenpiteitä (riippuen muun muassa rakenteen vaurioitumisas-

teesta, vaurion laajuudesta ja sijainnista, korjausten tavoitekäyttöästä ja taloudellisuudesta):

- Kosteusvaurion tai sisäilmaongelman syy poistetaan.
- Mikrobivaurioituneet materiaalit poistetaan tarpeen mukaan.
- Kastuneet materiaalit kuivataan tai poistetaan, jos kuivaaminen ei riitä.
- Rakenteiden ilmatiiviyttä parannetaan tarpeen mukaan. Erityisesti maaperästä tulevat mahdollisesti mikrobiperäistä hajua sisältävät ilma-vuodot estetään.
- Rakenteiden kosteus- ja lämpötekniinen toimivuus varmistetaan.
- Jäljelle jäävät vaurioituneet runkorakenteet puhdistetaan mekaanisesti tai kapseloidaan. (RT 18-11238)
- Poikkeustapauksissa (esimerkiksi viemärivahingot) voidaan tarvita hajunpoistoa. Biosideja ei tule käyttää mikrobivaurioiden korjausten yhteydessä. Puhdistuksen jälkeen rakenteet kuivataan ja tuuletetaan huolellisesti.
- Irtaimisto poistetaan tai suojataan sekä tarvittaessa puhdistetaan ennen käyttöönottoa.
- Kemikaalien määrä sisäilmassa minimoidaan korjauksen yhteydessä ja sen jälkeen (esimerkiksi M1-luokitellut materiaalit).
- Valetut ja muuratut rakenteet kuivatetaan riittävän kuiviksi ennen pinnoitusta.
- Ilmanvaihtojärjestelmän kunto, toiminta ja painesuhteet varmistetaan. Järjestelmä puhdistetaan ja säädetään korjausten yhteydessä. Toiminta tarkistetaan korjausten jälkeen, myös tilojen normaalin käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto.

### **Korjausmateriaalien valinta**

Korjausmateriaaleiksi valitaan kosteusteknisesti yhteensopivia tuotteita. Valinnassa otetaan huomioon myös seuraavia tekijöitä:

- materiaalien vähäpäästöisyys, pitkäaikaiskestävyys ja tavoiteltu käyttöikä
- käytettävissä olevat rakennepaksuudet
- ulkoisten rasitusten vaikutukset
- sisäisten rasitusten vaikutukset (esimerkiksi materiaalin kuivumiskutistuma)
- kerroksellisten rakenteiden rakennusfysikaalinen toimivuus

- rakenteiden ja eri materiaalikerrosten kuivumiskyky
- vanhan rakenteen materiaaliominaisuudet ja toimintatapa liittyen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen 4 §:ään (mahdollinen tarkoitus muuttaa vanhan rakenteen toimintatapaa)
- uuden rakenteen materiaaliominaisuudet (kuten palotekniset ja rakennusakustiset ominaisuudet)
- lämmöneristeiden ominaisuudet (lämmöneristeiden paksuudet, eristävyys, asennustapa, kosteustekniset ominaisuudet)
- erillisen höyryn- tai ilmansulkukerroksen tarve.

**Materiaalivalintojen merkitys korostuu rajapinnoissa, rakenneyksityiskohdissa ja liitosratkaisuissa** sekä silloin, kun rakenteen toimivuus riippuu suoraan materiaalin kosteusteknisistä ominaisuuksista. Esimerkiksi höyrynsulkumateriaalin on oltava kestävä, jotta se ei repeile kiinnikkeiden asennusten yhteydessä. Riskejä uusille materiaaleille ovat vanhan rakenteen mahdollinen korkea kosteus tai rakentamisen yhteydessä kastuneet uudet materiaalikerrokset. Materiaalien tulee olla kuivia ja/tai kuivumiskykyisiä. Rakennusfysikaaliset ominaisuudet, kuten vesihöyrynläpäisevyys, on arvioitava erikseen. Materiaalit, jotka eivät ole herkkiä mikrobivaurioitumiselle, lisäävät korjattujen rakenteiden toimintavarmuutta. Toisaalta puupohjaiset materiaalit ja eristeet voivat hyvin suunniteltuina ja toteutettuina tasata kosteutta.

Lattiapäällystekorjausten materiaalivalintoihin vaikuttavia tekijöitä ovat vesihöyrynläpäisevyys (tärkeä erityisesti silloin, kun kosteustekniinen toimivuus perustuu pintamateriaalin vesihöyrynläpäisevyyteen), kulutuksenkestävyys, joustavuus, äänenvaimennus, askelääneneristys, siivottavuus ja huollettavuus (siivouksen kannalta hyvät materiaalit usein läpäisevät huonosti vesihöyryä), hygieniavaatimukset terveydenhuollon tiloissa sekä tuotteessa käytetty pehmitin.

Materiaalien hajut, päästöt, kulutuskestävyys ja siivottavuus ovat merkittäviä sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä. Hajuttomia korjausmateriaaleja suositaan. Luokiteltujen materiaalien osalta päästöluokaksi suositellaan M1- ja EC1plus-luokkaa. On huomattava, että kaikki toimivat ja yleisesti käytössä olevat materiaalit eivät kuulu ominaisuuksiensa vuoksi luokittelun piiriin. Ra-

kennusmateriaaliin sitoutuneiden kaasumaisten yhdisteiden poistuminen materiaalista on hidasta, mikä vaikuttaa esimerkiksi ilmanvaihdon toiminnan suunnitteluun uusien materiaalien asennuksen tai vaurioiden korjaamisen jälkeen. Korjaustöiden jälkeen suositellaan yhdeksi vuodeksi ympärivuorokautista tehostettua ilmanvaihtoa.

3.1.2

## Korjausmenetelmien soveltuvuus eri tilanteisiin

Taulukossa 3.1 esitetään keskeisten korjausmenetelmien soveltuvuus sekä onnistumisen edellytykset ja riskit. Ilmanvaihtojärjestelmän toiminta tulee kaikissa tapauksissa tarkistaa.

Taulukko 3.1. Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjausmenetelmiä.

Korjausmenetelmä	Korjauksen soveltuvuus	Keskeiset onnistumisen edellytykset	Riskitekijät onnistumiselle
Kosteusteknisen toimivuuden parantaminen	Kaikissa tapauksissa, jos ei ennestään toimiva.	Rakennuksen ja rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden kokonaisvaltainen tarkastelu. Toimivuuden parantamisen mahdollistavien korjausmenetelmien valinta.	Kosteusteknistä toimivuutta ei tarkastella tai ymmärretä rakennuksessa kokonaisvaltaisesti. Vanhan rakennusosan kosteusteknisen toimivuuden puutteet tai vanhat rakenteet on selvitetty huonosti.
Rakennusosan uusiminen	Uusiminen on rakennusteknisesti ja suojelunäkökulmista mahdollista, korjauksen kannalta tarpeellista ja siihen on käytettävissä tarvittavat resurssit.	Uusittavan osan tarkoituksenmukainen rajaaminen. Hankkeen kokonaisvaltainen hallinta, resurssien riittävyys. Uuden rakenteen rakennusfyysikaalinen toimivuus.	Ympäröivien rakenteiden, stabiiliteetin, paloturvallisuuden, taloteknisten järjestelmien ja ääneneristyksen riittämätön hallinta. Liitokset ympäröiviin rakenteisiin. Pölynhallinta. Joudutaan samalla purkamaan hyviä, toimivia rakenteita.
Kuivaaminen	Kun löydetään kosteaa materiaalia, jota ei ole kannattavaa poistaa. Riittää yksin, jos vaurio on paikallinen, eikä ole ehtinyt aiheuttaa mikrobikasvua materiaaleihin, ja kaikkien kastuneiden rakenteiden kuivaaminen on mahdollista.	Varmistetaan siitä, että (1) kaikki kastuneet rakenteet ovat kuivat ennen rakenteiden sulkemista, (2) mikrobikasvu ei ole ehtinyt alkaa, (3) materiaalit eivät ole vaurioituneet.	Huolimaton kastuneiden rakenteiden kartoitus ja riittämätön kuivaaminen. Rakenteiden sulkeminen ennen niiden riittävää kuivumista. Rakenteeseen jää mikrobivaurioita, joita ei ole huomattu, tai kuivaaminen on liian hidasta niin, että rakenne ehtii sen aikana mikrobivaurioitua.
Rakennuksen painesuhteiden muuttaminen	Paine-eron aiheuttamien epäpuhtauksien kulkeutumisen hallinta laajempaa korjausta odotettaessa tai sen jälkeen. Painesuhteiden tarkistaminen ja ilmanvaihdon säätäminen sisältyvät kaikkiin korjaustoimenpiteisiin.	Taloteknisten järjestelmien, ilmavirtausten, painesuhteiden ja ilmavuotojen hallinta, rakenteiden kosteusteknisen käyttäytymisen hallinta.	Rakennuksen taloteknistä ja rakennusfyysikaalista toimintaa ei tarkastella kokonaisuutena. Tuulen aiheuttaman ja termisen paine-eron vaikutukset, jotka eivät ole hallittavissa pelkästään ilmanvaihdon (tuulinen rakennuspaikka, korkea rakennus, korkeat kiuulat tai epätiivit vaipparakenteet).
Rakennusosien ilmatiivyyden parantaminen	Vaurio ei ole etenevä, vaurio on vähäinen ja sitä ei voida poistaa kokonaan esim. rakenneteknisistä syistä. Terveystaitan poistuminen korjauksilla on vahvasti perusteltu.	Korjauksella saadaan estettyä epäpuhtauksien leviäminen sisäilmaan. Lisäksi tehdään etenevän vaurion korjaustoimet. Korjauksien kokonaisvaltainen hallinta (muun muassa ilmanvaihto).	Epäpuhtauslähde jää ilmayhteyteen sisätilan kanssa, tiivistyksen rikkoutuminen esimerkiksi käyttäjien tai huollon toiminnan vuoksi. Etenevän vaurion korjaustoimien puuttuminen. Vuotojen lisääntyminen jonkun toisen rakennusosan kautta tiivistämisen seurauksena. Pitkäaikaisesta käytöstä nyky-menetelmillä ei ole kokemusta, käyttöikä epävarma.
Kapselointikorjaus			

## Rakennusosakohtaiset korjausmenetelmät

Rakennusosakohtaiset korjausmenetelmät käsitellään oppaassa rakennusosittain erilaisille rakennustyypeille. Tässä luvussa sekä liitteissä käsitellään tyypillisimmät rakennuskannassa esiintyvät rakennusosat, joissa on esiintynyt kosteus- ja mikrobivaurioita. Rakenteisiin liittyvät tyypillisimmät liitosdetaljit on käsitelty luvussa 3.2.10 *Liitosdetaljit*. Luvuissa 3.2.1–3.2.9 esitetään periaatteet eri rakennusosien korjaukselle ja liitteissä 2.1–2.9 esitetään rakennusosien korjaamiseen muutamia toimivia ratkaisuja ominaisuuksiltaan eritasoisille korjausvaihtoehdoille. Näiden lisäksi on olemassa muitakin toimivia ratkaisuja, joihin tulee perehtyä liitteissä esitettyjen vaihtoehtojen lisäksi. Korjaussuunnittelijan tulee siis aina laatia kohdekohtaiset suunnitelmat. Liitteiden piirustukset eivät toimi valmiina detaljeina, vaan niissä esitetään korjausperiaatteita.

Rakenteisiin syntyneiden vaurioiden syyt ja laajuus on selvitettävä riittävän luotettavasti kohdekohtaisen kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen perusteella.

Korjausmenetelmät esitetään kolmentasoisina korjaustapoina. Korjausvaihtoehtojen avulla voidaan vertailla eri korjaustapojen vaikutuksia jäljelle jäävään rakenteeseen ja korjaustyön toteutukseen. Korjaustavat eivät ole suositusjärjestyksessä, vaan rakennusosien korjaustavat päätetään kuntotutkimuksen perusteella.

A) Perusteellinen rakenteen uusiminen ja toimivuuden parantaminen, jossa myös kantavaan rakenteeseen voi kohdistua merkittäviä korjaustoimenpiteitä tai se uusitaan. Tekstissä tämä korjaustapa esitetään aina otsikolla **”rakenteen uusiminen”**.

Perusteellisen korjauksen tavoiteikä on  $\geq 50$  vuotta. Tavoiteikää vähentäviä tekijöitä ovat mm.

- rakenteiden liitosten epätiiviyskohdat
- liittyvän rakenteen vaurioituminen
- korjatun rakenteen kastuminen liittyvän rakennusosan toimimattomuuden vuoksi.

B) Rakenteen osittainen uusiminen, jossa vaurioituneet materiaalit poistetaan vaurioitumattomaan, usein kantavaan rakenteeseen saakka laajoilta alueilta. Samalla parannetaan rakenteen ilmatiiviyttä tiivistämällä rakenteiden liitoksia ja läpivientejä sekä rakenteen kosteusteknistä toimintaa.

Rakenteen osittain uusimisen tavoiteikä on 30–50 vuotta. Tavoiteikää vähentäviä tekijöitä ovat mm.

- rakenteiden liitosten epätiiviyskohdat
- korjauksessa käytetyt materiaalivalinnat (eri materiaalien huomattavien kestävyyserojen vuoksi)
- korjattavan rakenteen kosteussisältö ja rakenteen kuivaamisen onnistuminen
- liittyvän rakenteen vaurioituminen
- korjatun rakenteen kastuminen liittyvän rakennusosan toimimattomuuden vuoksi
- korjaukseen liittyvien teknisten järjestelmien käyttöikä ja toimivuus yleensä
- tuuletusvälien tukkeutuminen ja likaantuminen
- korjaustapaan liittyvien järjestelmien huollon laiminlyönti.

C) Pääasiassa pintarakenteisiin liittyvä korjaus, jossa rakennetta korjataan sen ilmatiiviyttä ja tuuletusta parantamalla. Lisäksi tehdään paikallisia, selkeästi rajattavia vauriokorjauksia. Samalla parannetaan rakenteen kosteusteknistä toimintaa. Tässä korjausvaihtoehdossa vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen.

Rakenteiden ilmatiiviyden parantamiseen tähtäävien korjausten tavoiteikä on 15–20 vuotta. Tavoiteikää vähentäviä tekijöitä ovat mm.

- rakenteiden liitosten epätiiviyskohdat (tiivistyksen on toteuduttava kokonaisuutena)
- korjauksessa käytetyt materiaalivalinnat (eri materiaalien huomattavien kestävyyserojen vuoksi)
- tiivistettävän alustan liikkeet (tiivistettävien rakenteiden erilaiset lämpö- ja kosteusliikkeet, rakenteiden taipuma, esim. puun ja kiviaineisen materiaalin liitoksessa on enemmän liikettä kuin kiviaineisten materiaalien liitoksessa)
- tiivistettävän alustan epätiiviys (esim. lautalattia)
- korjaustyön toteutuksen huolimattomuus/epäonnistuminen.

**Valittava korjaustoimenpide voi olla tarpeen mukainen yhdistelmä eritasoisia korjausmenetelmiä. Kaikissa tapauksessa ensisijainen korjaustoimenpide tulee aina olla vaurion aiheuttajan poistaminen. Lisäksi tulee pyrkiä joko poistamaan vaurioituneet materiaalit tai estää vaurion aiheuttama haitta sisäilmaan.**

Jokaiseen rakennetyyppiin erityisesti liittyvät laadunvarmistus- ja seuranta-toimenpiteet on käsitelty lyhyesti kunkin korjaustavan kohdalla. Laadunvarmistusmenetelmät on käsitelty yleisellä tasolla luvussa 4 *Laadunvarmistusmenetelmät*.

Esitettävät korjausrakennetyypit ovat periaatteellisia, ja korjaussuunnittelussa on otettava huomioon kunkin kohteen erityispiirteet ja yksityiskohdat. Oppaan liitteissä 2.1–2.9 olevissa korjausrakennetyypeissä esitetyt rakennevahvuudet ovat viitteellisiä, mutta tyyppillisiä kyseisten rakenteiden valmistumisajankohdille. Lopullisen valinnan rakenteiden korjaustavasta tekee aina kohteen korjaussuunnittelija.

### Korjausten käyttöikä

Määritelmän mukaan korjausten käyttöikä on ajanjakso, jonka rakenne tai sen osa täyttää tai ylittää sille asetetun vaatimustason normaalisti huollettuna (ISO 15686-1 2011). Lähtötietoina käyttöikäsuunnitteluun tarvitaan materiaali- ja rakennetietojen lisäksi korjattua rakennetta rasittavat olosuhdetiedot sekä ajanjakso, jonka korjauksen edellytetään kestävän (suunnittelukäyttöikä).

Suunnittelukäyttöikä määritellään ajanjaksoksi, jossa korjausratkaisun tekniset ominaisuudet säilyvät valitulla todennäköisyydellä vaadittavalla tasolla normaalein huoltotoimenpitein. Suunnittelukäyttöikä arvioidaan normaalisti 95 % varmuustasolla käyttäen log-normaalista jakaumaa. Tämä tarkoittaa, että 5 % korjauksista jää alle tavoitellun käyttöiän, mutta 95 % ylittää sen (kuva 3.2). (Punkki 2016)

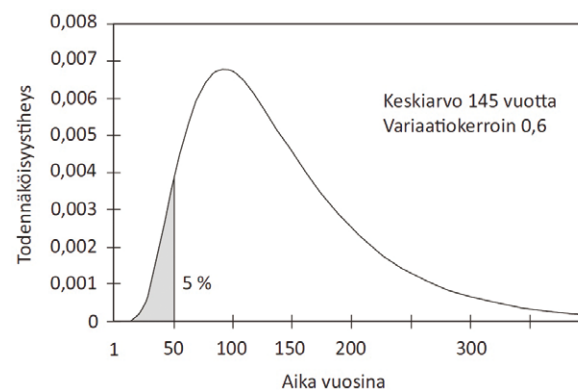
Edellisten lisäksi korjausten käyttöikäkysymyksissä on erilaisia näkökulmia, kuten esimerkiksi:

- Miten kauan korjausratkaisu estää uusien vaurioiden syntymisen?
- Miten itse korjaustuotteet kestävät?
- Mikä on ulkonäöllinen käyttöikä, kuten värien haalistuminen sekä miten pinnat likaantuvat ja kuluvat?

Käyttöikä tarkastelussa voidaan ottaa esille myös korjaustuotteille annettavat takuuajat, joita on kuitenkin käsiteltävä tuotekohtaisesti, tai jopa projekti-kohtaisesti myönnettävinä takuuajoina.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjaustavan käyttöikäkysymyksissä tulisi ensisijaisesti käsitellä teknistä käyttöikää, joka tarkoittaa käytännössä korjausratkaisun toimivuutta, suojaustehon säilymistä ja materiaalien kestävyttä. Korjausratkaisua tulee arvioida aina kokonaisuutena eikä yksittäisen tuotteen tai materiaalin kestoikää arvioimalla. Koko ratkaisun käyttöikään vaikuttaa materiaalien ominaisuuksien lisäksi myös suunnitelmien laatu ja työsuorituksen huolellisuus muun muassa erilaisten yksityiskohtien osalta. Edelleen säännöllinen ja oikein mitoitettu huolto on pitkän käyttöiän edellytys.

Kokonaisen rakennuksen osalta korjattavia rakennusosia, rakenteita ja teknisiä järjestelmiä voi olla useita. Korjausvaihtoehtoja valittaessa on suositeltavaa valita käyttöiältään samantasoisia korjausratkaisuja eri rakennusosiin ja teknisiin järjestelmiin. Koko rakennuksen korjauksen käyttöiän kannalta lyhyimmän käyttöiän rakennusosa tai tekninen järjestelmä määrittää samalla koko rakennuksen korjauksen käyttöiän.



Kuva 3.2. Esimerkki käyttöikäjakaumakäyrästä 50 vuoden suunnittelukäyttöiällä. (Punkki 2016)

### 3.2.1

## Rakennuksen kuivatusrakenteet

Kosteus- ja mikrobivauriot aiheutuvat usein puutteellisista rakennuspaikan kuivatusrakenteista ja puutteellisesta sadevedenpoistosta. Rakenteisiin ohjautuvat sade-, sulamis- ja pohjavedet mahdollistavat kosteusvaurion synnyn maaperään yhtey-



dessä olevissa rakenteissa. Rakennuksen perustusta maanvastaisiin rakenteisiin liittyvissä korjauksissa tulee kiinnittää huomiota myös kuivatus- ja sadevedenpoistojärjestelmien korjaustarpeisiin.

Tyypillisiä kuivatusrakenteiden puutteita ovat sadevesien ohjautuminen kohti rakennusta (maanpinta rakennuspaikalla viettää kohti rakennusta), kapillaarinen vedennousu maaperästä alapohjaan ja maanvastaisiin seinärakenteisiin sekä puutteellinen sadevedenpoistojärjestelmä (räystäskourujen ja syöksytorvien kautta tuleva vesi ohjautuu kohti ulkoseinä- ja perustusrakenteita). Myös rakennuspaikan salaojitus on usein puutteellinen: Se joko puuttuu, salaojaputket on sijoitettu väärään paikkaan perustuksiin nähden, ne eivät toimi suunnitellulla tavalla tai järjestelmässä on tukoksia. Tyypillisesti tukoksia salaojiin aiheuttavat kasvilisuuden juurakot sekä liian hienojakoisesta maaineksesta tehdyt täytöt. Kallioisilla rakennuspaikoilla oman lisänsä maanvastaisten rakenteiden kosteuslähteisiin tuo kalliopintaa pitkin ohjautuva tai kallion raoista tuleva vesi, joka voi myös olla paineellista. Usein kuivatuksen suunnittelussa ei ole otettu huomioon kallion vedenläpäisyä, joka on samaa luokkaa siltin kanssa.

### **Sadevesien ohjaus vesikatolta**

Sadevedet ohjataan pois vesikatolta joko ulkotai sisäpuolisella vedenpoistolla. Ulkopuolinen vedenpoisto soveltuu parhaiten jyrkille katoille, joissa on leveät räystäät. Räystäskouruilta sadevesi ohjataan syöksytorville ja sadevesikaivoille tai loiskekouruille. Syöksytorven ja sadevesikaivon asemoinnin toisiinsa nähden tulee olla sellainen, ettei vesi roisku rännikaivon reunan yli kovallaan sateella.

Sisäpuolisessa sadevedenpoistojärjestelmässä kattovedet ohjataan kattokaivoihin ja niistä sadevesiviemäriin. Kattokaivojen tukkeutumisen varalta räystäsrakenteeseen seinälinjan ulkopuolelle voidaan ulottaa ylijuoksutuskouru tai putki (ns. ulosheittäjä), joka varmistaa, että sadevedet ohjautuvat hallitusti pois katolta kattokaivon tukkeutuessa. Sisäpuolisessa vedenpoistojärjestelmässä olennaista on, että kattokaivo on liitetty tiiviisti sadevesiviemäriin ja sadevesiviemäriverkoston on kestettävä paineellista vettä. Lisäksi viemäri-liitoksen tai -läpiviennin tulee olla liitetty tiiviisti yläpohjan höyrynsulkurakenteeseen. Kantavan rakenteen yläpuolella ei sallita sadevesijärjestelmän vaakavetoja.

### **Sadevesien ohjaus pois perustusten viereltä**

Sade- ja sulamisvedet tulee johtaa pois rakennuksen viereltä. Rakennusta ympäröivä maanpinta muotoillaan rakennuksesta pois päin viettäväksi siten, että maanpinta kallistuu rakennuksesta pois päin kolmen metrin matkalla vähintään 150 mm. Jos rakennus rajoittuu katuun tai tontin reunaan, tulee kallistukset tarkastella tapauskohtaisesti. Mikäli tontilla sijaitsee rakennusta kohti viettävä rinne, ylärinteen puolelta tulevien sadevesien tulee ohjautua rakennuksen ohi.

Rakennuksen vierellä maanpinnan tulee olla vähintään 300 mm valmista lattian pintaa alempana kellarikerroksen lattiaa lukuun ottamatta. Jos lattian yläpinta on erityisestä syystä (esimerkiksi sisäänkäyntien kohdalla) tätä alempana, on varmistuttava, ettei sade- ja sulamisvesiä tunkeudu ja siirry lattia- ja seinärakenteisiin.

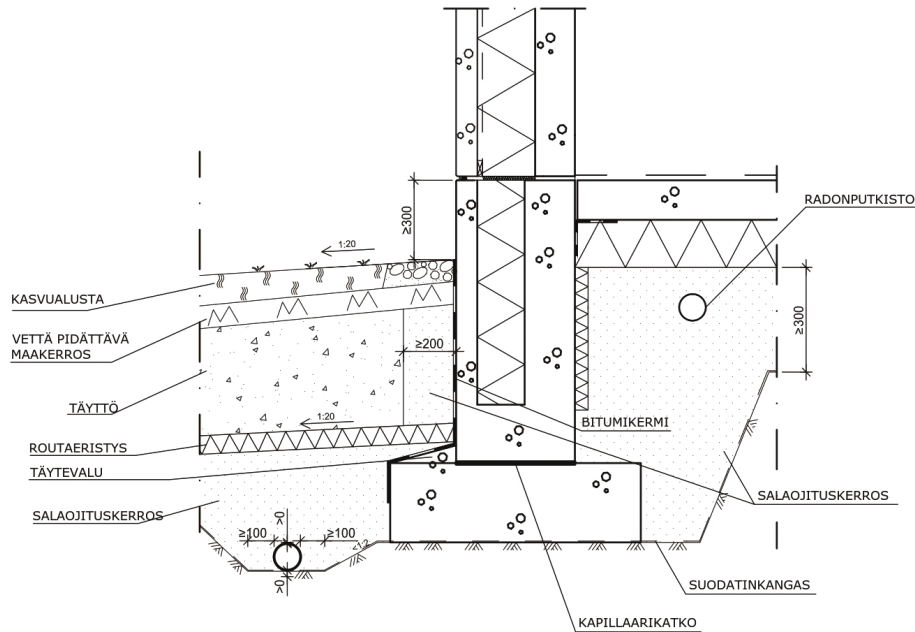
### **Salaojitus rakennuksen ulkopuolella**

Rakennuspohja tulee salaojittaa kapillaarisen veden nousun estämiseksi maaperästä perustusrakenteisiin. Rakennuspohja voidaan jättää salaojittamatta, mikäli erikseen selvitettyä perusmaan vedenläpäisykyky on todettu riittävän hyväksi eikä korkein pohjaveden korkeus ole ollut haitallinen.

Salaojaputkistojen tulisi pääsääntöisesti sijaita rakennuksen perustusten ulkopuolella ja anturan alapinnan alapuolella. Syvälle meneviä pilari- tai perusmuuriperustuksia käytettäessä tulee salaojaputken olla pilarien välisen sokkelipalkin alapuolella tai riittävän syvällä perusmuurin yläosan suojaamiseksi alempana olevalta kosteudelta. Perustusten kuivatusrakenteita on esitetty kuvassa 3.3.

Mikäli salaojajärjestelmä on osin tai kokonaan puutteellinen, se tulee korjata pohjarakenteiden suunnittelijan tai korjaussuunnittelijan laatiman salaojajärjestelmän mukaisesti. Yleensä järjestelmä rakennetaan kokonaan uudestaan, jolloin rakennusta ympäröivä maa-aines kaivetaan pois. Tällöin myös sokkelin, maanvastaisen seinän ja perustusten kunto sekä kosteus- ja lämpötekniinen toimivuus voidaan tarkastaa ja tarvittaessa korjata. Maanvastaisen seinän vedeneristyksen tulee olla lämmöneristeenä käytettävän solumuovieristeen alla, jolloin lämmöneriste myös suojaa vedeneristettä mekaanisilta rasituksilta.

Rakennuksen salaojajärjestelmä koostuu salaojaputkista, salaojituskerroksesta, salaojakaivoista, tarkastusputkista/-kaivoista ja kokoojakaivosta



Kuva 3.3 Perustusten kuivatusrakenteet.

(perusvesikaivosta). Vedet johdetaan yleensä perusvesikaivosta hulevesiviemäriin, mutta joissakin tapauksissa ne on luvallista johtaa joko imeytyskenttään tai avo-ojaan. Salaojituserroksen tarkoituksena on siirtää vedet salaojaputkistoihin. Salaojituserros tehdään karkearakeisesta maaineksestä rakennuksen ympärille ja alle. Järjestelmän toiminnan kannalta olennaista on, että salaojituserros muodostaa suoraan salaojaputkistoon yhteydessä olevan materiaalikerroksen.

Salaojaputket asennetaan pääsääntöisesti suoraviivaisesti tarkastuskaivoittain. Yksi mutka voidaan kuitenkin sallia kutakin kaivoväliä kohti. Kaivot tulisi sijoittaa rakennuksen nurkkien läheisyyteen sekä salaojien liittymä- ja korkoerokohtiin. Salaojaputkien kaltevuuden tulee olla vähintään 1:200; tavallinen kaltevuus on 1:100.

Sade- ja pintavesien sekä katoilta valuvien vesien pääsy salaojituserrokseseen on estettävä.

Rakennuksen vierustalla sokkeliä tai maanvastusta seinää vasten tulee olla pysty-salaojakerros, jonka paksuus on vähintään 200 mm. Käytettävän alustäyttömateriaalin tulee täyttää voimassa olevat kapillaarikatkokerroksen läpäisevyysuudatukset. (RIL 126-2009) Salaojituserros voidaan toteuttaa myös teollisesti valmistetuilla tuotteilla.

Rakennuspohjan kuivattamiseen liittyviä suunnittelunäkökohtia on esitetty mm. julkaisuissa RIL 126-2009 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus ja RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteuden-eristysohjeet.

### Salaojitus rakennuksen sisäpuolella

Lähtökohtaisesti salaojitus tehdään rakennuksen ulkopuolelle. Korjauskohteissa, joissa sokkeli rajoittuu katuun, joudutaan joskus käyttämään rakennuksen sisäpuolista salaojitusta. Samoin tapauksissa, joissa alapohjarakenteet uusitaan, mutta rakennuksen ulkopuolisiin rakenteisiin ei kosketa, on usein suositeltavaa asentaa rakennukseen sisäpuolinen salaojitus.

Maanvastaisissa alapohjissa sisäpuolinen salaojitus vaatii usein rakennuksen sisäpuolelle asennettavan pumppaamon, josta vedet on johdettava viemäriverkostoon. Pumppaamon ja putkiston mitoitus tulee tehdä tapauskohtaisesti LVI-suunnittelijan toimesta. Ryömintätilaisissa alapohjissa sisäpuolisten salaojien purkuputkiston rakentaminen saattaa edellyttää sokkelin läpäisyä tai anturan alitusta.

## Maanvastaiset alapohjat

### Yleistä maanvastaisten alapohjien vaurioitumisesta ja vaurioista

Maanvastaisiin alapohjarakenteisiin voi syntyä kosteus- ja mikrobivaurioita kapillaarisesti nousevan kosteuden tai diffuusiolla maaperästä siirtyvän kosteuden seurauksena. Muita kosteuslähteitä, jotka voivat aiheuttaa maanvastaisiin lattiarakenteisiin kosteusvaurioita, ovat rakenteen yläpuoliset tai sisäiset putkivuodot, maaperässä olevat kosteuslähteet tai rakennusaikainen kosteus. (Pitkäranta (toim.), 2016) Maanvastaisissa rakenteissa korkea kosteuspitoisuus aiheuttaa vaurioita lattioiden pintarakenteissa ja liittyvissä rakenteissa. Lattian pintarakenteiden vaurioita ovat mm. lattiapinnoitteiden tai niiden kiinnittämisessä käytettyjen liimojen hajoaminen, lattiapinnoitteiden irtominen alustastaan, erilaiset värimuutokset sekä mikrobivauriot (Asikainen ja Peltola (toim.), 2008).

Maanvastaisten rakenteiden alla on tyypillisesti mikrobikasvulle otolliset olosuhteet (korkea kosteuspitoisuus ja lämpötila). Epäpuhtaudet voivat päätyä huoneilmaan laatassa olevien epätiivien liitosten, läpivientikohtien ja halkeamien kautta. Ehjä betonilaatta itsessään on ilmatiivis. Usein laattassa esiintyy kuitenkin erilaisia halkeamia kutistumisesta johtuen, mikä heikentää laatan tiiviyyttä.

Alapohjalaattojen alla käytetyt täyttömateriaalit ovat tyypillisesti olleet liian hienojakoisia jopa 2010-luvulle saakka, mikä on mahdollistanut kosteuden kapillaarisen nousun alapohjarakenteeseen. Alapohjatäyttöjen kiviaineksessa esiintyy tyypillisesti suurta alueellista vaihtelua mm. kiviainesten saatavuuden mukaan. Lisäksi alapohjan alustäytöstä löytyy lähes poikkeuksetta mikrobeja. Kumpikaan näistä ei ole yksinään alapohjalaatan purkuperuste, vaan niiden aiheuttama haitta on ensin osoitettava. Alapohjaan on voitu myös jättää erilaisia rakennusmateriaaleja, kuten laastia, tiiliä tai muottilautoja. Alapohjarakenteissa on voitu käyttää lämmöneristeenä mineraalivillaa, joka niissä olosuhteissa vettyy ja menettää lämmöneristävyysominaisuutensa. Suurissa rakennuksissa lattian keskialueilla ja kellarikerroksen tiloissa lattian alla ei yleisesti ole lämmöneristystä välttämättä ollenkaan, jolloin maaperän lämmitessä diffuusiovirta on maasta sisätiloihin. Betonilaatan alla on toisinaan käytetty muovikalvoa diffuusioitiiviinä kerroksena.

### Yleistä maanvastaisten alapohjien korjaamisesta

Maanvastaisten alapohjien korjauksille on tyypillistä, että vaurion syytä ei aina saada poistettua ilman kohtuuttoman järeitä purkutoimenpiteitä. Korjauksissa, joissa rakennetta ei kokonaan uusita, on pyrittävä estämään vaurioituneen materiaalin haitallinen vaikutus rakenteisiin ja sisäilmaan. Maaperästä kapillaarisesti ja diffuusion vaikutuksesta siirtyvän kosteuden kulku on hallittava alapohjarakenteessa siten, ettei rakenteen kosteus nouse haitallisen suureksi. Lisäksi korjauksilla on estettävä rakenteissa olevien epäpuhtauksien, maaperässä olevien epäpuhtauksien ja radonin siirtyminen sisäilmaan. Radonkorjauksissa tulee noudattaa Säteilyturvakeskuksen (STUK) ohjeituksia, joiden mukaan radonkaivo tai -imuri ovat tehokkaimmat menetelmät. Useassa tapauksessa tällaisten toteuttaminen vaatii mm. alapohjan avaamista laajalta alueelta.

Korjausten yhteydessä tulee kiinnittää huomiota myös rakennuksen ilmanvaihtoon. Se on säädettävä siten, että sisätilat ovat mahdollisimman tasapaineisia laatan alapuoliseen maahan nähden. Tyypillisesti maanvastaisen alapohjan korjauksessa parannetaan samalla myös rakenteiden tiiviyyttä. Radonongelman korjaaminen tiivistämällä vaatii alapohjarakenteilta ja niiden liitoksilta erittäin hyvää tiiviyyttä, minkä toteuttaminen saattaa olla huomattavan vaikeaa tai jopa mahdotonta.

Perusteellisissa korjauksissa, joissa maanvastaisen alapohja uusitaan joko kokonaan tai osittain, voidaan alapohjaan kohdistuvaa kosteusrasitusta pienentää rakennuksen sisäpuolisella salaojituksella, ks. kohta 3.2.1 *Rakennuksen kuivausrakenteet*.

Maanvastaisten alapohjien korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi liitteessä 2.1 *Maanvastaisten alapohjien korjausmenetelmät* sekä liitteessä 2.9 *Liitosdetaljit ja läpiviennit*.

## Ryömintätilaiset alapohjat

### Yleistä ryömintätilaisten alapohjien vaurioitumisesta ja vaurioista

Ryömintätilan lämpö- ja kosteusolosuhteisiin vaikuttavat oleellisesti vuodenajat eli ulkoilman olosuhteiden muutokset. Jos ryömintätilan tuulettuminen on vähäistä ja lattiarakenne on hyvin lämmöneristetty, ovat ryömintätilan lämpö- ja kosteusolosuhteet samat kuin maaperässäkin.

Ryömintätilaisten alapohjien tyypillisimpiä vaurioiden aiheuttajia ovat rakennuksen ulkopuolisten pintavesien pääsy ryömintätilaan, maaperän runsas kosteudentuotto, korkea ilmankosteus loppukesällä ja syksyllä, ryömintätilan pohjalla oleva kosteuden vaikutuksesta hajoava tai lahoava materiaali ja rakennusjätteet sekä ryömintätilan puutteellinen tuulettuminen.

Näiden seurauksena ryömintätilan kosteus nousee liian korkeaksi, mikä aiheuttaa alapohjarakenteisiin ja niiden pinnoille haitallisessa määrin muun muassa kosteus-, mikrobi- ja korroosivaurioita. Kosteus- ja mikrobivauriot yhdessä alapohjarakenteen liittymien ja läpivientien ilmatiiviyspuutteiden ja sisätilojen liiallisen alipaineisuuden kanssa heikentävät sisäilman laatua. Pitkälle edennyt kosteusvaurio lahottaa puisia alapohjarakenteita ja voi pahimmillaan aiheuttaa rakenteen kantavuuden menetyksen.

### **Yleistä ryömintätilaisten alapohjien korjaamisesta**

Ryömintätilan olosuhteista (kosteus, lämpötila) ja sen pohjan maa-aineksesta johtuen ryömintätilan maapohjassa esiintyy käytännössä aina mikrobikasvua. Myös ryömintätilan pintarakenteissa voi olla vähäistä mikrobikasvustoa, mutta olennaista on, etteivät mahdolliset epäpuhtaudet siirry haitallisissa määrin sisäilmaan alapohjarakenteiden epätiiviykskohtien kautta.

Ryömintätilan rakenteissa sekä tilaan jätetyissä rakennusjätteissä saattaa esiintyä erilaisia haitta-aineita, kuten asbestia ja PAH-yhdisteitä, joita esiintyy mm. erilaisissa eristemateriaaleissa. Haitta-aineiden poistamisessa tai kapseloinnissa tulee käyttää niihin soveltuvia työtapoja ja materiaaleja.

### **Kosteusrasituksen pienentäminen**

Ryömintätilaisten alapohjien korjausten yhteydessä ryömintätilan kosteusteknisiä olosuhteita tulee yleensä parantaa. Parannuksia ovat maaperästä aiheutuvan kosteusrasituksen pienentäminen, kosteuden vaikutuksesta hajoavan tai lahoavan aineksen poistaminen ryömintätilasta ja ryömintätilan tuulettamisen parantaminen. Kosteusrasitusta voidaan pienentää myös tukkeutuneiden salaojien korjaamisella tai salaojien puuttuessa niiden asentamisella. Ryömintätilan tuulettuminen varmistaa myös radonin poistamisen ryömintätilasta.

Ryömintätilassa ei saa olla kosteuden vaikutuksesta hajoavaa tai lahoavaa orgaanista materiaalia.

Rakennusjätteet sekä näkyvää mikrobikasvustoa sisältävä pintamaa on poistettava ryömintätilasta. Maata on poistettava riittävän paksu kerros (vähintään 200 mm). Mikäli alustaan on rakenteellisista syistä jätettävä puuainesta, ne eivät saa olla suorassa yhteydessä maa- tai betoni- yms. pintaan ilman kosteudeneristystä.

**Ryömintätilaisten alapohjien korjausten yhteydessä ryömintätilan kosteusteknisiä olosuhteita tulee yleensä parantaa.**

Maaperän liiallinen kosteudentuotto ryömintätilaan on pyrittävä estämään esimerkiksi seuraavilla keinoilla:

- mahdollisiin vettä kerääviin kalliopainanteisiin asennetaan pumppukaivo tai painanteet muotoillaan betonoimalla niin, ettei vesi pääse lammikoitumaan niihin
- muotoilemalla ryömintätilan maanpinta salaojiin päin viettäväksi koko ryömintätilan alueella
- lisäämällä maapohjaan salaojitus
- maapohjan lämmöneristäminen kevytsoralla (toimii samalla kapillaarikatkona) tai solumuovieristeellä.

Maanpinnan lämmöneristäminen estää lämmön siirtymistä maapohjaan, jolloin ilma ryömintätilassa ei jäähdy. Samoin maapohja pysyy viileämpänä, jolloin siitä haihtuu vähemmän kosteutta ryömintätilan ilmaan.

Rakennuksen ulkopuolelta tulevaa kosteusrasitusta voidaan pienentää rakennusta ympäröivän maanpinnan riittävien kallistusten, ryömintätilan pohjan oikean korkeusaseman, sade- ja sulamisvesien poistojärjestelmän sekä salaojituksen avulla. Erityistä huomiota on kiinnitettävä ylärinteen puolelta sekä maan- että mahdollista kallionpintaa pitkien valuvien vesien poisjohtamiseen. Vettä voi päästä kulkeutumaan ryömintätilaan myös kalliohalkeamien kautta.

### **Ryömintätilan tuulettumisen parantaminen**

Ryömintätilan tuuletus on riittävä, kun maaperästä sekä ulko- ja sisäilmasta tilaan kulkeutuva kosteus ei aiheuta haittaa rakenteiden toimivuudelle ja kestävyydelle eikä rakennuksen sisäilman laadulle.

Ryömintätilan tuuletusta parannettaessa on otettava huomioon, että kaikki merkittävät kosteus- ja mikrobivaurioituneet rakenteet sekä mahdolliset korroosivaurioituneet putkistot ja niiden kiinnitykset tulee myös korjata. Lievät rakenteiden pinnoilla olevat vauriot voidaan korjaussuunnittelijan (mahdollisesti myös kuntotutkijan) tekemän arvioidon perusteella jättää korjaamatta, mikäli alapohjarakenteen tiivyydestä muutoin huolehditaan.

Ryömintätilan painovoimaista tuuletusta voidaan tehostaa lisäämällä tuuletusaukkojen määrää ja jakamalla ne tasaisesti siten, että koko ryömintätila tuuletuu. Kokemusperäisesti tiedetään, että tavanomaisilla rakennuspaikoilla tuuletusaukkojen tehollisen yhteispinta-alan perusmuurissa tulisi olla 1 % alapohjan kokonaispinta-alasta (RII 107-2012, 2012). Painovoimaisen tuuletuksen tuuletusaukot tai -putket johdetaan ulos. Säilekköjen, verkkojen ja mutkien virtausta pienentävä vaikutus on otettava huomioon tuuletusaukon tehollista pinta-alaa määritettäessä. Savupiippuvaikutuksen ansiosta painovoimaista tuuletusta voidaan tehostaa katolle johdetun tuuletusputken avulla.

Ryömintätilaan voidaan myös lisätä koneellinen tuuletus, jolloin ryömintätila yleensä samalla alipaineistetaan sisätiloihin nähden. Poistoilma johdetaan suoraan ulos (yleensä vesikatolle), eli sitä ei yhdistetä rakennuksen muuhun ilmanvaihtoon. Koneellisen tuuletuksen suositeltava määrä vaihtelee välillä 0,5–2 vaihtoa tunnissa ryömintätilan pohjapinta-alaa kohden (Kurnitski & Matilainen). Koneellinen tuuletus on suositeltavaa erityisesti laajarunkoisissa rakennuksissa tai kun ryömintätila on suhteellisen syvällä maan alla, jolloin venttiilien mutkista ja lämpötilaerosta tulee liian iso vastus painovoimaiselle ilmanvaihdolle. Mikäli ryömintätilaa tuuletetaan koneellisesti, on suositeltavaa asentaa järjestelmän pysähtymisestä ilmoittava tai paine-eromuutoksia seuraava hälytinjaite. Tuuletuksjärjestelmä tulisi lisäksi varustaa termostaatilla, joka säätelee ilmanvaihdon tehokkuutta tilan lämpötilan mukaisesti. Tällöin voidaan varmistaa, ettei ryömintätilan lämpötila laske liian alhaiseksi ulkopuolelta johdetun tuuletusilman vuoksi. Koneellisessa tuuletuksessa on otettava huomioon, että ulkoa johdettu korvausilma nostaa kesäaikana ryömintätilan suhteellista kosteutta entisestään. Ryömintätilaan voidaan asentaa myös kosteusanturit, jotka ohjaavat tuuletusta ryömintätilan suhteellisen kosteuden perusteella. Antureiden huollosta ja säännöllisestä kalibroinnista on huolehdittava

jatkossa osana rakennuksen huoltotoimia. Korjausten seuranta on käsitelty tarkemmin luvussa 5 *Korjausten onnistumisen seuranta*.

### **Alapohjan ja ryömintätilan korjaukset tulee suunnitella kokonaisuutena.**

Alapohjan ja ryömintätilan korjaukset tulee suunnitella kokonaisuutena ottaen huomioon myös luvussa 3.2.1 *Rakennuksen kuivatusrakenteet* annetut ohjeet rakennuksen ulkopuolisista kuivatusrakenteista ja sadevedenpoistosta. Alapohjan lisäämmöneristämisen ja ryömintätilan tuuletuksen tehostamisesta voi muodostua kohonnut riski maapohjan routimiselle ryömintätilan lämpötilan alenemisen johdosta. Samoin ryömintätalassa sijaitsevien putkistojen jäätymisriski voi kohota. Nämä seikat on myös otettava huomioon.

Ryömintätalaiten alapohjien korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi liitteessä 2.2 *Ryömintätalaiten alapohjien korjausmenetelmät* sekä liitteessä 2.9 *Liitosdetaljit ja läpiviennit*. **Jokaisessa esitettyssä korjaustavassa on tarkasteltava ryömintätalaiten tuuletus sekä maapohjan kosteusrasitus. Mikäli näissä ilmenee puutteita, on ryömintätalaiten olosuhteiden parantaminen olennaista korjausten onnistumisen kannalta.**

#### 3.2.4

### **Maanvastaiset seinät**

**Yleistä maanvastaisten seinien vaurioitumisesta**  
Maanvastaisten seinien kosteuslähteitä ovat hule- ja pohjavedet, sisäilman kosteus, rakennuskosteus sekä diffuusiolla maaperästä siirtyvä kosteus. Tyypillinen maanvastaisen seinän vaurioitumistilanne johtuu seinän vedeneristyksen puutteista, jolloin rakenteeseen pääsee kulkeutumaan kosteutta maaperästä diffuusion ja maa-aineksen kapillaarisuuden vuoksi. Lisäksi usein rakennuksen vierustan pinnantasauksessa, salaojajärjestelmässä sekä hulevesien poisjohtamisessa on puutteita, jotka lisäävät seinään ja perustuksiin kohdistuvaa kosteusrasitusta. Maanvastaisen seinän sisäpuolelle asennetut alkuperäiset lämmöneristeet (kuten sementtilastuvillalevyt ja mineraalivillaeristeet) ja verhomuuraukset sekä myöhemmin tehdyt lisäämmöneristykset mikrobivaurioituvat tyypillisesti kivirakenteen ja eristeen rajapinnasta. Lisäk-

si sisäpuoliset pinnoitteet voivat hilseillä ja irrota kosteusrasituksen vuoksi.

Maanvastaisten rakenteiden vaurioitumismechanismeja on käsitelty kattavasti Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016-oppaassa.

### **Maanvastaisten seinien korjaamisesta**

Rakennusfysikaalisesti toimivin maanvastaisen seinän rakenneratkaisu on käännetty rakenne, jossa vedeneriste sijaitsee kantavan seinän ulkopinnassa ja lämmöneriste uloimpana rakennekerroksena. Vedeneriste toimii myös rakenteen ilmansulkuna.

Ensisijainen korjaustapa on korjata maanvastainen seinä ulkopuolelta. Tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista, ja maanvastaisten seinien rakennusfysikaalista toimivuutta voidaan joutua parantamaan sisäpuolisella korjauksella. Maanvastaisten seinien korjauksia suunnitellessa periaatteena on, että maanvastaista seinää vasten ei asenneta mikrobivaurioherkkiä materiaaleja, kuten puuta tai kosteuden vaikutuksesta vaurioituvia lämmöneristeitä.

Maanvastaisen seinän korjaustapaa valittaessa tulee kiinnittää huomiota vedeneristyksen ja lämmöneristeiden korjaamisen lisäksi myös salaoja- ja sadevesijärjestelmien kuntoon ja niiden mahdollisiin puutteisiin. Ilmatiiviuden parantamisratkaisut soveltuvat käytettäväksi lähinnä tilanteissa, joissa kosteus maaperästä siirtyy rakenteeseen diffuusiolla ja rakennuksen sadevedenpoistojärjestelmä on toimiva ja kunnossa. Ilmatiiviuden parantamisratkaisuilla usein kuitenkin täydennetään raskaampia korjauksia varmistamaan rakenteiden tiiviys maaperän epäpuhtauksien tai radonin kannalta. Mikäli rakennukseen ei ole asennettu lainkaan salaoja- ja sadevesijärjestelmiä tai niiden kunnossa havaitaan puutteita, myös ne tulisi asentaa tai uusia maanvastaisen seinän korjaustöiden yhteydessä. Sadevesiä ei saa missään olosuhteissa johtaa salaojiin, koska ulkopuolelta peräisin oleva vesi saattaa tällöin kulkeutua perustuksiin ja kastella rakenteet.

Toimiva maanvastaisen seinän kuivatus edellyttää lisäksi oikeanlaista rakennusta ympäröivän maanpinnan tasausta. Tätä on käsitelty luvussa 3.2.1 *Rakennuksen kuivatusrakenteet*.

Usein maanvastaiset seinät sijaitsevat osittain maanpinnan yläpuolella, jolloin maanpinnan yläpuolisiin osiin vaikuttavat ulkoilman olosuhteet. Tällöin seinän maanpäällisen osan tulee olla lämmöneristetty. Usein maanpäällisen osan läm-

möneristäminen jälkikäteen korjausten yhteydessä edellyttää rakenteen maanpäällisen osan ulkopuolista paksunnosta. Sen tulisi lisäksi olla riittävän vesitiivis ja kosteutta kestävä, jotta pinta- ja sadevedet eivät siirry sokkelista maanvastaiseen seinärakenteeseen.

Maanvastainen seinä voi sijaita esim. rinteessä tai se voi rajautua tontin rajalla sijaitsevien rakennuksien tai yläpuolisen kerroksen lattian alle maanvastaisena sisäseinänä. Tällaisen rakennusmassan keskellä sijaitsevan sisäseinän tilanne on usein ongelmallisempi, sillä maapohjan lämpenemisestä aiheutuva kosteusvirta rakennuksen sisään on suurempi. Seinää ei voida korjata ulkopinnan puolelta purkamatta yläpuolisen kerroksen alapohjaa.

Kellarikerroksessa sijaitsevien tilojen ilmanvaihto on tyypillisesti puutteellinen, mikä osaltaan nostaa sisäilman kosteuspitoisuutta samoin kuin kesäkaudella ilmakeuhkeus lämmittämättömissä tiloissa. Ilmanvaihdon tehostamismahdollisuus on otettava huomioon kaikissa maanvastaisiin seiniin liittyvissä korjausratkaisuissa. Lisäksi suurialaisten kalusteiden tai kosteusvaurioherkkien tavaroitten sijoittamista kiinni maanvastaisiin seiniin tulee välttää.

Maanvastaisten seinien korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi liitteessä 2.3 *Maanvastaisten seinien korjausmenetelmät* sekä liitteessä 2.9 *Liitosdetaljit ja läpivoennit*. Näiden lisäksi usein tehdään korjauksia maanvastaiseen alapohjaan, jonka korjausmenetelmiä on käsitelty liitteessä 2.1 *Maanvastaisten alapohjien korjausmenetelmät*.

### 3.2.5

## **Sokkelit**

### **Yleistä sokkelirakenteiden vaurioitumisesta**

Sokkelirakenteiden kosteuslähteitä ovat hulevedet, sisäilman kosteus, rakennuskosteus sekä diffuusiolla maaperästä siirtyvä kosteus. Lisäksi usein rakennuksen vierustan pinnantasauksessa, salaojajärjestelmässä sekä hulevesien poisjohtamisessa on puutteita, jotka lisäävät seinään, sokkeliin ja perustuksiin kohdistuvaa kosteusrasitusta.

Ongelmallisia sokkelirakenteita ovat kosteuden vaikutuksesta vaurioituvaa materiaalia sisältävät sokkelihalkaisut sekä valesokkelirakenteet. Niissä ulkoseinän alasidepuu sekä lattian pinta sijaitsevat ympäröivän maanpinnan tasolla tai jopa sen alapuolella. Alasidepuu sekä seinän alaosan rakenteet

mikrobivaurioituvat helposti. Sokkelirakenteessa ja ulkoseinän alaosissa olevat kosteus- ja mikrobivauriot eivät juuri koskaan ole nähtävissä rakenteiden ulko- tai sisäpinnoilla, vaan ne ilmenevät tyypillisesti haju- ja mahdollisina terveyshaittoina. Sokkelirakenteita korjattaessa on kosteus- ja mikrobivaurioiden lisäksi selvittävä sokkelin betonirakenteen kunto erityisesti vanhemmassa rakennuskannassa ja tehtävä tarvittavat betonirakenteiden korjaukset.

Noin 1960-luvun loppupuolelle saakka sokkelihalkaisussa on usein käytetty lämmöneristeenä mineraalivillaa tai korkki- ja sementtilastuvilla-levyä. Sokkelihalkaisussa oleva lämmöneriste on tyypillisesti yhteydessä tuulettumattoman seinärakenteen lämmöneristekerrokseen. Esimerkiksi tiiliverhotuissa ulkoseinissä sokkelin eristehalkaisu voi kastua seinän läpi tulevasta sadevedestä. Sokkelihalkaisun lämmöneriste voi kastua myös maanpinnan valumavesistä tai esim. katon syöksytorstesta tulevasta vedestä, jos sadevesiä ei johdeta hallitusti pois rakennuksen vierustalta tai sadevesijärjestelmä tai räystäskouru puuttuu kokonaan. Betonirakenteisten sokkeleiden lämmöneristekerrokseen voi päästä ulkopuolista kosteutta myös valumuottien välikkeiden kautta. Erityisesti puiset muottivälitteet imevät itseensä kapillaarisesti kosteutta ja lahotessaan jättävät avoimen reiän betonisokkeliin.

Maanvastaisten rakenteiden vaurioitumismekanismeja on käsitelty kattavasti Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016 -oppaassa.

### **Yleistä sokkelirakenteiden korjaamisesta**

Sokkelirakenteita korjattaessa tulee kiinnittää huomiota rakennusta ympäröivän maanpinnan muotoiluun sekä sen korkeusasemaan suhteessa lattia- tasoon ja seinärungon alareunaan. Maanpinta tulee muotoilla viettämään sokkelirakenteesta pois päin. Lisäksi maanpinnan korkeusasema tulee korjata niin, että ulkoseinän alasidepuu sekä lattiapinnan alin pinta ovat maanpinnan yläpuolella. Tämän korkeuseron tulee olla vähintään 300 mm.

Sokkelirakenteiden korjausten yhteydessä myös salaojajärjestelmän olemassaolo, toimivuus ja kunto tulee tarkastaa. Samoin sadevesiviemäroinnin olemassaolo ja toimivuus tulee selvittää. Mikäli nämä järjestelmät puuttuvat, ne on suositeltavaa rakentaa samalla, kun sokkelirakenteita korjataan.

Sokkelirakenteiden ulkopinnan vedeneristyksen tarve tarkastella korjauksen yhteydessä. Mikäli pinta- ja kattovesien ohjaus, maanpinnan vettä pidättävät kerrokset, vierustäyttöjen salaojituskerrokset, kapillaarikatkot sekä salaojitus tehdään kuten maanvastaisissa seinissä, sokkelirakenteessa ei yleensä tarvita varsinaista vedeneristystä. Jos ulkopuolinen kosteusrasitus on suuri, voidaan perustusten vedeneristeenä käyttää perusmuuri-levyä. (RIL 255-1-2014)

Vaurioituneen materiaalin poistaminen sokkelihalkaisusta on käytännössä mahdotonta, jos ulkoseinää ei pureta. Yleisperiaate sokkelirakenteiden korjauksissa on, että ulkoseinä- ja sokkelirakenne uusitaan vaurioituneelta alueelta sekä vaurioituneet materiaalit poistetaan rakenteesta, mutta korjaussuunnittelijan on harkittava kokonaisuus vaurioitumisasteen ja -laajuuden sekä rakennuksen muiden korjausten kannalta.

Sokkeleiden korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi liitteessä 2.4 *Sokkeleiden korjausmenetelmät* sekä liitteessä 2.9 *Liitosdetaljit ja läpiviennit*. Sokkeleiden korjaamiseen voi usein liittyä myös korjauksia maanvastaisiin alapohjiin, joiden korjausmenetelmiä on käsitelty liitteessä 2.1 *Maanvastaisten alapohjien korjausmenetelmät*.

### 3.2.6

## **Ulkoseinät**

### **Yleistä ulkoseinien vaurioitumisesta**

Merkittävin ulkoseinärakenteiden kosteuslähde on viistosade. Mitä korkeampi rakennus on, sitä suurempi on viistosateen aiheuttama rasitus ulkoseinille. Lisäksi rakennuksen maantieteellinen sijainti vaikuttaa viistosaderasituksen määrään: rannikkoseudun rakennuksissa viistosadetta tulee enemmän johtuen suuremmasta tuulenpaineesta sateen aikana sekä sisämaata suuremmasta sademäärästä. (Pakkala et al., 2016). Lisäksi viistosade kohdistuu vaak- ja viistoihin pintoihin enemmän kuin pystysuoriin pintoihin. Tällaisia vaakapintoja ovat esimerkiksi parvekkeet, vesikatot, katokset ja vinot seinät. (Pentti et al., 1999).

Viistosade aiheuttaa ulkoseinärakenteiden kastumisen kahdesta syystä: Sadevesi tunkeutuu julkisivupinnan läpi joko suoraan lämmöneristeisiin tai tuuletusväliin. Niistä se edelleen kulkeutuu seinärakenteen sisään ja/tai sadevesi vuotaa seinärakenteen sisään puutteellisesti toteutettujen ikkuna- tai räystäspellitysten kautta. Jos ulkoseinä-

rakenteeseen päässyt vesi ei pääse tehokkaasti kuivumaan, saattaa kosteus aiheuttaa mikrobikasvua seinän rakenteisiin. Kohtia, joihin mikrobivaurio voi syntyä, ovat muun muassa seinän ja sokkelihalkaisun kosteuden vaikutuksesta vaurioituvat lämmöneristeet, ikkunoiden apukarmit, karmit sekä ikkunapuitteet. Lisäksi jos julkisivumateriaali ei kestä märkänä tapahtuvaa toistuvaa jäätymsulamisrasitusta, saattaa korkea ulkoverhouksen kosteuspiitoisuus aiheuttaa julkisivumateriaalin pakkasrapautumisen. (Asikainen ja Peltola (toim.), 2008). Ulkolämpötilan noustessa esimerkiksi auringonpaisteen vaikutuksesta sadeveden kastelema ulkoverhous aiheuttaa kosteuden siirtymistä diffuusion vaikutuksesta ulkokuoresta rakenteen sisään. Tällöin ulkoseinän lämmöneristeet kastuvat ja voivat mikrobivaurioitua. Erityisen riskialtista tämä on tiiliseinissä ja niiden ulkokuorta kannattavien betonisten leukapalkkien kohdilla.

Seinärakenteeseen voi kulkeutua ylimääräistä kosteutta myös sisäilmasta diffuusion ja konvektion vaikutuksesta. Mikäli kerroksellisessa ulkoseinärakenteessa ei ole vesihöyryn kulkua vastustavaa höyrynsulkukerrosta lähellä seinärakenteen sisäpintaa, voi sisäilmasta rakenteeseen kulkeutuva vesihöyry tiivistyä haitallisissa määrin ulkoseinärakenteen ulko-osiin tai höyrynsulun sisäpintaan, jos höyrynsulku on liian syvällä seinärakenteessa lämmöneristyksen sijaintiin nähden. Puuttuva höyrynsulku tai sen saumojen, reunojen ja läpivientien epätiiviyyskohdat mahdollistavat kosteuden kulkeutumisen rakenteeseen myös ilmavirtausten mukana (eli konvektiolla). Näin ollen ulkoseinän sisäpinnassa tulee aina lähtökohtaisesti olla höyrynsulkukerros. Poikkeuksen tähän muodostavat yksiaineiset, massiiviset ulkoseinärakenteet, joissa rakenteen vesihöyrynvastus on koko rakenteen matkalla sama.

Ulkoseinien vaurioitumismekanismia on käsitelty tarkemmin esimerkiksi julkaisuissa Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, by 42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013 ja by 44 Rapatun julkisivun kuntotutkimus 1998.

Tässä oppaassa ei käsitellä julkisivujen vaurioitumisen korjauksia, vaan niiden suunnittelua varten on lukuisia muita ohjeita, kuten esimerkiksi by 57 Eriste- ja levyrappaus 2016, by 64 Tuulettuvat julkisivut 2016, JUKO ohjeistokansio.

### **Yleistä ulkoseinien korjaamisesta**

Ulkoseinärakenteet pyrkivät tasapainokosteuteen sekä sisä- että ulkoilman kosteuden kanssa. Tästä johtuen kaikki kosteudensiirtymismuodot (kapillaarisuus, konvektio, diffuusio, painovoimainen ja tuulen aiheuttama siirtyminen) on otettava huomioon ulkoseinärakenteiden korjaussuunnittelussa.

Ulkoseinän kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaamisen yhteydessä julkisivun vesitiiviyys ja rakennusfysikaalinen toimivuus tulee varmistaa ja tarvittaessa korjata. Ulkoseinärakenteiden korjaussuunnittelussa lähtöoletus on, että ulkoverhouksen taakse pääsee joissain tilanteissa vuotoa. Ensimmäisessä vuotovesien pääsy rakenteeseen pyritään estämään rakenneteknisin ratkaisuin, mutta suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota myös ulkoseinärakenteen kuivumismahdollisuuteen kastumisen jälkeen. (Pentti et al., 1999). Ulkoseinärakenteita korjattaessa on kosteus- ja mikrobivaurioiden lisäksi selvitettävä seinärakenteen muu tekninen kunto erityisesti vanhemmassa rakennuskannassa ja tehtävä tarvittavat vaurioiden korjaukset.

Viistosateen aiheuttamia haitallisia vaikutuksia voidaan vähentää suunnittelemalla rakennukseen leveät räystäät ja muotoilemalla julkisivun yksityiskohdat siten, että vesi ohjautuu pois julkisivulta. Esimerkiksi seinäpinnan viistot ja vaakasuuntaiset osat on yleensä pellitettävä johtuen näihin pintoihin kohdistuvasta suuresta sadevesirasituksesta. Kerroksellisissa ulkoseinärakenteissa rakennekerrosten ja pinnoitteiden kastumis- ja kuivumistasapaino tulee ottaa huomioon. Rapatuissa tai pinnoitetuissa julkisivuissa eri rakennekerrosten kosteudenläpäisevyysominaisuudet tulee valita siten, ettei rakenteeseen pääse kertymään kosteutta ja toisaalta kosteus pääsee kuivumaan aiheuttamatta rakenteeseen mikrobi- tai muita kosteudesta aiheutuvia vaurioita (esim. pakkasrapautuminen). (Pentti et al., 1999).

Diffuusiolla ja konvektiolla kulkeutuvan kosteuden haitallisen kertymisen estäminen ulkoseinärakenteessa tulee varmistaa huolehtimalla eri rakennekerrosten riittävästä vesihöyrynläpäisystä ja -vastuksesta sekä ilmanpitävyydestä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että ulkoseinärakenteen sisätilan puolella olevan rakenteen pinnan on oltava vesihöyrytiiviimpi kuin ulkopinnan (Pitkäranta (toim.), 2016, RIL 107). Lisäksi ulkoseinärakenteeseen liittyvien rakenneseosien liitosten, julkisivun saumojen sekä erilaisten läpivientien tulee olla sadevesi-, vesihöyry- ja ilmatiiviitä (Pentti et al.,



1999). Sisäpinnan ilmatiiviydestä tulee huolehtia, jotta ulkoseinärakenteeseen ei kulkeudu konvek-tiolla sisäilman kosteutta. Nykyisin voimassa ole-vien määräysten mukaan rakennusten ilmanvaihto tulee uusissa rakennuksissa suunnitella tasapai-noiseksi ulkoilmaan nähden. Tätä määräystä voi-daan soveltaa myös korjausrakentamiseen. Tästä on seurauksena, että painesuhteet rakennuksen si-sällä vaihtelevat alipaineisesta ylipaineiseen ulko-olosuhteiden mukaan. Aikaisemmin rakennukset on pyritty suunnittelemaan ulkoilmaan nähden aina hieman alipaineisiksi, joten yhtenäinen täysin tiivis höyrynsulkukerros rakenteen sisäpinnassa estää rakenteesta peräisin olevien epäpuhtauksien kulkeutumisen ilmavuotojen kautta seinäraken-teesta sisäilmaan. (Pitkäranta (toim.), 2016).

Ulkoseinien korjausmenetelmiä on käyty perus-teellisemmin läpi liitteessä 2.5 *Ulkoseinien korjausmenetelmät* sekä liitteessä 2.9 *Liitosdetaljit ja läpi-viennit*. Näiden lisäksi usein tehdään korjauksia välipohjiin, joiden korjausmenetelmiä on käsitelty liitteessä 2.7 *Välipohjien korjausmenetelmät*.

### 3.2.7

## Yläpohjat ja vesikatot

### Yleistä yläpohjarakenteiden vaurioitumisesta

Yläpohjarakenteiden kosteus- ja mikrobivaurioi-tuminen on usein seurausta joko katteen puutteel-lisesta sadevesitiiviydestä tai rakenteen puutteel-lisesta ilmatiiviydestä, mutta myös taloteknisiin järjestelmiin liittyvät virheet tai tekniikan ja ma-teriaalien ikääntyminen voivat johtaa vaurioitu-miseen.

Vesikatton puutteellinen sadevesitiiviyys liittyy monesti erilaisten liitosten, saumakohtien tai läpi-vientien puutteelliseen sadevesitiivyyteen. Myös itse katemateriaali voi olla epätiivis, kuten perintein-en tiilikate, jonka alla ei ole aluskatetta. Aluskatteen puuttuminen voi myös muiden katemateriaa-lien kohdalla lisätä kosteuteen liittyvien ongelmien esiintymisen riskiä. Aluskatteen puuttuminen voi katteen alapintaan tiivistyvän kosteuden seurauk-sena johtaa kosteus- ja mikrobivaurioitumiseen. Tuulenpaine voi myös ajaa vettä ja erityisesti lunta sisään rakenteiden erilaisista liitoskohdista. Näi-den seurauksena yläpohjarakenteen sisään pääsee ylimääräistä kosteutta sade- tai sulamisvesistä. Riskit korostuvat katteen ikääntymisen myötä.

Toisena yleisenä yläpohjarakenteiden vaurioi-tyyppinä ovat puutteellisen ilma- ja vesihöyrytii-

viyden aiheuttamat ongelmat. Mikäli sisäpuolinen ilman- ja höyrynsulkukerros ei ole rakenteessa yhtenäinen tai se puuttuu kokonaan, voi yläpoh-jarakenteen sisään kulkeutua sisäilman mukana kosteutta. Tämä voi edelleen tiivistyä rakenteen sisällä ja aiheuttaa kosteus- ja mikrobivaurioitu-mista erityisesti tuulettumattomissa tai heikosti tuuletetuissa yläpohjarakenteissa. Riski vaurioi-tumiseen korostuu korkeiden sisätilojen kohdalla sekä niissä tiloissa, joissa kosteuden tuotto sisäil-maan on suurta, kuten pesutiloissa tai laitoskeit-tiöissä. Mikäli palopermannossa on höyrynsulku rakenteen kylmässä pinnassa, voi tämä kerätä al-leen kosteutta ja johtaa yläpohjan vaurioitumiseen. Ilman- ja höyrynsulkukerros on voinut alun perin olla tiivis, mutta mikäli liitoksissa ei ole sallittu rakenteiden liikkeitä, voi liitoksen tiiviyys heiken-tyä rakennuksen elinkaaren aikana esimerkiksi rakenteiden painumisen, taipumien tai kosteus- ja lämpöliikkeiden seurauksena.

Mikäli talotekniset järjestelmät ovat osatekijä-nä yläpohjarakenteen vaurioitumisessa, liittyy vaurioituminen usein läpivienteihin, joko edellä mainitun puutteellisen tiiviyden johdosta tai läpi-vientien, kuten kanavien ja putkien puutteellisen lämmöneristyksen johdosta. Esimerkkinä voidaan mainita valurautaiset kattokaivot ja viemäreiden tuuletusputket, joiden lämmöneristys on puut-teellinen. Niiden mahdollista lämmöneristystä ei välttämättä ole toteutettu vesihöyrytiivin pinnan omaavalla lämmöneristeellä, jolloin ilmassa oleva kosteus voi tiivistyä putken pintaan ja johtaa koste-us- ja mikrobivaurioitumiseen. Kattokaivojen koh-dalla ongelma voi liittyä lisäksi katon painumiin, jolloin kallistukset eivät välttämättä enää ohjaa sadevesiä kattokaivoihin.

Yläpohja- ja vesikattorakenteiden vaurioitumis-mekanismeja on käsitelty yksityiskohtaisemmin mm. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016 -oppaassa.

### Yläpohja- ja vesikattorakenteiden korjaamisesta

Rakennusfysikaalisesti toimiva yläpohjarakenne on rakenne, jonka sisätilojen puoleisessa pinnassa on riittävän ilma- ja höyrytiiviyden omaava mate-riaalikerros. Se estää sisäilmassa olevan kosteuden kulkeutumisen rakenteen sisälle sekä estää mah-dollisten epäpuhtauksien leviämisen rakenteesta sisäilmaan. Ilma- ja höyrytiiviyteen tulee kiinnit-tää erityistä huomiota erilaisissa liitos- ja jatkos-kohdissa, kuten läpivientien sekä seinäliitosten

kohdalla (yläpohjan liitoksissa ulko- ja väliseinien kanssa). Ilmatiiviiden liitosten toteutusta on ohjeistettu mm. Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa (Aho & Korpi 2009), Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita (Lahdensivu et al., 2012) sekä Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous (Vinha et al., 2010) -julkaisuissa.

Erilaisten läpivientien toteutukseen on saatavilla kaupallisia tuotteita ja järjestelmiä, joilla riittävä tiiviyys voidaan saavuttaa. Tärkeää ilmatiiviiden liitosten suunnittelussa on ottaa huomioon rakenteen kosteus- ja lämpöliikkeet, rakenteiden taipuminen sekä toteutustavan pitkäaikaiskestävyys. Mikäli tiivistys toteutetaan läpiviennin kohdalle tehtävällä elastisella massalla tai polyuretaanivaahdolla, tulee tällä tiivistystuotteella olla riittävän suuri muodonmuutoskyky ja tartunta läpivientiin sekä ympäröivään ilman- ja höyrynsulkukerrokseen. Liitosta voidaan edelleen vahvistaa mm. läpivientikumilla tai teippaamalla. Tällainen tiivistystapa soveltuu käytettäessä levyjäisiä tuotteita ilman- ja höyrynsulkukerroksen muodostamiseen.

Käytettäessä höyrynsulkumuovia tulee liitoksiin periaatteellisesti jättää ylimääräistä muovia, joka mahdollistaa rakenteiden liikkeet ilman, että höyrynsulkumuovi repeää. Höyrynsulkumuovikalvot tulee liittää toisiinsa riittävällä limityksellä ja tämä limityssauma tulee sijoittaa tiiviiden tukikerrosten, esimerkiksi ruuvein kiristettyjen puulistojen, väliin. Lisäksi liitoksen tiiviyys varmistetaan teippaamalla. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää limityksessä molemmista pinnoista liimautuvia tiivistys- tai liitosnauhoja höyrynsulkumuovikerrosten välissä. Höyrynsulkumuovi ei saa jäädä kuormituksen alaiseksi, eli esimerkiksi lämmöneristeiden paino ei saa olla yksistään höyrynsulkumuovin varassa.

Toinen keskeinen tekijä rakennusfysikaalisesti toimivassa yläpohjarakenteessa on katemateriaalin riittävä sadevesitiiviyys, joka estää ulkopuolisen kosteusrasituksen pääsyn rakenteen sisälle lämmöneristeisiin ja kantaviin rakenneseisiin. Katteen sadevesitiiviyys voi perustua varsinaiseen katemateriaaliin, sen alla olevaan aluskatteeseen tai näiden kahden materiaalikerroksen yhdistelmään. Aluskatteen asennus tulee toteuttaa tiiviisti. Tämä varmistetaan liittämällä aluskatteen jatkokset ja saumat, käyttämällä läpivientitiivisteitä aluskatteen kohdalla, huolehtimalla aluskatteen riittävästä kiinnityksestä sekä jatkamalla aluskate ulkosei-

nän ulkopinnan ylitse (vähintään 250 mm), jotta aluskate ei johda vettä ulkoseinärakenteen sisälle.

Tuulettuvissa yläpohjarakenteissa rakennusfysikaalisen toimivuuden kannalta kolmas keskeinen tekijä on vesikattorakenteen ja lämmöneristeiden väliin jäävän tuuletusvälin/-tilan riittävä tuulettuminen. Ullakolla ja tuuletusvälissä olevassa ilmassa oleva kosteus voi ajoittain tiivistyä esimerkiksi vesikattorakenteen alapintaan. Riittävän tuuletusvälin sekä diffuusioavoimen aluskatteen avulla voidaan vähentää kosteuden tiivistymisen ja siitä seuraavien riskien esiintymistä ja haittavaikutuksia.

Käännettyjen kattojen, tuulettumattomien ja heikosti tuulettuvien yläpohjarakenteiden, tapauksessa korjaussuunnittelijan on syytä arvioida kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen sisältöä. Näille kolmelle yläpohjan rakennetyypille on tyypillistä, ettei rakenteen kuntoa voida yleensä tarkastaa silmämääräisesti laaja-alaisesti koko rakenteen osalta, jolloin riskinä on pistemäisten tai piilevien korjaustarpeiden jääminen havaitsematta.

Elementtirakenteisessa yläpohjassa, esimerkiksi ontelolaatoin toteutetussa katossa, pitkäaikaiskestävä ilman- ja höyrynsulkukerros saavutetaan vähintään saumojen päälle asennetulla bitumikermillä tai muilla tiivistystuotteilla. Tiivistys voidaan tehdä myös kauttaaltaan koko rakenteeseen. Tehtävää tiivistystä voidaan mahdollisuuksien mukaan hyödyntää työmaavaiheessa sääsuojana. Valetut elementtisaumat yksistään eivät välttämättä takaa ilmatiiviiden säilymistä rakenteen elinkaaren aikana.

Hyvin tuulettuvassa yläpohjarakenteessa vesikatton puutteellinen sadevesitiiviyys ja yläpohjasekä vesikattorakenteen muu vaurioituminen on yleensä helpommin havaittavissa, jolloin myös elinkaaren aikana tapahtuva rakenteen kunnan seuranta ja korjaustarpeiden arviointi on helpompi järjestää. Yläpohja- ja vesikattorakenteiden korjausta suunniteltaessa voidaan arvioida myös mahdollisuutta kattotyypin muutokseen arkkitehtoniset, rakennetekniset sekä muut lähtökohdat huomioon ottaen.

Yläpohja- ja vesikattorakenteen vaurioitumisesta riippuen korjaustarvetta esiintyy monesti myös liittyvissä rakenneseosissa, kuten ulko- tai väliseinien yläosissa. Näiden korjaustarve tulee ottaa huomioon yläpohja- ja vesikattorakenteen korjaamisen yhteydessä tässä oppaassa rakennusosakohtaisesti esitetyn mukaisesti.

Yläpohjien korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi liitteessä 2.6 *Yläpohjien korjausmenetelmät* sekä liitteessä 2.9 *Liitosdetaljit ja läpiviennit*.

3.2.8

## Välipohjat

### Yleistä välipohjien vaurioitumisesta

Välipohjan kosteus- ja mikrobivaurion aiheuttajana on tyypillisesti rakennusaikainen kastuminen, rakennuskosteus, putkivuodot, kosteiden ja märkätilojen vuodot, lattioiden siivoaminen runsaalla vedellä sekä sisäilman kosteuden tiivistyminen kylmiin pintoihin (kylmäsiltojen kohdalle). Rakennuksen eri kerrosten välillä vallitsevat liian suuret paine-erot synnyttävät ilmavirtauksia, joiden vuoksi epäpuhtaudet voivat levitä vauriokohdasta sisäilmaan rakennusosien epätiiviyden liittymien ja läpivientien kautta. Vauriot saattavat aiheuttaa huomattavia sisäilmaongelmia ja niiden korjaaminen laajamittaisia toimenpiteitä.

Vanhojen rakennusten välipohjat voidaan karkeasti jakaa teräsbetonisiin ja puurakenteisiin välipohjiin kantavan rakenteen perusteella. Puurakenteisissa välipohjissa kosteuden vaikutuksesta herkästi vaurioituvia materiaaleja ovat erilaiset orgaaniset täytteet kuten turve, sammal, olki, sahanpuru ja kutterinlastu. Teräsbetonirakenteisissa välipohjissa suurimman riskin muodostavat rakenteen sisään jätetyt muottilaudoitukset ja täytteet sekä kantavan ja pintabetonilaatan välissä oleva täytemä eristekerros (esimerkiksi mineraalivillamatto, lastuvillalevy tai hiekka).

Puurakenteisissa välipohjissa kosteuden aiheuttamia vaurioita voi esiintyä välipohjätäytteiden lisäksi myös kantavien vasojen päissä, koska ne on upotettu muuratun ulkoseinän sisään.

### Yleistä välipohjien korjaamisesta

Kuntotutkimuksissa on olennaista selvittää käyetyt rakenneratkaisut sekä syntyneiden vaurioiden syyt ja laajuus riittävällä varmuudella. Rakenteiden ja erityisesti niiden liittymärakenteiden luotettava selvittäminen edellyttää yleensä riittävän suurten tutkimusaukkojen tekemistä. Korjaussuunnittelussa on olennaista varmistaa, että vauriot saadaan poistettua rakenteesta tai mikäli tämä ei ole mahdollista, niiden vaikutus sisäilmaan poistetaan. Välipohjiin kohdistuvissa korjaustoimenpiteissä tulee ottaa huomioon rakenteessa mahdollisesti tapahtuvat kosteus- ja lämpötekniikan toimivuuden

muutokset, alkuperäisen rakenteen kantavuus ja mahdollinen vahvistustarve sekä välipohjarakenteen mahdollinen palo-osastoivuus ja ääneneristävyyden esim. päällekkäisten asuntojen välillä. Tällöin välipohjat on korjaustavasta riippumatta yleensä tehtävä ilmatiiviiksi. Tiivistysvaatimuksena riittää silloin kuitenkin normaali uudisrakentamisen taso, kun varsinaisissa tiivistyskorjauksissa vaaditaan huomattavasti tiiviimpiä rakenteita.

Välipohjien korjausten yhteydessä tulee kiinnittää huomiota myös rakennuksen ilmanvaihtoon. Välipohjarakenteen yli tulisi vallita tasapainotila. Tietyissä tilanteissa välipohjarakenne voidaan alipaineistaa huonetiloihin nähden varmistamaan, etteivät välipohjarakenteessa olevat epäpuhtaudet kulkeudu huoneilmaan.

Välipohjien korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi liitteessä 2.7 *Välipohjien korjausmenetelmät* sekä liitteessä 2.9 *Liitosdetaljit ja läpiviennit*. Näiden lisäksi usein tehdään korjauksia ulkoseiniin, joiden korjausmenetelmiä on käsitelty liitteessä 2.5 *Ulkoseinien korjausmenetelmät*.

3.2.9

## Märkätilat

Tässä luvussa on keskitytty ensisijaisesti vedeneristeen korjaamiseen tai uusimiseen yhtenäiseksi. Tämä ei kuitenkaan yleensä riitä märkätilojen kosteus- ja mikrobivaurioiden korjauksissa, vaan märkätilaa ympäröivät rakenteet tulee korjata tämän oppaan muissa luvuissa esitettyjen periaatteiden mukaan.

### Yleistä märkätilojen rakenteiden vaurioitumisesta

Märkätilojen vaurioituminen liittyy usein vedeneristeessä oleviin puutteisiin. Näitä on voinut syntyä esimerkiksi vanhan vedeneristeen ikääntyessä, rakenteiden halkeilun, liikkeiden tai muun vaurioitumisen seurauksena. Myös rakentamisen aikana tehdyt virheet, esimerkiksi läpivientien puutteellinen tiivistäminen voivat johtaa märkätilan rakenteiden vaurioitumiseen. Osaltaan myös märkätilan elinkaaren aikana tehdyt muutokset, läpiviennit ja kiinnitykset, voivat johtaa vedeneristeen vaurioitumiseen ja vuotoreitin syntymiseen. Kuvassa 3.4 on esitetty esimerkki vedeneristeen puuttumisesta. Vedeneristeen puuttuessa se puuttuu usein keraamisen laatoituksen alta, jolloin sitä ei voida havaita yhtä selkeästi kuten esimerkin kuvassa.



Kuva 3.4. Vanhoista märkätiloista voi puuttua kokonaisuudessaan vedeneristys. (Kuva: P. Annila, Rakennusinsinööri-toimisto Petri Annila)

Märkätilojen vakaville kosteus- ja mikrobivaurioille on tavanomaista, että nämä ovat johtaneet myös ympäröivien ja alapuolella olevien rakenteiden kosteusvaurioitumiseen.

Vanhojen märkätilojen rakenteissa (mm. kiinnitys- ja saumalaasti, liimat, rakennuslevyt, tasoitteet ja vedeneristeet) on usein käytetty haitta-ainepitoisia materiaaleja. Ennen korjaussuunnittelua tulee toteuttaa haitta-ainekartoitus, jossa selvitetään haitta-aineiden mahdollinen esiintyminen. Haitta-ainetutkimuksen suorittamista on kuvattu muun muassa RT-kortissa 18-11245.

### **Märkätilojen rakenteiden korjaamisesta**

Märkätilaa ympäröivien rakenteiden korjauseriaatteita on käsitelty tämän oppaan muissa luvuissa. Tässä kohdin korjaamisessa on keskitytty vedeneristeen korjaamiseen siten, että korjauksen jälkeen vedeneristekerros on yhtenäinen. Vedeneristeen korjaaminen yksin ei kuitenkaan usein riitä, vaan ympäröiviin rakenteisiin, lattioihin ja seiniin, tulee tehdä tarvittavat korjaukset.

Rakentamismääräyskokoelman osaan C2 Kosteus vuonna 1998 tehdyn päivityksen myötä pesuhuoneisiin tuli vaatimus riittävän pitkäaikaiskestävyyden ja muodonmuutoskyvyn omaavan vedeneristeen käytöstä. Tätä vanhemmissa laatoitetuissa pesuhuoneissa vedeneristeenä saattaa olla kosteussively, joka ei yhtä hyvin kestä alustana olevan rakenteen liikkeitä tai muodonmuutoksia. Vedeneristeen tyyppi ja sijainti tulee ottaa huomioon korjauksia suunniteltaessa.

Osana korjaamista on usein aiheellista kuivattaa korjattavia rakenteita erityisesti, jos rakenteet ovat kivirakenteita. Kuivatuksen vaatima aika tulee ottaa huomioon korjausten suunnittelussa ja toteutuksessa.

Märkätilan perusteellisessa korjaamisessa rakenteet uusitaan kosteusteknisesti toimiviksi. Märkätiloihin soveltuvia rakenteita on käsitelty esimerkiksi RT-kortissa RT 84-11166. Märkätilojen korjaamista on käsitelty myös mm. RT-kortissa 84-11093. Uuden rakenteen materiaaleja valittaessa on syytä kiinnittää huomiota märkätilan rasitusolosuhteisiin ja jos nämä ovat ankarat, niin tällöin kannattaa suosia paremmin kosteutta kestäviä materiaaleja ja pidempi-ikäisiä rakenneratkaisuja.

Märkätilojen korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi liitteessä 2.8 *Märkätilojen korjausmenetelmät* sekä liitteessä 2.9 *Liitosdetaljit ja läpiviennit*. Näiden lisäksi usein tehdään korjauksia väli- ja alapohjarakenteisiin, joiden korjausmenetelmiä on käsitelty liitteessä 2.1 *Maanvastaisten alapohjien korjausmenetelmät*, liitteessä 2.2 *Ryömintätilaisten alapohjien korjausmenetelmät* sekä liitteessä 2.7 *Väli-pohjien korjausmenetelmät*.

#### 3.2.10

### **Liitosdetaljit ja läpiviennit**

#### **Yleistä ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutuksesta**

Rakenteiden ilmanpitävyydellä on suuri merkitys rakennuksen kosteustekniseen toimintaan. Konvektion vaikutuksesta sisäilman kosteus voi kulkeutua ilmavuotopaikoista sisältä ulospäin. Tämä kosteus voi haitallisissa määrin tiivistyä rakenteen sisään aiheuttaen kosteusvaurioita. Kosteusvaurioriski esiintyy myös silloin, kun ulkoa tuleva kylmä vuotoilma jäähdyyttää rakenteita ja aiheuttaa näin sisäilman kosteuden tiivistymisriskin.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjaamisessa rakenteiden ilmatiiviydellä estetään lisäksi ilmavuotojen mukana mahdollisesti kulkeutuvien epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan.

Rakenteiden ilmanpitävyydellä on myös epäsuora vaikutus rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen, sillä usein rakennuksen lämmitystarve pienenee, kun rakenteiden kautta tulevat ilmavuodot saadaan poistettua. Tämä johtuu siitä, että rakennuksessa on mahdollista laskea lämpötilaa, kun asumismukavuutta haittaava vetoisuus on saatu poistettua. Rakenteiden tiivistämisellä on

sitä suurempi vaikutus energiankulutukseen, mitä heikompi lähtötilanne ilmapuotojen suhteen on.

Rakenteen ilmanpitävyys perustuu tyypillisesti joko erilliseen ilmansulkukerrokseen, sisäpintojen tasoitteeseen tai rakennusmateriaalin ilmanpitävyyteen. Kerroksellisissa rakenteissa tarvitaan aina höyrynsulku, joka toimii samalla myös ilmansulkukerrosena. Muuratuissa harkkorakenteissa ilmansulkukerrosena toimii yleensä sisäpinnan tasoittekerros. Massiivisissa tiilimuureissa sekä betonirakenteissa itse seinärakenne on riittävän tiivis ilmanpitävyyden suhteen, jos siinä ei esiinny rakenteen läpi menevää halkeilua. Rakenteen ilmanpitävyyden kannalta on oleellista, että ilmanpitävä kerros jatkuu yhtenäisenä koko rakennuksen ympäri, joten eri rakennusosien ilmansulkujen tulee liittyä toisiinsa tiiviisti.

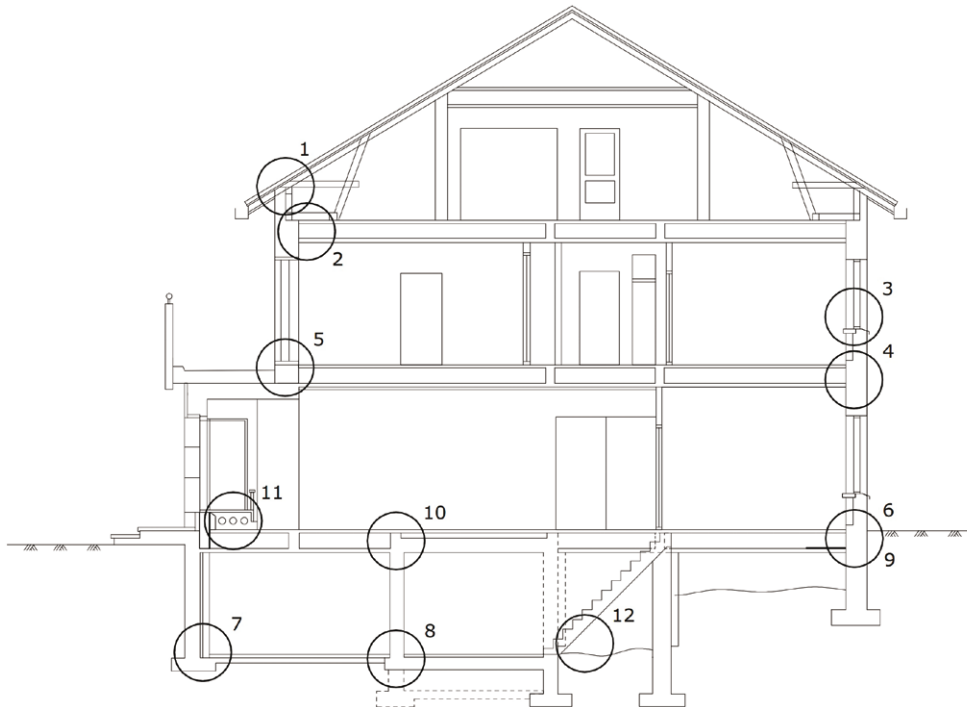
Liitteessä 2.9 *Liitosdetaljit ja läpiviennit* esitetään rakenneratkaisuja, joissa on kiinnitetty erityistä huomiota ilmanpitävyyteen. Ilmanpitävyyden kannalta erityistä huomiota vaativat kohdat on esitetty detaljipiirustuksin. Jokaisessa rakenneratkaisussa on esitetty kaksi vaihtoehtoa:

1. rakenteen ilmanpitävyyden varmistaminen tilanteessa, jossa runkorakenteisiin ei kohdistu korjaus- tai uusimistoimenpiteitä
2. rakenteen ilmanpitävyyden varmistaminen tilanteessa, jossa myös runkorakenteisiin kohdistuu purku- ja korjaustoimenpiteitä.

Detaljeissa on esitetty tapauskohtaisesti sovellettavia periaatteita. Kaikissa esimerkeissä työn huolellisella toteutuksella on merkittävä vaikutus liitoksen lopulliseen ilmanpitävyyteen. Ratkaisut on yhteensovitettava liitettävien rakenteiden korjausten kannalta.

Liitteessä 2.9 olevassa osuudessa käsitellään seuraavat rakennedetailit, joiden periaatteelliset kohdat on esitetty kuvassa 3.5. Alla olevissa kohdissa on esitetty rakenneyhdistelmät, joita on käsitelty liitteen esimerkeissä

1. Vesikatto – ulkoseinä
  - Aluskatteellinen vesikatto – ulkoseinä
2. Yläpohja – ulkoseinä
  - Puurakenteinen yläpohja – puurakenteinen ulkoseinä
  - Betonirakenteinen yläpohja – puurakenteinen ulkoseinä
  - Betonirakenteinen yläpohja – kivirakenteinen ulkoseinä
  - Puurakenteinen yläpohja – kivirakenteinen ulkoseinä
  - Elementtiulkoseinä – teräsohutlevy-yläpohja
3. Ikkuna – ulkoseinä
  - Ikkuna – puurakenteinen ulkoseinä
  - Ikkuna – kivirakenteinen ulkoseinä
4. Välipohja – ulkoseinä
  - Puuvälipohja – kivirakenteinen ulkoseinä
  - Puuvälipohja – puurakenteinen ulkoseinä
  - Betonivälipohja – kivirakenteinen ulkoseinä
  - Betonivälipohja – puurakenteinen ulkoseinä
  - Väestönsuojan katto – ympäröivät rakenteet
5. Ulkotaso – ulkoseinä
  - Kattoterassi – kivirakenteinen ulkoseinä
6. Ryömintätilainen alapohja – ulkoseinä
  - Puurakenteinen ryömintätilainen alapohja – puurakenteinen ulkoseinä
  - Puurakenteinen ryömintätilainen alapohja – kivirakenteinen ulkoseinä
7. Maanvastainen seinä – maanvastainen alapohja
  - Betonirakenteinen alapohja – kivirakenteinen ulkoseinä
8. Maanvastainen alapohja – väliseinä
  - Betonirakenteinen maanvastainen alapohja – kivirakenteinen väliseinä
  - Betonirakenteinen alapohja – puurakenteinen kantava väliseinä
  - Betonirakenteinen alapohja – puurakenteinen ei-kantava väliseinä.
9. Sokkeli – alapohja
  - Kivirakenteinen sokkeli – maanvastainen betonialapohja (uusiminen)
  - Kivirakenteinen sokkeli – maanvastainen betonialapohja (tiivistys)
  - Puurunkoinen seinä ja valesokkeli – maanvastainen betonialapohja
10. Liikuntaaumat
11. Putkikanaalit
12. Portaiden alustat.



Kuva 3.5. Liitoksista ja läpivienneistä käsiteltävät liitosdetailjen yleisperiaatteet.

## Käytössä olevia korjausmenetelmiä

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaustoimenpiteisiin kuuluvat yleensä

- rakenteiden kuivaaminen (luku 3.3.1) tai purkaminen (luku 3.3.2) tai molemmat (korjausmenetelmiin voidaan tarvittaessa yhdistää rakennusosien tiiviyyttä parantavia toimenpiteitä)
- rakennusosien rakennusfysikaalisen toimivuuden varmistaminen
- paikoilleen jätettävien pintojen puhdistaminen
- työnaikainen ja loppusiivous mahdolliset epäpuhtaudet huomioon ottaen
- taloteknisten järjestelmien säätäminen korjauksen jälkeen, erityisesti ilmanvaihdon toiminnan varmistaminen
- tilannekohtaisesti tarpeen mukaan muita korjausmenetelmiä, kuten rakennusosien ilmatiiviyden parantaminen, haitta-aineiden kapselointi, tilojen tai rakenteiden ali- ja ylipaineistus, kosteuden ja epäpuhtauksien siirtymistä rajoittavat korjausmenetelmät (luvut 3.3.3–3.3.7).

Lähtökohtaisesti kosteus- ja mikrobivaurioitunut rakennusosa uusitaan tarvittavalta laajuudelta. Mikäli kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakenteen perusteellinen uusiminen ei ole kannattavaa tai mahdollista kokonaistilanteen arvion perusteella, esimerkiksi rakennuksen jäljellä olevan käyttöiän tai epäpuhtauksien vähäisyyden vuoksi, voidaan käyttää korjaustoimenpiteitä, joilla estetään epäpuhtauksien tai haitta-aineiden leviäminen rakenteista sisäilmaan. Niitä voidaan tarvittaessa käyttää korjaushankkeen osana myös kuivattamisen ja/ tai rakenteiden uusimisen tukena. Epäpuhtauksien tai haitta-aineiden jättäminen rakenteisiin edellyttää tavanomaisesta rakennesuunnittelusta poikkeavaa, erityisosaamista vaativaa suunnittelua.

Muihin korjausmenetelmiin kuuluvat tilannekohtaisesti tarpeen mukaan esimerkiksi rakenteiden tiiviyyttä parantavat ja epäpuhtauksien leviämistä estävät korjaukset sekä painesuhhteisiin (tilojen välillä ja rakennuksen ulkokuoren yli) vaikuttavat korjausmenetelmät. Epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan estetään kahdella peruseriaatteella. **Ensimmäisenä** periaatteena on estää epäpuhtauksia konvektion tai diffuusion avulla

sisäilmaan kuljettavat ilmavirtaukset. **Toisena** periaatteena on luoda tiloihin sellaiset painesuhhteet, että epäpuhtauksien kulkeutuminen sisätiloihin päin vähenee. Epäpuhtauksien virtauksia minimoidaan tai ne poistetaan kokonaan rakenteiden ilmatiiviyden parantamisella ja kapseloinnilla. Itse epäpuhtauksien lähde kuitenkin jää tässä tapauksessa rakenteisiin.

Jos tiivistämisen kohteena ovat vain rakenteiden saumojen, reunojen ja läpivientikohtien kautta tapahtuvat konvektiovirtaukset, on kyse rakenteiden ilmatiiviyden parantamisesta. Jos eristettävä alue on koko rakenteen pinta-ala ja eristämisessä huomioidaan myös diffuusion vaikutus, on kyseessä rakenteiden kapselointi. Käytännön kohteissa näitä menetelmiä käytetään joustavasti ja tapauskohtaisesti yhdessä tavoitellun tiiviystason saavuttamiseksi. Suunnittelijalla on oltava kokonaisvaltainen ymmärrys epäpuhtauksien kulkeutumismekanismista sekä rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisestä toiminnasta ennen ja jälkeen korjaustoimenpiteiden. Muut liittymät, kuten ovet ja ikkunat, otetaan huomioon menetelmän valinnassa.

Ilmanvaihtojärjestelmä on usein epätasapainossa ja aiheuttaa merkittäviä yli- tai alipaineita tiloihin alkuperäisistä suunnitelmista poiketen. Vaikka ilmamäärien poikkeamat olisivat sallituissa rajoissa, paine-erot tilojen välillä tai rakennuksen ulkokuoren yli voivat olla suuria. Epäpuhtauksia sisältävä ilma voi virrata rakenteista sisätilaan ilmavuotokohtien kautta ilmanvaihdon aiheuttaman alipaineen vaikutuksesta. Sisätilojen alipaineisuus voikin lisätä merkittävästi tai jopa ratkaisevasti epäpuhtauksien aiheuttamaa haittaa. Ilmanvaihtojärjestelmän tulisi aina olla tasapainossa suurten paine-erojen estämiseksi. Kosteus- ja mikrobivaurioituneessa rakennuksessa on erityisellä huolellisuudella tapauskohtaisesti pohdittava, kuinka suuri poikkeama voidaan sallia tilojen terveellisyyden ja turvallisuuden kannalta. Kaikkien korjaustoimenpiteiden jälkeen ilmanvaihdon toiminta on tarkastettava ja säädettävä. Erityislaitteiden, kuten keittiön huuviin ja laboratorioiden vetokaappien, vaikutus kokonaisuuteen otetaan huomioon.

Kiinteistönomistajan vastuulla on lisäksi lukuisia määräajoin tehtäviä toimenpiteitä taloteknisten järjestelmien ikääntymisen hallintaan ja ennakkoivaan kiinteistönpitoon liittyen. Myös niillä on vaikutusta korjausmenetelmien onnistumiseen. Esimerkkejä taloteknisten järjestelmien huoltotoi-

menpiteisiin liittyvistä yksityiskohdista on esitetty kuvassa 3.6.

Kivi- ja puuaineisten rakenteiden eri korjausmenetelmien soveltuvuutta on esimerkinomaisesti esitelty taulukoissa 3.2 ja 3.3 sivulla 56. Soveltuva korjausvaihtoehto voi olla yksi menetelmä tai useamman vaihtoehdon yhdistelmä. Samassa rakennuksessa eri rakennusosat voidaan korjata eri tavoin.

### 3.3.1

## Rakenteiden kuivattaminen

Rakenteiden kuivattaminen on aloitettava mahdollisimman pian akuutin kosteusvaurion (**vesivahingon**) havaitsemisen jälkeen. Näin vaurion eteneminen voidaan pysäyttää ja vaurioalueen laajenemista rajoittaa. Korjausmenetelmiin vaikuttaa se, kuinka nopeasti vahinko on havaittu ja kuivatustoimenpiteet aloitettu. Ennen kuivatta-

mista on kartoitettava, mitkä rakenteet kannattaa kuivata ja mitkä vaihtaa. Jos vaurio on vähäinen ja hetkellinen, rakenteet voidaan avata kunnolla sekä vaurion syy poistaa. Jos mikrobivaurioita ei ole vielä ehtinyt muodostua ja vaurion on aiheuttanut vesijohto- tai muuten puhdas vesi, voi korjaustoimenpiteeksi riittää, että kastuneet rakenteet kuivatetaan ja/tai tarvittaessa veden vaurioittamat materiaalit poistetaan ja korvataan uusilla. Jos vahinko on ehtinyt vaikuttaa rakenteisiin pidemmän aikaa, korjaaminen voi vaatia laajempia materiaalivevaihtoja tai materiaalien puhdistamista. Harkittu materiaalien vaihto voi nopeuttaa huomattavasti muiden rakenteiden kuivattamista. Kosteudenmittauksilla varmistetaan kuivauksen onnistuminen.

**Viemäri vahinkotapauksessa** vahingon aiheuttaja korjataan ja kastuneet rakenteet kuivatetaan. Kontaminoituneet materiaalit poistetaan ja likaantuneet pinnat puhdistetaan. Tarvittaessa voidaan lisäksi käyttää tiivistyskorjauksia tai kapselointia.



Kuva 3.6. Pinttyneen rasvahuuvan kuivajääpuhallus (vasen kuva). Öljylämmityksen kattilahuoneessa kattilan taakse savupiipun savukaasujen poistoputken asennettu kondenssiveden poistoletku (oikea kuva).



**Mikrobivaurio ei poistu kuivaamalla.**

Ennen rakenteiden koneellista kuivattamista on tarkistettava, että rakenteisiin ei ole jäänyt mikrobivaurioituneita materiaaleja, koska vaurioituneen materiaalin kuivattaminen voi levittää epäpuhtauksia laajalle alueelle. Mikrobivaurion estämiseksi kuivatus tulee aloittaa ja myös suorittaa riittävän nopeasti. Esimerkiksi puuaineisessa materiaalissa mikrobin kasvu käynnistyy jo muutamassa päivässä (Rantamäki et al., 2000). On syytä huomata, että mikäli kuivuminen tapahtuu luonnollisella ilmankierrolla ilman tehostustoimia, kuivumisajat voivat olla hyvin pitkiä. Tämän takia

ilman tehostustoimia tapahtuva kuivatus on harvoin riittävä. Kuivumista voidaan tehostaa (Asikainen ja Peltola (toim.), 2008)

1. imemällä ilmaa rakenteiden läpi
2. lämmittämällä rakenteiden läpi imettävää ilmaa
3. lämmittämällä rakennetta paikallisesti
4. alentamalla ilman suhteellista kosteutta rakenteen ympäriltä.

Kuivattaminen vaikuttaa muihin työmenetelmiin, korjaustyön aikatauluun sekä korjaustyössä käytettäviin materiaaleihin. Asiantuntija valitsee kuivaustavan tapauskohtaisesti. Kuivattamiseen vaikuttavat sisäilman olosuhteet. Mikäli rakennet-

Taulukko 3.2. Kiviaineisten rakennusosien korjausmenetelmien soveltuvuuden arviointia.

	Rakennusosien ilmatiivyyden parantaminen <sup>4</sup>	Kapselointi	Paine-erojen hallinta <sup>1</sup>	Rakennusosan purkaminen
Epäpuhtaudet kulkeutuvat ilmavuotojen mukana halkeamista tai liitoskohdista	x	x	x	
Rakenne kosteus- tai mikrobivaurioitunut tai sisältää haitta-aineita <sup>3</sup>	x <sup>2</sup>	x <sup>2</sup>	x	x
Rakennekerroksen alla / putkikanaalissa mikrobivaurio tai haitta-aineita <sup>3</sup>	x <sup>2</sup>	x <sup>2</sup>	x	x

<sup>1</sup> Ali- ja ylipaineistustoimenpiteissä on otettava huomioon koko rakennuksen painesuhteet.

<sup>2</sup> Mikäli haitta-aineiden / vaurioituneen materiaalin poistaminen ei ole kannattavaa tai mahdollista.

<sup>3</sup> Rakenne muutetaan samalla rakennusfysikaalisesti toimivaksi.

<sup>4</sup> Rakennusosien ilmatiivyyden parantamisen vaikutus muiden tilojen/rakennusosien ilmavuotoihin on arvioitava kokonaisvaltaisesti.

Taulukko 3.3. Puu- ja kevytrakenteisten rakennusosien korjausmenetelmien soveltuvuuden arviointia.

	Rakennusosien ilmatiivyyden parantaminen <sup>4</sup>	Kapselointi	Paine-erojen hallinta <sup>1</sup>	Rakennusosan purkaminen
Epäpuhtaudet kulkeutuvat ilmavuotojen mukana halkeamista tai liitoskohdista	x		x	
Rakenne kosteus- tai mikrobivaurioitunut tai sisältää haitta-aineita <sup>3</sup>		x <sup>2</sup>	x	x
Rakennekerroksen alla / putkikanaalissa mikrobivaurio tai haitta-aineita <sup>3</sup>			x	x

<sup>1</sup> Puurakenteiden yli- ja alipaineistus hankalaa puurakenteen huonon tiivistettävyyden vuoksi.

<sup>2</sup> Mikäli haitta-aineiden / vaurioituneen materiaalin poistaminen ei ole kannattavaa tai mahdollista.

<sup>3</sup> Rakenne muutetaan samalla rakennusfysikaalisesti toimivaksi.

<sup>4</sup> Rakennusosien ilmatiivyyden parantamisen vaikutus muiden tilojen/rakennusosien ilmavuotoihin on arvioitava kokonaisvaltaisesti.

ta ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on niin korkea, ettei rakenteesta pääse haihtumaan kosteutta, on sitä alennettava. Ilman noin 50 %:n suhteellinen kosteus on yleensä riittävän alhainen. Ilman kuivattaminen on tarpeen yleensä kesän kosteina jaksoina, kunhan tarvittaessa osastoinnilla varmistetaan, että kuvaus rajautuu tarpeen mukaiseen alueeseen sisätiloissa ja ilmayhteys ulos on katkaistu. Kylminä vuodenaikoina on huolehdittava riittävästä lämpötilasta ja ilmanvaihdosta. Ilman vapaa liikkuminen rakenteen ympärillä pitää varmistaa. Kuivaaminen voi olla hankalaa erityisesti kerroksellisten rakenteiden sisältä.

**Koneellinen kuivaus voidaan jakaa tila-, eriste-tila- ja lämpökuivaamiseen.** Koneellista kuivausta vaativat yleensä esimerkiksi betonilattiat, koska niiden luonnollinen kuivuminen on hyvin hidasta. Betonin laatu vaikuttaa betonin kuivumisnopeuteen. Yleisimmin käytetty kuivausmenetelmä on tilakuivaus, jossa kuivaaminen perustuu kastunutta rakennetta ympäröivän ilman kosteustason alentamiseen adsorptio- tai kondenssikuivaimilla. Adsorptiokuivaimissa kostea ilma puhalletaan ulos, ja kondenssikuivaimissa kosteus kerätään erilliseen astiaan tai viemäroidään.

Eristetilan kuivauksessa on käytössä kolme eri menetelmää: imukuivaus, puhalluskuivaus ja imu-puhalluskuivaus. Rakenteeseen porattujen reikien kautta joko puhalletaan kuivaa ilmaa tai siitä imetään ilmaa pois tarkoituksenmukaisella laitteistolla. Imu-puhalluskuivausmenetelmässä rakenteeseen samanaikaisesti puhalletaan kuivaa ja imetään pois kostea ilmaa.

Lämpö- ja infrakuivausmenetelmässä rakenne lämmitetään sauvakuivaimella, lämpömatolla tai mikroaaltokuivaimella riittävään lämpötilaan, minkä jälkeen rakenteesta höyrystyvä kosteus tuuletetaan puhaltimien ja kosteuskerääjien kanssa pois rakenteen läheisyydestä. Menetelmää käytetään massiivirakenteille, kuten tiili- ja betoniseinille, jolloin tulee ottaa huomioon, että kuivaus siirtää kosteutta myös syvemmälle rakenteeseen. Tämän vähentämiseksi kuivaus tehdään yleensä jaksottaisena.

**Kuivauksen etenemistä seurataan ja lopputulos varmistetaan aina rakennekosteusmittauksin.**

Erityisesti paksujen rakenteiden kuivuminen on varmistettava huolellisesti ennen korjausten jatkamista tai tapauskohtaisesti mahdollistettava hidas kuivuminen muilla keinoilla, kuten soveltuvilla pinnoiteratkaisuilla. Kosteudenmittaukset on tehtävä riittävän monesta kohdasta ja riittävän monelta syvyydeltä. On myös ymmärrettävä, mihin suuntaan rakenteista poistuva vesi siirtyy, ettei sitä siirretä esimerkiksi lämmittämällä toisen rakenteen sisälle. Kuivauksen suunnittelu, rakenteiden kosteuden mittaaminen ja tulosten tulkinta on suoritettava aina ammattitaitoisen asiantuntijan toimesta.

### 3.3.2

## Vaurioituneiden rakennusmateriaalien poistaminen

Rakennusmateriaalien uusimistarpeeseen ja kestävyysvaikutteet tekninen käyttöikä, huolto- ja korjausolosuhteet. Rakenteet ja rakennusosat on usein kannattavinta uusida, kun niiden käyttöikä on lähes lopussa ja/tai kun ne ovat vaurioituneet niin pahasti, ettei korjaaminen ole enää teknisesti ja taloudellisesti kannattavaa tai mahdollista. Käyttöikänsä päässä olevissa huoltamattomissa rakennusosissa vauriot voivat edetä nopeasti ja levitä ympäröiviin rakenteisiin. Korjaustyön laajuus, vaurioiden vakavuus ja korjauskustannukset voivat moninkertaistua viivästyttämisen johdosta. Lähtökohtaisesti mikrobivaurioituneet rakennusosat poistetaan niin, että vaurioitunutta tai kostunutta materiaalia ei jää rakenteisiin. Materiaalien uusimistarve harkitaan kuitenkin tapauskohtaisesti kokonaisvaltaisen arvion perusteella, esimerkiksi arvioimalla, aiheuttaako rajattu mikrobivaurioitunut alue haittaa rakenteille tai käyttäjille (harkintaan vaikuttavia tekijöitä on kuvattu luvussa 3.1.1 sekä luvussa 3.2).

Haitta-aineiden ja mikrobikasvuston esiintyminen vaikuttavat purkumenetelmiin. Jos haittaa aiheuttava mikrobivaurio on kantavissa tai muissa rakenteissa, joita ei esimerkiksi teknisistä tai kustannussyistä voida tai ole järkevää poistaa, täytyy rakenteen pinta hioa tai jyrsiä niin syväälle, että vaurioitunut materiaali saadaan poistettua. Toimenpiteet on suunniteltava kantavien rakenteiden suunnittelijan kanssa. Yleensä mikrobivauriot ovat kuitenkin materiaalin pinnassa huokoisia materiaaleja lukuun ottamatta. Kerrosvahvuudeltaan hyvin ohuet tai erityisen huokoiset materiaalit on

yleensä syytä poistaa, koska niiden puhdistaminen materiaalin sisässä olevasta mikrobikasvustosta tai sinne kulkeutuneista epäpuhtauksista on vaikeaa tai jopa mahdotonta. Rakenteeseen on voinut päästä myös nestemäisiä aineita, kuten esimerkiksi jäteöljyä, bensiiniä tai polttoöljyä, joiden poistaminen rakennetta purkamatta on mahdotonta. Kaikki haittaa aiheuttavat, sisäilman kanssa yhteydessä olevat vaurioituneet materiaalit on uusittava tai estettävä niiden yhteys sisäilmaan.

Kokonaisarvion perusteella vaurioitunutta tai epäpuhtauksia sisältävää materiaalia voi olla joissain tapauksissa järkevämpää jättää rakenteeseen (esimerkiksi massiivirakenteen sisällä olevat epäpuhtaudet tai haittaa aiheuttamattomat epäpuhtaudet) kuin ryhtyä laajamittaiseen purkamiseen. Vaurioiden laajuus voi myös olla osittain epäselvä ja selvitä vasta korjausten aikana, tai vaurioiden perusteellinen korjaaminen olla kustannuksiltaan kohtuuttoman kallista rakennuksen arvoon nähden. Tällöin on muilla korjausmenetelmillä sekä jatkuvalla seurannalla huolehdittava siitä, että vaurio ei pääse laajenemaan ja että epäpuhtaudet eivät aiheuta haittaa käyttäjille. Mikäli vaurioitumisen syy on poistettu ja rakenteen kuivuminen varmistettu, voidaan rakenteeseen mahdollisesti jääneiden vähäisten epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan estää rakennusosien ilmatiiviyden parantamisella tai kapseloinnilla. Lisäksi ilmapurtojen liikkeitä hallitaan ilmanvaihdon säätöjen avulla.

### 3.3.3

## Rakennusosien ilmatiiviyden parantaminen

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusosien ilmatiiviyden parantamisen ensisijaisena tavoitteena on rajoittaa hallitsemattomia konvektioilmapurtoja ja estää niiden mukana kulkeutuvien epäpuhtauksien pääsy rakenteista sisäilmaan eli vähentää käyttäjien haitallista altistumista.

**Rakennusosien ilmatiiviyden parantaminen on tavallinen toimenpide myös vaurioitumattomissa rakennuksissa rakenteiden sisäpinnan riittävän ilmatiiviyden varmistamiseksi. Ilmatiiviyden parantamisella on mahdollista vähentää energiankulutusta.**

Tiivistyskorjaukseen päädyttyessä on varmistettava, että kaikki ilmapurtokohdat on huolellisesti kartoitettu ja niiden tiivistäminen on mahdollista. Ilmapurtokehtien ilmeneminen uusissa paikoissa tiivistämisen seurauksena on myös otettava huomioon. On kuitenkin syytä muistaa, että rakennuksesta ei koskaan saada täysin tiivistä. Mikäli rakenteeseen jää sellaisia tiivistämättömiä kohtia, joiden kautta epäpuhtaudet voivat edelleen kulkeutua rakenteista sisäilmaan, tiivistyskorjauksella ei saavuteta toivottua lopputulosta. Lisäksi on tunnettava korjausten vaikutukset rakenteen kosteustekniseen toimivuuteen. Ilmatiiviyttä parantavat toimenpiteet vähentävät samalla rakenteita kuivattavia ilmapurtoja ja rakennusaikaisen kosteuden kuivumista. Esimerkiksi ikkuna- ja ovi-liittymien tiivistämisen seurauksena parantunut rakennuksen ilmatiiviyys vaikuttaa myös ilmanvaihtoon ja korvausilmareitteihin.

Pienentyneitä epäpuhtausmääriä voidaan poistaa myös toimivalla ilmanvaihdoilla. Korjaussuunnittelija ja kuntotutkija määrittelevät epäpuhtauslähteen aiheuttaman riskin ja tarkoituksenmukaisen korjaustoimenpiteen. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän säädöt ja tasapaino on aina tarkistettava tiivistämisen jälkeen.

**Materiaalivalintoihin** on kiinnitettävä erityistä huomiota. Materiaalit voidaan jakaa tuoteryhmien perusteella vedeneristeisiin, liitosnauhoihin ja pinnoitteisiin. Mikäli urakoitsija haluaa vaihtaa suunnitelmissa mainitun materiaalin toiseen, on suunnittelijalta kysyttävä hyväksyntä tähän. Käytettävien materiaalien tulee olla käyttötarkoitukseen testattuja ja pitkäikäisiä, ja niillä tulee olla hyvä silloituskyky. Liitoskohdissa ja rakenteissa, joissa voi tapahtua liikettä, materiaalien on oltava elastisia ja säilytettävä elastisuus pitkällä aikavälillä tai suunnitellulla korjauksen käyttöiällä. Korjaussuunnitelmassa otetaan huomioon materiaalivalintojen vaikutukset rakenteen tiiviydelle ja pitkäaikaiskestävyydelle. Korjaustyön onnistumisen kannalta oleellista on alustan puhtaus, lujuus ja tasaisuus.

Tiivistämistä tehdään pääsääntöisesti raskaisiin, itsessään tiiviisiin rakennusosiin saumojen ja liitosten kautta tapahtuvien konvektiovirtausten hallitsemiseksi. Kaksinkertaisen betonilaatan, kerroksellisen betonirakenteen ja kaksoislaattarakenteen osalta voidaan käyttää tiivistämistä. Esimerkiksi ehjä betoniseinä on lähtökohtaisesti niin tiivis, että riittävä ilmatiiviyys voidaan saavuttaa

tiivistämällä pelkästään rakenteiden liitokset. On kuitenkin huomattava, että esimerkiksi öljyjakeet läpäisevät betonin ja lisäksi erityisesti vanhoissa, paikalla valetuissa betonirakenteissa on tiiviyden osalta laatuvahtelua. Betonirakenteissa joudutaan yleensä liitosten ja saumojen lisäksi tiivistämään patteri- ja muiden kiinnikkeiden kohdat.

**Betonirakenteiden tiivistyskorjauksessa** alustan tulee olla ehjä ja kiinteä. Liikuntasaumojen ja halkeamien tiivistämisessä käytetään usein liitosnauhaa. Alapohjissa sekä maanvastaisissa ja ulkoseinissä tiivistetään kaikki läpiviennit. Alustan käsittely ja puhtaus on ensiarvoisen tärkeää. Esimerkiksi ikkuna- ja ovikarmien pohjustuskäsittelyssä otetaan huomioon karmin sisäpintaan asennettava diffuusio- ja ilmatiivis liitosnauha (Koskivuori, 2016).

**Tiilirakenteisilla seinäpinnoilla** tiivistys voidaan tehdä kauttaaltaan vedeneristeellä, joka voidaan sivellä myös puhtaaksi muurattuun seinäpintaan. Pinnasta poistetaan heikot kerrokset kuten tasoitteet ja maalit. Vedeneristeen tulee olla käytettävän tiivistysjärjestelmän mukainen. Kun tarvitaan erityisen hyvää silloituskykyä alustan halkeilua vastaan, voidaan käyttää lisäksi vahvistusmattoa, joka kiinnitetään seinäpintaan vedeneristeellä. Tällöin puhtaaksi muurattu seinäpinta on yleensä tasoitettava ennen vedeneristeen ja vahvistusmaton asentamista. Peitelevyjien ja -listojen kiinnittäminen tehdään niin, ettei tiivistys vaurioi, käyttäen esimerkiksi asennusliimaa. Tiilirakenteiden tiivistämiseen soveltuu myös niin sanottu märkätilamenetelmä, jossa seinäpintaan liimataan kuitukangasvahvike, joka maalataan järjestelmään kuuluvilla pohja- ja pintamaaleilla. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015) Tiiviyden parantamiseen voidaan käyttää myös kuitutasoitetta ja sen päällä silloituskykyistä pinnoitetta.

Ennen tiivistystöiden aloittamista tulee varmistua työvaihetta valmistelevien purku- ja avarrustöiden riittävästä laajuudesta, pintojen puhtaudesta ja kelvollisuudesta. Tiivistystöitä tekevien työntekijöiden on oltava perehtyneitä tiivistysmenetelmiin ja heillä on oltava suoritettuna asianmukaiset materiaalivalmistajan käyttökoulutukset tai tiivistäjän henkilösertifikaatti. **Tiivistyksen on jatkuttava yhtenäisenä koko tiivistettävän rakennusosan alueella.** Se on syytä ulottaa esimerkiksi viereiseen rakenteeseen riittävältä matkalta. Tiivistystä ei saa tehdä esimerkiksi vain kotelon tai kiintokalusteen pintaan tai jättää se tekemättä ulkoseinään rajoit-

tuvan poikittaisen väliseinän kohdalta, vaan rakennetta on purettava tiivistyksen edellyttämässä laajuudessa. Tiivistys on tehtävä aina myös seinään liittyvien kevyiden väliseinien ja alakattojen kohdalla. Tiivistettävät kohdat korjataan siten, että valmis korjattu pinta jää nykyisten pintojen tasalle eikä erotu ympäristöstään. Väliaikaisissa tiivistyksissä käytetään tapauskohtaista harkintaa. Pintamateriaalien asennuksen yhteydessä ei saa rikkoa tehtyjä tiivistyksiä.

Tiivistämiseen liittyviä rakennatkohtaisia korjausmenetelmiä -liitteissä 2.1–2.8. Lisäksi tiivistykseen liittyviä detaljeja on esitetty liitteessä 2.9.

### 3.3.4

## Kapselointi

Kapseloinnin tavoitteena on estää haitta-aineiden tai muiden epäpuhtauksien kulkeutuminen konvektiolla ja/tai diffuusiolla epäpuhtauksia sisältävästä rakenteesta sisäilmaan. Kapseloimalla voidaan hallita esimerkiksi rakenteiden sisältämiä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC) ja polysyklisiä aromaattisia hiilivety-yhdisteitä (PAH).

***Haitta-aineiden kapseloinnissa käytettävät tuotteet estävät tai hidastavat kaasujen kulkeutumista diffuusiolla materiaalin lävitse. Kapselointimateriaali on myös ilmatiivis ja estää siten rakenteiden läpi tapahtuvat ilmavirtaukset.***

Kapseloinnilla ei ensisijaisesti pyritä estämään tai vähentämään ilmavirtauksia ilmavuotokohdista, vaan eristämään haitta-aineita sisältävä rakenne sitä ympäröivästä ilmasta. Tällöin haitta-aineet eivät siirry ilmaan ja sen mukana oleskelualueille. Kapseloinnissa eristävän materiaalikerroksen on ulotuttava koko rakenteen pinta-alan alalle. Kapseloinnissa on otettava huomioon korjausmateriaalin vesihöyrynläpäisevyys ja ilmanläpäisevyys kyseessä olevalle epäpuhtaudelle, ja käytettävä mahdollisuuksien mukaan jo toimiviksi todettuja materiaaleja. Korjausten myötä rakenteiden kuivumiskyky saattaa heikentyä hallitsemattomien ilmavuotojen poistumisen sekä uusien ainekerrosten lisäämisen seurauksena.

**Kapseloinnissa korjauslaajuus on usein tiivistämistä suurempi**, jolloin rakenteita saatetaan joutua avaamaan ja purkamaan huomattavasti enemmän. Kapselointi on kuitenkin monissa tapauksissa välttämätön toimenpide tavoitteiden saavuttamiseksi. Käytössä on seuraavia materiaaleja ja menetelmiä:

- pinnoitteet (epoksiharts, akryyliharts, yksikomponenttinen polymeeripohjainen pinnoite, kasviöljypohjainen elastinen pinnoite)
- höyrynsulkukalvo (polyamidi, alumiinilaminoitu muovi ja bitumi).

Pinnoitteilla ja höyrynsulkukalvoilla on oltava korkea vesihöyrynvastus. Höyrynsulkukalvoa käytettäessä rakenteen kosteus voi kuivua sekä sisälle että ulospäin. Näiden niin sanottujen hygrokalojen vesihöyrynvastus pienenee suhteellisen kosteuden kasvaessa. Erityisen ongelmallisia ovat rakenteiden liittymät ja rajapinnat, joiden kosteusrasitus saattaa muuttua oleellisesti. Mikäli maanvastaisissa rakenteissa esiintyy kapillaarista kosteuden nousua, kapselointiepoksin käyttöä ei suositella, sillä rakenteen osmoottinen paine (suolojen kiteytymispaine pinnoitteen alla) ylittää epoksin tartuntavetolujuuden, jolloin kapselointikerros irtoaa alustastaan. Tällöin on harkittava muita menetelmiä, esimerkiksi rakenteellista kapselointia ja tuuletusta. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015)

Kapselointiaineet sisältävät terveydelle haitallisia kemikaaleja. Niiden mahdolliset vaikutukset sisäilman laatuun on arvioitava huolellisesti. Lisäksi työnaikainen altistuminen voi olla merkittävää, joten työturvallisuudesta on huolehdittava erityisesti. (Aalto-Korte et al., 2015)

**Betonipintojen kapselointiin** käytetään esimerkiksi höyrynsulkuepoksia. Vain testattuja, haitta-ainekapselointiin soveltuvia epokseja voi käyttää. Öljypitoista betonia tai tiiltä ei voi kapseloida (Mod, 2014). Mikäli betonipinta on öljyn kyllästämä, tartunta ei todennäköisesti ole riittävä ilman öljyisten kerrosten poistamista perusteellisella jyrinnällä tai piikkaamalla. Betonin pinnan pitää olla karhea, luja, kiinteä ja puhdas tartuntaa heikentävistä aineista. Lattiapinnoilla viimeiseen tuoreeseen käsittelykerrokseen sirotellaan hienoa hiekkaa, usein kvartsihiekkaa, jatkotartunnaksi reuna- ja lattian tasoitukselle. Vaihtoehtoisesti epoksin kovetuttua voidaan tehdä pohjustus pohjustusaineella. Kapselointiin voidaan

käyttää myös epoksihartsipohjustinta, joka on koostumukseltaan ja käsittelyominaisuuksiltaan hyvin samankaltainen kuin höyrynsulkuepoksi, sekä epoksilakkaa. Epoksihartsipinnoite telataan suoraan puhdistetun rakenteen pintaan. Haitta-aineita sisältävien bitumisveltyjen betonirakenteiden pintaan tehdään yleensä tasoitekerros, sillä epoksia ei voida sivellä suoraan bitumoituu pintaan. Rakenteiden liittymät sekä läpivientikohdat on tiivistettävä kapseloinnin jälkeen. Käytettäessä muovipäälylystettä, jolla on suuri diffuusiovastus, on tasoitekerroksen oltava riittävän paksu ja kuiva. Tällöin päälylysteen kiinnitysliiman sisältämä kosteus pääsee tasaantumaan riittävästi, eikä riskiä päälylysteen tai liiman vaurioitumisesta pääse syntymään.

**Tiilipintojen kapselointiin** käytettävä epoksi on erittäin kovaa ja aiheuttaa alustaan jännityksiä. Pehmeämpi rappaus pysyy todennäköisemmin kiinni tiilimuurauksessa, mutta riskinä on epoksin irtoaminen rappauksesta. Kuituvahvistettu ruiskubetoni irtoaa suuremmalla todennäköisyydellä tiilimuurista, mutta tarjoaa lujemman alustan kapselointiepoksille. Molemmissa vaihtoehdoissa on otettava huomioon rappaus- ja betonikerroksen mahdollinen irtoaminen alustastaan, ja sen aiheuttamat ongelmat. Paksut rappauserrokset poistetaan varoen vahingoittamasta alustaa. Puhdistettuun alustaan kiinnitetään mekaanisesti kuumasinkitty rappausverkko. Seinäpinta rapataan kalkkilaastilla tai betonoidaan ruiskubetonilla, tartunta huomioiden.

### 3.3.5

## Rakenteellinen kapselointi

**Rakenteellisessa kapseloinnissa** suositeltavin menetelmä on erillisen tuuletusvälillisen verhouksen tekeminen, jossa seinien sisäpuolinen verhouk voidaan tehdä levy-, harkko- tai tiilirakenteisena. Olemassa olevan rakenteen ja uuden verhouksen välinen tila tuuletetaan koneellisesti haitta-aineiden pääsyn estämiseksi sisäilmaan. Lattiapintojen tuulettamisessa käytetään urituksella varustetun tai nystyröidyn kumimaton asentamista lattian pintamateriaalin alle. Järjestelmän vaatima korvausilma otetaan tuuletettavan tilan huoneilmasta ja imetään kokoojakanavasta koneellisesti. Molempien järjestelmien ongelmana on huoneilma otettavan korvausilman sisältämän pölyn kulkeutuminen tuuletustilaan, jolloin ajan

kuluessa ilmavirtaus heikkenee tai estyy kokonaan. Lisäksi epäpuhtaudet voivat tarjota kasvu-alustan mikrobeille. Järjestelmä vaatii toimiakseen koneellisen poistoilmajärjestelmän, jonka on oltava toiminnassa koko ajan. Myös korvausilmaventtiilien suodattimet vaativat säännöllistä huoltoa. Suositeltavin vaihtoehto on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, jossa on vaihdettavat suodattimet. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015) Lisäksi on syytä huomata, että levyrakenteen ei käytännössä muodosta kapseloinnin edellyttämää täysin tiivistä kerrosta. Menetelmä ei sovellu tilanteeseen, jossa tuuletusväliin tulee samanaikaisesti kapillaarista kosteutta.

### 3.3.6

## Rakennuksen painesuhteiden hallinta

Ilmanvaihtojärjestelmien erilaiset toimintaperiaatteet ovat pääpiirteittäin painovoimainen ilmanvaihto, koneellinen poistoilmanvaihto sekä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Ilmanvaihtojärjestelmän säädöillä ja ylläpidolla on keskeinen vaikutus sisäolosuhteisiin. Ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmavirtoja säätämällä vaikutetaan paineeron muodostumiseen sisä- ja ulkoilman välillä sekä rakennuksen tilojen välillä. Paine-ero rakenteen yli voi aiheuttaa ilmavirtausten kulkeutumisen epätoivottuun suuntaan, ja mahdollisten epäpuhtauksien kulkeutumisen ilmavirtojen mukana.

**Paine-eroa rakennuksen ulkovaipan yli on hallittava.**

Koneelliseen tulo- ja poistoilmavirtaan perustuva ilmanvaihto suunnitellaan nykyisin uusissa rakennuksissa tasapainoiseksi (paine-eron sisä- ja ulkoilman välillä tulisi olla  $\sim 0$  Pa), kuitenkin korkeintaan lievästi alipainoiseksi. Alipaineisuuden tavoite on estää lämpimän ja kostean sisäilman kulkeutuminen rakenteisiin, joissa se voi tiivistyä ja aiheuttaa kosteusrasitusta. Toisaalta rakennuksen alipaine vetää ulkoilmaa sisätiloihin rakenteiden vuotokohtien kautta, millä on talvisin myös rakenteita kuivattava vaikutus. Kosteus- ja mikrobivaurioituneessa rakennuksessa alipaineen aiheuttamat ilmapuodot epätiiviyyskohtien kautta voivat kuitenkin olla merkittävä syy epäpuhtauksien päätymiseksi sisäilmaan, ja tämän estämiseksi ilmavirrat

on tasapainotettava paine-erojen hallitsemiseksi. Tarvittaessa rakenteita tiivistetään luvun 3.3.3 periaatteiden mukaisesti. On huomattava, että painesuhteiden hallintaa käytetään vain muiden korjaustoimenpiteiden tukena.

Käytännön kohteissa **painesuhteiden hallinta on monimutkainen kokonaisuus**. Painesuhteisiin vaikuttavat ilmanvaihdon lisäksi myös ulkoilman olosuhteet, erityisesti tuuli ja lämpötilaero sisä- ja ulkotilan välillä (niin sanottu savupiippuvaikutus) sekä rakennuksen käyttö (ovien ja ikkunoiden auki pitäminen, ilmanvaihtokoneen suodattimien vaihtoväli, erillispoistot, puhaltimet sekä muut ilmavirtojen liikkeisiin vaikuttavat tekijät). Tuulen ja termisen paine-eron takia painesuhteita ei voi täysin hallita ilmanvaihdon avulla. Painesuhteiden hallinta edellyttää, että rakenteet ovat riittävän tiiviitä ja että ilmanjakojärjestelmä mahdollistaa ilmavirtojen hallinnan. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että jos painesuhteita halutaan säätää huonekohtaisesti, tulee huoneessa olla sekä tulo- että poistoilmalle säädettävä päätelaite. On myös otettava huomioon, että esimerkiksi toimistorakennuksissa on usein useita ilmanvaihtokoneita ja palvelualueita, jotka vaikuttavat rakennuksen kokonaisilmanvaihtoon.

Ilmanvaihdon toimintaa tulee korjaussuunnittelussa arvioida myös vajaateholla käytettäessä sekä erilaisissa todellisissa käyttötilanteissa. Esimerkiksi julkisissa rakennuksissa, joissa ilmanvaihto on merkittävästi pienemmällä teholla öisin ja viikonloppuisin, on painesuhteita arvioitava **myös käyttöajan ulkopuolella**. Korjaussuunnittelussa on otettava huomioon korjausvaihtoehtojen vaikutukset painesuhteisiin. Ilmanvaihtokanavien puhdistaminen ja ilmamäärien tilakohtaiset säädöt on tarvittaessa suunniteltava erikseen. Rakennusautomaatio on nykyään keskeinen osa ilmanvaihdon toimintaa ja sitä kautta painesuhteiden hallintaa, joten automaatio on otettava huomioon korjaussuunnittelussa. Automaation onnistunut käyttö edellyttää myös huoltohenkilökunnan koulutusta.

**Korjaussuunnittelussa on tärkeää tarkastella rakennuksen painesuhteita kaikkina vuodenaikoina. Painesuhteita on hallittava kaikissa rakennuksen normaaleissa käyttötilanteissa.**

Painovoimaisella ilmanvaihdolla varustettujen rakennusosien paine-erot rakenteiden ja ulkokuoren yli ovat tyypillisesti pienempiä kuin koneellisen ilmanvaihdon rakennuksessa. Ilmavirtojen hallinta on hankalampaa, mutta toisaalta virtaukset ovat maltillisempia eikä riski voimakkaista, epäpuhtauksia mukanaan repivistä ilmavirroista ole niin suuri, vaikka painesuhteet eivät olisi tasapainossa. Mikäli painovoimaisen ilmanvaihdon rakennuksen tiiviyttä lisätään, ilmanvaihdon toimivuutta voidaan parantaa esimerkiksi tuulenpaineella toimivilla ulkovaipan läpi asennettavilla korvausilmaventtiileillä tai suodattimella varustetulla tuloilmapuhaltimella sekä piippuun asennettavilla tuuliroottoreilla (esimerkiksi hormi-imuri). Tällöin voidaan myös välttyä koneelliseen ilmanvaihtoon siirtymiseltä. Painovoimaisen ilmanvaihdon rakennusta tiivistettäessä on aina tarkistettava tuloilmareitit ja -venttiilit ja niiden toimivuus sekä asennettava uudet, jos niitä puuttuu.

### Rakennusosien alipaineistus

Paine-eron aiheuttamia epäpuhtauksien virtauksia hallitaan lähtökohtaisesti alipaineistamalla epäpuhtauslähteen sisältävä rakenne, jolloin ilmavirta suuntautuu rakenteeseen päin. Rakennusosien ja rakenteiden alipaineistukseen tarvitaan rakenteiden tiivistys, automaattinen, koneellinen jatkuva-toiminen poistoilmapuhallin sekä riittävä kanavisto. Esimerkiksi ryömintätilan tai putkikanaalin alipaineistus huoneilmaan nähden kääntää näiden tilojen välisen virtaussuunnan sellaiseksi, että sisäilmaa virtaa ryömintätilaan tai putkikanaaliin päin eikä päinvastoin. (Lammi, 2016; Rakentajain kalenteri 2017)

Yhden tilan tai rakennusosan alipaineistaminen vaikuttaa myös muiden tilojen painesuhteisiin ja tätä kautta vuotoilman virtausreitteihin. Yksittäisiä alipaineistettavia tiloja ei saa liittää rakennuksen normaaliin ilmanvaihtojärjestelmään. Alipaineistuksen yhteydessä on aina tarkasteltava vaikutuksia myös muihin rakenteisiin ja niiden rakennusfysikaaliseen toimintaan riittävässä laajuudessa. Korjaushankkeessa on varmistettava, että alipaineistettu rakenne pysyy kaikissa tilanteissa riittävän alipaineisena eikä pidempiä ylipainejaksoja esiinny. Hälytysjärjestelmän käyttäminen on suositeltavaa.

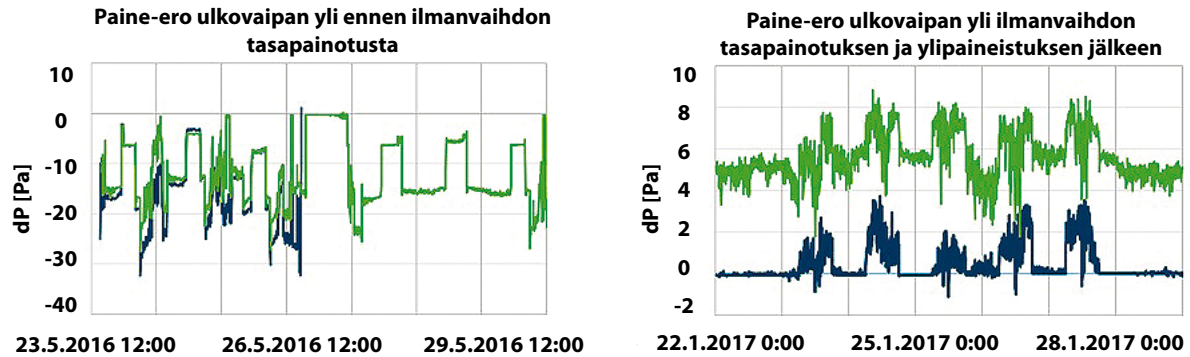
Rakenteiden alipaineistusta käytetään tyypillisesti alapohjissa, maanvastaisissa seinissä, alapohjan alapuolisissa tekniikkatunneleissa ja -kanaleissa sekä välipohjissa. Huomioitavia tekijöitä ovat muun muassa rakenteet, koealipaineistus, vaikutusalue, imupisteet, putkikoot, puhaltimet ja toteutuneet ilmamäärät.

### Rakennusosien ylipaineistus

Ilmavirtauksien suunta epäpuhtauslähteitä päin voidaan toteuttaa myös ylipaineistamalla puhtaat sisätilat. Ylipaineistuksen periaate on siis sama kuin alipaineistuksella, mutta ilmavirtauksen suunta on päinvastainen. Sisätilojen ylipaineistusta ei kuitenkaan Suomen ilmasto-olosuhteissa suositella muuten kuin lyhytaikaisena toimenpiteenä, sillä mahdollista haitallista kosteusrasitusta rakenteille halutaan välttää. Ylipaineistuksen toteutus vaatii hyvää osaamista rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisestä toiminnasta sekä korjausten aikaista ja jälkeistä seuranta. Sisäilman kosteuspitoisuutta on seurattava. Ylipaineistuksessa sisäilma on ylipaineinen kaikkien tilaan liittyvien rakenteiden yli, mikä on otettava suunnittelussa huomioon varsinkin toimiviksi todettujen rakenteiden kohdalla. Esimerkki paine-eromittauksista tilanteessa, jossa ilmanvaihtojärjestelmä vaatii tasapainotusta sekä tilanteessa, jossa sisätilat on asetettu ilmanvaihdon avulla lievästi ylipaineisiksi, on esitetty kuvassa 3.7.

Ylipaineistus voi olla käyttökelpoinen menetelmä käyttöikänsä päässä olevissa rakennuksissa, joissa muilla toimenpiteillä ei ole päästy haluttuun lopputulokseen ja epäpuhtauslähte on osittain tuntematon. Tällöin ylipaineistus toimii rakennuksen käyttöä turvaavana toimenpiteenä. Lisäksi se soveltuu väliaikaisena ratkaisuna varsinaisia korjaustoimenpiteitä odotettaessa rakennuksiin, joissa ei ole sisätiloissa merkittävää kosteustuottoa. Tällaisia voivat olla esimerkiksi opetuskäytössä olevat rakennukset, joissa tilojen käyttö ei ole ympärivuorokautista ja joissa koneellinen ilmanvaihto poistaa tehokkaasti sisäilman ylimääräisen kosteuden.

Ylipaineistuksen kannalta ongelmallisia voivat olla suuret kohdepoistot, joissa ei ole automatiikkaa. Tällöin tuloilmamäärä ei ehdi kasvaa, kun kohdepoisto laitetaan päälle, ja painesuhteet vaihtelevat hyvin suuresti. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi yhdistetyt toimisto- ja laboratoriotilat.



Kuva 3.7. Koulurakennuksen kahden luokkatilan paine-eron vaihtelu rakennuksen ulkovaipan yli ennen ilmanvaihdon tasapainotusta sekä tasapainotuksen jälkeen. Paine-ero asetettiin tasapainotuksen jälkeen myös lievästi ylipaineiseksi tutkimusasetelmasta johtuen. (Vornanen-Winqvist, 2017)

### 3.3.7

## Kosteuden ja epäpuhtauksien siirtymistä rajoittavat korjausmenetelmät

Tässä luvussa esitetyistä korjausmenetelmistä osa on toistaiseksi harvemmin käytettyjä ja/tai vaativat menetelmän erityistä asiantuntemusta. Korjaussuunnittelijan on syytä käyttää apunaan menetelmään perehtynyttä asiantuntijaa, mikäli menetelmä ei ole ennestään tuttu, jotta soveltuvuus juuri kyseiseen korjauskohteeseen voidaan varmistaa.

### Erikoislaasti- ja pinnoitusratkaisut

Laasti- ja pinnoitustyyppisten korjausmenetelmien käytöllä voidaan alentaa kosteusrasitustasoa (Palviainen, 2009). Menetelmä sopii maanvastaisten seinien lisäksi myös väliseiniin, joissa esiintyy kapillaarista kosteuden nousua. Esimerkiksi suolan-keräyslaasteja voidaan käyttää tässä yhteydessä. Massiivisten, tyypillisesti suojeltujen tiili- ja luonnonkivirakenteisten arvokennusten suolahärmeen poistoon ja kosteusrasitustason alentamiseen voivat soveltua kalkkipohjaiset erikoislaastit. Laastien mikrosuhteutukseen perustuen niiden haihtumispinta-ala voi kasvaa, minkä seurauksena kosteusrasitustaso voi laskea rakenteessa. Uhrautuvien laastien käyttöikä rajoittaa niiden huokosverkoston täyttyminen, mikä tulee ottaa huomioon arvioitaessa seuraavaa korjausajankohtaa ja korjauksen käyttöikä.

Vedentiivistyslaasteina käytetään tiivistysrapauksia (sulkulaastit), tiivistyslaasteja (tiivistyspinnoitteet) ja huokosiin materiaaleihin tunkeutuvia tiivistysaineita (vertaa impregnointiaineet ja inhibiittorit). Pinnoitteina voidaan käyttää sekä vesihöyryä hyvin läpäiseviä maaleja tai päällystysratkaisuja (Käyhkö, 2017) että rakenteen pintalämpötilaa kasvattavia ja sitä kautta rakennetta kuivattavia maaleja. Myös sisäpuolinen kalsiumsilikaattilevy voidaan luokitella kosteusrasitustasoa alentavaksi pinnoitteeksi. Samaan luokkaan kuuluvat myös keraamiset tai kiviaineiset laatoitukset. Niiden toiminta perustuu laattojen ja laattasaumojen vesihöyrynläpäisevyyteen, jolloin alapohjarakenteen ja maanvastaisen seinärakenteen kosteus haihtuu vähitellen sisäilmaan.

### Injektoinnilla tai mekaanisesti tehty kapillaarikatko

Korjausten tavoitteena on vähentää tiivistystoimenpiteellä esimerkiksi maaperästä kapillaarisesti nousevaa kosteutta. Kapillaarikatkojen injektointikorjauksia tehdään paineen avulla tai paineettomana. Käytettyjen injektointiaineiden levittyminen tsaaisesti rakenteeseen on varmistettava. Käytettyjen aineiden mahdollisesti aiheuttamat päästöt tulee myös ottaa huomioon (Palviainen, 2009; Sievola, 2012). Menetelmäesimerkki on havainnollistettu kuvassa 3.8.

Mekaanisesti kapillaarikatko tehdään sahamalla seinän molemmilta puolilta urat alaviistoon,





Kuva 3.8. Injektoinnilla tehty kapillaarikatko.  
(Kuva: Tiina Palviainen, Vahanen Oy)

V-muotoon. Rakenteen kantavuuden säilyttämiseksi korjaus tehdään pienissä, noin yhden metrin pituisissa osissa (Palviainen, 2009). Rakenteen katkaisu voidaan tehdä myös poraten ja lyömällä.

## Sähköosmoosi

Sähköisessä rakenteiden kuivatusmenetelmässä sovelletaan anodi-katodi-paria, jossa esimerkiksi maaperä toimii katodina (McInerney et al., 2002). Menetelmän peruseriaatteet ovat sovellettavissa yleisistä korroosionestomenetelmistä. Aktiivisessa elektro-osmoosissa rakenteeseen ja maaperään asennetaan elektrodit, joiden välille aiheutetaan generaattorin avulla jännite, jonka suuruus säädetään vastamaan rakenteessa olevaa polaarisuutta. Vaihtuvassa sähköosmoosissa asennetaan positiiviset elektrodit betoniseinään tai lattiaan piikattuihin uriin ja negatiiviset elektrodit rakenteen ulkopuoliseen maahan. (Palviainen, 2009). Menetelmä on energiankulutuksen osalta kallis ratkaisu ja harvemmin käytettävä.

## Rakenteiden lämmittäminen

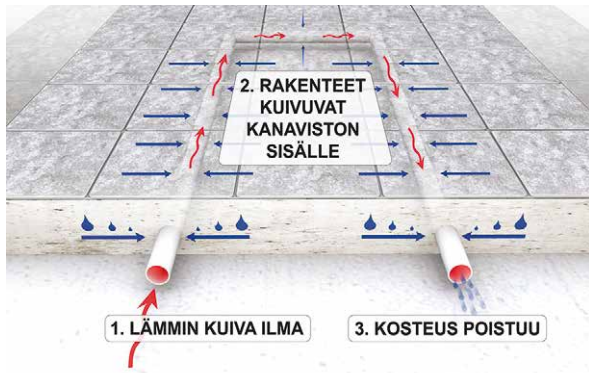
Menetelmässä seinärakenteita ja sitä kautta huoneiloja lämmitetään rakenteen sisälle asennettujen lämmitysputkien välityksellä (Sorasalmi, 2017). Pinta-asennuksia sähkökaapelein joudutaan tekemään esimerkiksi suojelluissa rakennuksissa. Lämmittäminen soveltuu erityisesti massiivisten rakenteiden, kellarin seinien, ikkunoiden ympäristysten ja muiden kylmäsiltojen kosteusteknisen toiminnan parantamiseen. Lisäksi sitä voidaan käyttää rakenteiden väliaikaiseen kuivattamiseen tai mukavuuslämmitykseen. Kylmien rakenteiden lämmittämisessä (esimerkiksi kirkkotornit) voidaan myös hyödyntää kaukolämpöä (edellyttää lämmönsiirrintä, esimerkiksi kaukolämpöverkossa olevaan vaihtimeen kytketyn vesikiertokoneen) sekä sähkölämmitystä rakenteisiin upotetuilla lämmityskaapeleilla. Vesikiertoa ei viedä kriittisiin rakenteisiin. Menetelmät ovat energiankulutuksen osalta kalliita ratkaisuja.

## Rakenteita kuivaava korjausratkaisu

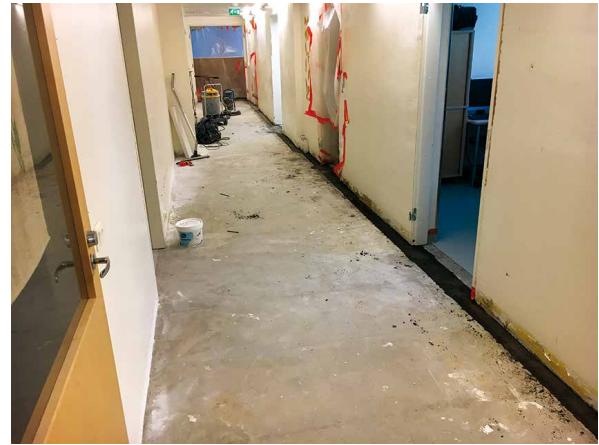
Maanvastaisia rakenteita (maanvastaiset alapohjat ja ulkoseinät) sekä näihin liittyviä rakenteita (väliseinät ja ulkoseinät) voidaan korjata rakennetta kuivaamalla. Korjaustapa soveltuu esimerkiksi tilanteisiin, joissa maaperän rakenteisiin vaikuttavaa kosteusrasitusta ei voida kohtuullisin kustannuksin poistaa muilla korjausmenetelmillä rakennuksen ulkopuolelta tai alapohjan alta. Korjauksen yhteydessä tulee huolehtia, että kosteusvaurioitunut rakenne tulee muilta osin korjatuksi oppaassa esitetyillä periaatteilla. Rakenteen kuivauksella voidaan varmistua, ettei alkuperäistä vastaava maaperän kosteusrasitukseen liittyvä ongelma toistu tulevaisuudessa.

Korjauksessa kuivattavaan rakenteeseen asennetaan ilmakeinasto, jonka avulla voidaan poistaa rakenteessa olevaa kosteutta (Kuvat 3.9 ja 3.10). Kuivausta voidaan ilmakierron lisäksi tehostaa lämmittämällä tai kuivaamalla absorptiokuivaimella kanavassa kiertävää ilmaa. Paras tehostettu kuivatusteho saavutetaan lämmityksen ja ilman kuivauksen yhdistelmällä.

Korjauksen alkuvaiheessa rakenne voidaan kuivata tehostetusti rakenteen pinnoituksen vaatimaan kosteustasoon, jolloin korjauksen yhteydessä ei tarvitse käyttää erillisiä rakennekuivaimia. Vaaditun kosteustason saavuttamisen jälkeen kuivausta tulee jatkaa rakenteen elinkaaren ajan.



Kuva 3.9. Periaatekuva maanvastaisen alapohjarakenteen kuivaamisesta rakenteessa kulkevan ilman kanaviston avulla. (Kuva: Safedrying)



Kuva 3.10. Seinän vierelle asennettu ilman kanavisto kuivaa maaperästä rakenteeseen kapillaarisesti nousevan kosteuden, jolloin kivirakenteisen väliseinän kosteuspitoisuus pysyy pinnoitteiden vaatimassa kosteustasossa eikä vaurioitumista tapahdu jatkossa. (Kuva: Safedrying)

Elinkaaren aikana jatkuva kuivaus toteutetaan kohteen kosteusrasituksen ja korjattavan rakenteen mukaan mitoittamalla kanavajako sekä kanavassa kiertävän ilman kuivaus, lämmitys tai näiden yhdistelmä.

Korjauksen laadunvarmistuksena käytetään rakenteesta tehtäviä kosteudenmittauksia, joiden avulla varmistetaan siitä, että rakenteen kosteustaso täyttää pintamateriaalien tai liittyvien rakenteiden materiaalien asettama vaatimukset ja rakenne pysyy elinkaarensa ajan riittävän kuivana.

### **Kapillaarisen kosteuden pienentäminen magneettikentän avulla**

Magneettikentän avulla kapillaarista kosteutta pienentävät laitteet toimivat sähkökyberneettisesti ja vaikuttavat pitkällä dynaamisilla sähkömagneettipulsseillaan maaperästä nousevaan kosteuteen (EcoDry, 2017). Magneettikenttäpulsit läpäisevät seinärakenteet, jolloin veden molekyylirakenteen oletetaan hajoavan ja seinän kosteuden menettävän kykynsä nousta ylöspäin. Suhteellinen kosteus mitataan tasapainokosteussorptiomenetelmällä rakenteen keskilinjalta riittävän syvien porausreikien huokostiloista (DARR-menetelmä). Absoluuttista kosteuspitoisuutta ei voida seinän sekarakenteesta johtuen aukottomasti määritellä, vaan lisäksi suo-

sitellaan rakenteeseen porattujen mittausanturien asentamista ja pitkäaikaiseurannan toteuttamista. Myös vertailu ulko-olosuhteisiin on otettava huomioon. Vaihtoehtoisesti voidaan pitkäaikaismittauksena käyttää johtokykyymittausta seinärakenteisiin kiinnitetyillä harja-anturipareilla (Kuva 3.11). Esitetyn menetelmän käyttö tulee yleensä kyseeseen tapauksissa, joissa kyse on pohjavedenpinnan alapuolisista rakenteista nousevasta kosteudesta. Menetelmä ei ole vielä yleisesti käytössä ja siitä on kansallisesti vähän tutkittua tietoa saatavilla. Siihen ei ole olemassa vakiintunutta toimintatapaa tai suunnitteluohjetta. Menetelmä tulee kyseeseen vain, kun mikään muu tavanomaisesti käytettävä menetelmä ei sovellu kohteeseen. Menetelmästä on olemassa jonkin verran käyttökokemuksia (Jurvanen, 2018).

### **Päästöjen pienentäminen aktiivihilimaton avulla**

Pintaemissiot torjuva ja sitova materiaali on ruotsalainen menetelmä. Materiaali on ilmatiivis, mutta vesihöyryjä läpäisevä. Matto voidaan asentaa lattioihin, seiniin tai kattoihin. Maton avulla haitta-aineen pääsy altistumislähteestä sisäilmaan voidaan estää eikä matosta vapaudu kemikaaleja rakenteeseen tai sisäilmaan. Mattoja on asennettu



Kuva 3.11. Seinän kosteudenpoistolaite ja johtokykymittaus seinärakenteeseen asennetulla harja-anturiparilla (vasen yläkuva). Esimerkki kuivatettavasta rakenteesta (oikea yläkuva). Prosessiohjattu kosteudenpoistolaite, master-laite (EcoDry Zeta III) (vasen alakuva). Slave-laite (INPOINT) (oikea alakuva). (Kuvat: Esko Sistonen)

muun muassa kohteisiin, joissa huono sisäilman laatu on aiheuttanut oireita tai haittaa tilan käyttäjille. Materiaalin käyttöiästä ei ole käytännön kokemuksia. (Larsson, 2016)

## Kuitukorjaukset

**Kuitukorjauksilla estetään teollisten mineraalivilla- ja muiden kuitujen kulkeutuminen sisäilmaan.** Sisäilman kuidut eivät varsinaisesti liity kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaamiseen, mutta ovat radonin tavoin usein korjaushankkeissa huomioon otettavia, sisäilmaan vaikuttavia tekijöitä. Mahdollisia kuitulähteitä ovat ilmanvaihtojärjestelmät, pintojen äänenvaimennusmateriaalit, vesi- ja viemäriputkien eristeet sekä muut eristemateriaalit. Kuitukorjauksissa vanhoja materiaaleja korvataan paremmilla ma-

teriaaleilla ja tarpeettomia, kuitulähteenä olleita rakennusosia poistetaan. Mineraalivillapintoja voidaan myös pinnoittaa tai käsitellä kuituja sitovalla aineella tai peittää kuituja läpäisemättömällä materiaalilla. Avointen kuitupintojen poistaminen on kuitenkin suositeltavin vaihtoehto. Pinnoille laskeutuneet kuidut poistetaan siivoamalla sekä puhdistamalla ilmanvaihtokanavat ja -laitteistot. Kuitujen siivous vaatii erityisosaamista, jotta ongelmasta päästään kerralla eroon ja siivous ei levitä kuituja. Ilmanvaihtojärjestelmän kuitujen pääsy sisäilmaan voidaan estää myös suodattavien tuloilmapäätelaitteiden avulla. (Kollanen, 2016; Pitkäranta (toim.), 2016; Markkanen et al., 2017) Korjattujen rakenteiden rakennusfysikaalinen toiminta, taloteknisten järjestelmien toimivuus ja korjauksessa käytettävien materiaalien mahdollisesti aiheuttamat päästöt on otettava huomioon.

## Työmaan olosuhteiden hallinta

### Pölyn- ja puhtaudenhallinta

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen purku- ja puhdistustyöt ovat aina erikoisosaamista vaativaa työtä, ja suojaus-, osastointi-, alipaineistus- ja puhdistustyöt otetaan huomioon kaikissa työmaavaiheissa. Vain välttämättömät rakenneosat puretaan ja turhaa purkamista vältetään. Purkutyö sisältää purku- ja siivoustyöt, jätteiden siirrot, kuljetukset ja käsittelyn, pölyntorjunnan, ympäristön suojauksen sekä työntekijöiden suojauksen. Pääasiassa työsuunnitelmat laatii urakoitsija. Pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelmassa kuvataan rakentamisen aikainen työmaasiivous. Korjauskohteissa seurataan, että pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelman mukaiset työvaiheet toteutuvat. Pölyvät työvaiheet ajoitetaan eri aikaan muihin töiden nähdessä. Kun rakentamisen tavoitteena on sisäilmastoluokka S1 tai S2, työtavat kuuluvat puhtausluokkaan P1. Tällöin on erityisen tärkeää, että urakoitsijaneuvottelussa käydään läpi myös korotettua siivoustasoa koskevat erityisvaatimukset (Manninen, 2017). Työmaan jätteiden käsittelyyn ja siivoukseen liittyvä ohjeistus on selkeintä tehdä liitteeksi urakkarajaliitteeseen.

**Purkutyö tehdään mahdollisimman pölyttömästi.** Purkualue on aina tyhjennettävä kalusteista, jotka puhdistetaan siivousohjeen mukaisesti (Työterveyslaitos, 2016). Varsinkin purkutöiden yhteydessä rakenteista ja materiaaleista irtoaa paljon mikrobiperäisiä epäpuhtauksia, jotka likaavat myös kaikki ilman kanssa tekemisissä olevat materiaalit. Taloteknisten järjestelmien poistettavat osat puretaan mahdollisuuksien mukaan ennen varsinaista purkutyötä. Kantavien rakenteiden purkutyöt suoritetaan purkutyösuunnitelman mukaisessa järjestyksessä ottaen huomioon rakenteiden säilyvyys, stabiilius (tuennat) sekä työntekijöiden turvallisuus.

Työntekijän altistuminen purku- ja korjaustöiden yhteydessä rakenteista vapautuville mikrobeille ja muille epäpuhtauksille estetään ja työympäristön turvallisuus varmistetaan. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015) Työntekijöiden hengityssuojaukseen, suojaruustukseen ja siivoukseen liittyviä työturvallisuusmääräyksiä on noudatettava (RT 18-11238, Ratu 82-0383, KorjausRYL). Työkaluja

ja työvaatteita säilytetään erillisessä kammiossa. Myös rakennuksen muiden käyttäjien turvallisuus on otettava huomioon esimerkiksi koulussa, jossa korjauksia tehdään kouluvuoden aikana. Korjausalueen viereisten tilojen käyttömahdollisuudet arvioidaan tapauskohtaisesti. Mikäli rakennuksen tilat ovat käytössä korjaustöiden ajan, työnaikainen puhtaudenhallinta on välttämätöntä käyttäjien kannalta. Pölyn kulkeutuminen estetään suojauksin ja osastoinnein (Kuva 3.12). Puhtausluokkaa P1 tavoiteltaessa esimerkiksi märkäläästien käytöllä, kastelulla tai sumutuksella sekä erillisillä pölynkeräimillä voidaan vähentää hienon pölyn määrää työmaalla.

**Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjauksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota työturvallisuuteen, sillä työntekijät altistuvat pölyn mukana leviävälle epäpuhtauksille sekä erilaisille haitta-aineille.**

**Koneellinen pölynhallinta ja osastointimenetelmät ovat oleellisia epäpuhtauksien vähentämisessä.**

Työskentelytilat on alipaineistettava ja eristettävä muista tiloista (osastointi). **Osastointi tarkoittaa korjattavan alueen liitosalueiden ja saumojen ja kulkureittien sulkemista ja tiivistämistä mui-**



Kuva 3.12. Suojaukset ovat olennainen osa pölynhallintaa. Teippiä käytettäessä sen kiinnitys on varmistettava päivittäin. (Kuva: Esko Sistonen)

**hin tiloihin päin, tai tarvittaessa väliaikaisten seinien rakentamista.** Työalue osastoidaan pienempiin osastoihin pölyn leviämisen estämiseksi. Purkualueen eristäminen ja alipaineistaminen muusta rakennuksesta purkutyön aikana tehdään erityisen huolellisesti ja noudattaen kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkuohjetta (Ratu 82-0383), jotta epäpuhtaudet eivät leviä muualle ihmisten, koneiden ja tavaroiden mukana. Ilmanvaihtosäleiköt voidaan tiivistää esimerkiksi venttiilikaulukseen asennettavalla suojalla. Alakatot ja valaisimet voidaan jättää pääsuojauksen ulkopuolelle ja puhdistetaan jälkikäteen loppusiivouksen yhteydessä. Tuulikaappina käytettävä suojarakenne osastojen välisen kulkuaukon edessä estää pölyn leviämistä tilojen välillä. Osastoivan seinän yli voidaan myös tehdä jatkuvatoimisia paine-eromittauksia. Painesuhteille tulee asentaa hälytysrajat. Käytössä olevassa rakennuksessa on vältettävä ylisuuria alipaineita ja seurattava alipaineen pysyvyyttä suoja-alueen ovista kuljettaessa, sillä alipaineistus vaikuttaa aina myös ympäröiviin tiloihin.

Osaston rajalla työskentelyalueelle kuljetaan mattojen yli, jotta likaisemmilta alueilta ei kulkeudu pölyä ja irtolikaa asennusalueelle. Sisätiloissa on rakennustyövaiheen mukaisesti käytettävä osastojen välisillä kulkuaukoilla vaihtomattoja, koska rakennuspöly on pääsääntöisesti hienojakoista ja kulkeutuu helposti jalkineissa alueelta toiselle.

**Sulkuosasto** on osastoitavien rakennusosien väliin kahdella osastoivalla seinärakenteella toteutettu osasto, johon on asennettu alipaineistuslaitteisto. Esimerkkejä sulkuosastoista on esitetty kuvassa 3.13. Kun olemassa olevat rakenteet eivät ole tarkoituksenmukaisia osaston muodostamiseen tai niiden tiivistyksillä ei saada luotua toimivaa osastointia, käytetään erikseen rakennettavia suoja-seiniä. Suojaseinä rakennetaan vähintään noin puolen metrin etäisyydelle osastoivasta rakenteesta käytössä olevien tilojen puolelle. Seinärakenne voidaan rakentaa esimerkiksi rakennusmuovista ja puurimoista pingottamalla. Pidempiaikaista suoja-seiniä tarvittaessa seinärunko ja sen kiinnittäminen tulee toteuttaa kestävämmiin rakentein. Tiivistykset tehdään muovilla. Työmaalla tulee



Kuva 3.13. Sulkuseinän laajentuminen tuulikaapiksi (vasen yläkuva). Sulkuseinällä suojattua alakattoa (oikea yläkuva). Lyhytaikainen alipaineistettu sulkuosastoseinä ulkoseinärakenteen korjauksessa, kun muu osa sisätilaa on normaalisti käytössä ja sulkuosaston kautta kulkeva ilma on johdettu suodatettuna ulos (vasen alakuva). Tuulikaappi/sulkuosasto (oikea alakuva). (Kuvat: Mikko Kallinen, Sirate Oy)

huolehtia siitä, että osastojen ovet eivät ole auki yhtä aikaa.

Ennen töiden aloittamista osastoa rajaavien rakenteiden läpi menevät ilmanvaihto- ja putkiosat puretaan pois ja jäävät osat tulpataan siten, ettei kanavien kautta pääse leviämään pölyä. Läpivientien tiivistysten jälkeen suojaseinän ja osastoivan seinärakenteen väliseen sulkuosastotilaan asennetaan alipaineistuslaitteisto, joka poistaa ilmaa seinien välistä. Laitteistot kytketään kiintein sähköasennuksin toimintaan. Kun koneet ovat päällä, tarkastetaan osastojen rajapintojen tiiviys merkisavuilla.

Osastojen välisten suojaseinien muovitukset ovat hyvä indikaattori osaston pölynhallinnan toimivuudesta. Jos muovi imeytyy/kaareutuu alipaineistettua tilaa kohti, on ilmavirtaus oikeaan suuntaan. Tehokkaimmat keskuspölynimurijärjestelmät voivat poistaa myös työstöjätteet suoraan rakennuksen ulkopuolelle asennettuun säiliöön tai konttiin. Purkujätteen asianmukainen siirto tulee ottaa huomioon.

Muoviovet soveltuvat lyhytaikaisiin muovisiin suojaseiniin. Paikalla rakennettavien ovien rakenne voi olla suojaseinärakennetta vastaava, eli muodostua rakennuslevy-villa-rakennuslevy-yhdistelmästä. Kulku kerrokseen rajoitetaan yhteen pisteeseen, johon rakennetaan tarvittaessa osastoiva suojaseinä kiintein rakentein. Alueet, joissa voi olla riski ilmavuodoista tai asiattomien pääsystä työmaa-alueelle, tulee niin ikään sulkea kiinteärakenteisin suojaseinin.

**Kaikkiin pölyäviin työvaiheisiin tulee mahdollisuuksien mukaan käyttää kohdepoistolla varustettuja työvälineitä.** Kohdepoistolla pöly poistetaan työkohteen välittömästä läheisyydestä ja näin pystytään vähentämään tiloihin vapautuvan pölyn määrää jo pölyn syntyvaiheessa ja estämään sen leviäminen tilaan. Koska työmaan sisäilman pölynhallintaan käytettävä koneet ovat paikallisia eivätkä ne tehostaan huolimatta pysty aina käsittelemään koko työmaan ilmatilavuutta, tulee myös työskentelymenetelmissä kiinnittää huomiota pölynhallintaan.

Mikäli työskentelyalueen tilat sijoittuvat rakennuksessa siten, ettei niistä saada ohjattua poistoilmaa ulos, voidaan pöly kerätä ilmasta pois tarkoitukseen soveltuvilla, erillisillä ilmanpuhdistimilla, jotka on tarkoitettu rakennustyökäyttöön, tai vaihtoehtoisesti alipaineistuslaitteistoilla, joissa on riittävän hyvä suodatus. Laitteiden jatkuva toiminta

ta on oleellinen osa pölynhallinnan toimivuutta. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää kahta laitetta, jolloin osaston pölynpoisto ei keskeydy yhden laitteen vikatilanteessa.

Kaikkien pölyä aiheuttavien purkutöiden on oltava tila- ja osastokohtaisesti suoritettuina ennen pintojen käsittelyä pohjustusaineella, jotta korjaustyö voidaan suorittaa pölyttömälle pinnalle. Korjaustyön valmistuttua on kaikki tilat puhdistettava asianmukaisesti. Perinteinen rakennussiivous ei riitä korjaustöiden jälkeisessä loppusiivouksessa. Suojaus- ja osastointirakenteiden purku, siivoustyön järjestys ja siivousvälineiden käyttö vaativat erityistä tarkkuutta (KH 90-00610, 2016; Työterveyslaitos, 2016). Rakennussiivouksessa käytettävien imurien suodattimet ovat vähintään tasoa HEPA 13 (High Efficiency Particulate Air filter, 99,95 % hiukkasista pysähtyy suodattimeen). Lisäksi pienen hiukkauskoon takia käytetään nihkeäpyyhintää 1–3 vuorokauden kuluttua pölyn poistosta. Erityistä huomiota kiinnitetään vaikeasti tavoiteltaviin ja monimuotoisiin pintoihin sekä ilmanvaihtojärjestelmään. (Manninen, 2017) Kohteen luovutuksen jälkeen ylläpidetään tehostettua siivousta, esimerkiksi kaksi kuukautta korjauksen jälkeen. Siivouksen tehostuksessa huomioidaan yläpölyjen siivous sekä ylimääräisten tavaroiden ja papereiden hävittäminen tai siirtäminen suljettaviin kaappeihin. Seurantaa käsitellään luvussa 5.

### 3.4.2

## Kosteudenhallinta

Tilaa huolehtii ulkopuolisen kosteudenhallintakoordinaattorin avulla kosteudenhallintaselvityksen tekemisestä jo lupavaiheessa sekä kosteudenhallinnan toteutumisesta korjaustöissä (YMa 782/2017, Helsingin kaupunki, 2014; RIL 241-2016; <http://kuivaketju10.fi/>). Asetusten osalta kosteudenhallinta on esitetty luvussa 2.2.3.

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman toteuttamisesta huolehtii vastaava työnjohtaja. Työmaalla vastuu kosteudenhallinnasta kuuluu kaikille työmaalla toimiville. **Kosteudenhallintakoordinaattori ohjaa kosteudenhallintatoimenpiteitä, tekee tarkastuskierroksia työmaalla ja määrittelee esimerkiksi päällystettävyyksiluvat kosteusmittaustulosten perusteella.** Kosteudenmittauksissa käytetään pätevoitynyttä tai sertifioitua kosteudenmittaajaa, jonka pätevyys ja käytetyt

mittausmenetelmät varmennetaan. Kosteudenhallintaan liittyvistä toimenpiteistä laaditaan muistiot ja/tai mittauspöytäkirjat. Tilaaaja tekee tarvittaessa rakenteiden kosteuden tarkistusmittauksia ja valvoo mittauksia.

Kuivumisolosuhteiden ja rakenteiden kosteuden ja lämpötilan mittaamisen lisäksi kosteudenhallintaan kuuluvat esimerkiksi (RIL 241-2016):

- korjauskohteiden erityispiirteet
- rakennusaineiden ja -tuotteiden sekä valmiiden rakennusosien suojaustoimenpiteet
- työmaa-aikainen veden käyttö
- timanttikorauksissa käytettävän veden määrän minimoiminen
- vanhojen rakenteiden kastumisen estäminen
- korjaustyönaikaiset suojaukset.

**Rakenteissa on pyrittävä käyttämään kosteusteknisesti mahdollisimman riskittömiä materiaaleja.** Työmaalle tulevat rakennusmateriaalit ja -tarvikkeet suojataan kastumiselta välivarastoinnin ja asennuksen aikana. Sääsuojauksen tulee olla asiallinen (ei pelkkiä suojapeitteitä) ja materiaaleilla on oltava erillinen varastointialue. Herkimmille materiaaleille tilataan täsmätoimitus. **Materiaalien sääsuojauksessa** varastoinnin ja asennuksen aikana noudatetaan sovittuja käytäntöjä, esimerkiksi Kuivaketju10-toimintamallia (<http://kuivaketju10.fi/>). Valmistuksesta materiaaliin jäänyt kosteuspitoisuus ei saa kasvaa varastoinnin, kuljetuksen ja asennustöiden aikana. Runkovaiheessa alempien kerrosten kosteudelle herkkiä vaiheita ei aloiteta ennen kuin vesikatto ja ulkoseinät on ummistettu. Mikäli käytetään kuivatusta, lisäkosteuden pääsy rakennukseen estetään ja kuivatuksen tehokkuutta, kuivumisolosuhteita ja rakenteiden kuivumista seurataan sisäilman lämpötila- ja kosteusmittauksin. Sisäilman suhteellinen kosteus pyritään pitämään alle 50 %:ssa ja lämpötila yli 20 °C:ssa.

Kuivumisolosuhteiden ja rakennekosteuden mittausvelvoite on urakoitsijalla. Kosteusteknisesti kriittiset rakenteet mitataan kohdekohtaisesti laadittavan kosteudenmittaussuunnitelman mukaisesti (luku 4.2). **Kosteudenmittausten tulee olla tehtynä ennen lattioiden tai seinien päällystystä.** Päällystettävyyttä määrittäviä mittauksia ei tehdä pintakosteudenosoittimilla. (Sisäilmayhdistys ry, 2018; Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015)

### 3.4.3

## Paikalleen jätettävien pintojen puhdistaminen

**Paikalleen jätettävien pintojen puhdistus- ja käsittelymenetelmät kuuluvat aina kosteusvauriokorjauksen kokonaisuuden hallintaan.**

Mekaanisten puhdistusmenetelmien valinta on aina harkittava tapauskohtaisesti. Menetelmältä vaadittava puhdistus- ja purkuteho ja toisaalta menetelmän pinnoille ja ympäröiville rakenteille mahdollisesti aiheuttamat riskit ja vauriot on otettava huomioon. Betonipintojen mekaaniseen käsittelyyn löytyy useampia ratkaisuja kuin esimerkiksi tiiliseinien käsittelyyn. Betonirakenteiden sisältämiä VOC-yhdisteitä voidaan vähentää esimerkiksi jyrksinnällä ja rakenteiden lämmittämällä (Kylläinen, 2010). Käytettävä puhdistustapa riippuu pinnan laadusta, haitta-aineen tunkeutumisesta materiaaliin ja työteknisistä rajoituksista.

**Erilaisia käsittelymenetelmiä ovat puhallusmenetelmät, hionta, jyrskintä ja kuumentaminen.** Puhallusmenetelmiä ovat sooda-, suihku-, vesihiekka-, hiilihappojää- ja sinkopuhallus. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi suurten betonilattiapintojen, vanhojen tiili- tai hirsirakenteiden sekä puu- ja metalliosien puhdistamiseen. Puumateriaaleille soveltuu vain hiilihappojää- ja soodapuhallus. Yleisin suihkupuhallusmenetelmä on hiekkapuhallus, jolla tarkoitetaan pinnan mekaanista puhdistusta paineilman avulla käyttäen rakeita mukana. Vesihiekkapuhalluksessa käytettävän hiekan pölyhaittaa vähennetään vettä käyttämällä. Syntyvä liete on välittömästi poistettava pinnoilta esimerkiksi korkeapainepesulla, jolloin on huolehdittava myös siitä, ettei säilytettäviä rakenteita tarpeettomasti kastella ja vaurioiteta. Soodapuhallus on käyttökelpoinen, kun halutaan käyttää ”hellävaraisempaa” menetelmää. Se soveltuu hyvin metalli- ja puupintojen käsittelyyn. Hiilihappojääpuhalluksessa (kuivajää) hiilidioksidirakeita puhalletaan suurella nopeudella paineilman avulla. Puhdistus perustuu siihen, että rae osuessaan puhallettavaan pintaan muuttuu kiinteästä olomuodosta suoraan kaasuksi (sublimoituu) irrottaen lian. Sinkopuhallus on puhdistusmenetelmä, jossa erikokoiset ja -muotoiset metallikuulat isketetään kovalla voimalla puhdistettavaan pintaan.

**Hiontaa** käytetään esimerkiksi lattiatasoitteiden poistossa. Se on kevyempi menetelmä kuin **jyrsintä**, jolla ulotutaan huomattavasti syvemmälle rakenteeseen ja joka on tehokas menetelmä epäpuhtauksien poistoon. Jyrsintä tehdään tyypillisesti kahteen kertaan niin sanotusti ristiinjyrsintänä.

**Kuumentamisella** tarkoitetaan rakenteen liekittämistä. Menetelmän tavoitteena on poistaa rakenteen pinnalta kaikki siihen jäänyt orgaaninen materiaali polttamalla, jolloin myös pinnalla olevat mikrobikasvustot ja itiöt tuhoutuvat. Pinta harjataan ja imuroidaan. Syvemmällä betonissa olevien rihmastojen tai itiöiden tuhoamiseen menetelmän lämpövaikutus on riittämätön. Menetelmällä voidaan mahdollisesti vähentää rakenteessa esiintyviä hajuja.

Pintakerroksen mekaanisesta poistamisesta ja pinnan huolellisesta puhdistamisesta huolimatta rakenteeseen voi jäädä hajuja, joita voidaan yleensä vähentää paksummalla pintakerroksen poistamisella. Hajujen poistumista voidaan tehostaa myös rakenteen jaksottaisella lämmityksellä ja tilan tuuletuksella. Rakennusmateriaaliin sitoutuneiden kaasumaisten yhdisteiden poistuminen on usein hidasta. Tehostettua lämmitystä ja tuuletusta ylläpidetäänkin yleensä noin 2–3 viikkoa, minkä jälkeen arvioidaan muiden lisätoimien tarve.

**Myös jo tehdyt pinnat on puhdistettava ennen uusia työvaiheita.**

**Mikrobien poistoon tarkoitettuja desinfiivia biosideja ei tule käyttää mikrobivaurioituneen rakenteen puhdistamiseen, mikrobisiiivouksen yhteydessä tai mikrobikasvun ehkäisyyn, eikä si-**

**tä tule käyttää vaurioituneen materiaalikerroksen poistamisen vaihtoehtona.** Biosideja käytetään **vain erikoistapauksissa**, kuten viemäriveden likaamissa materiaaleissa, joita ei voida poistaa (esimerkiksi kivirakenteiset kantavat alapohjarakenteet). Jos desinfiointia tehdään, niin sen teettäjällä pitää olla selkeä käsitys ja perustelu, miksi sitä käytetään. Ennen biosidikäsittelyä tila tyhjennetään irtaimistosta ja vaurioitunut materiaali poistetaan, jos mahdollista, tai käsiteltävä pinta puhdistetaan mekaanisesti. Työturvallisuudesta ja riittävästä varoajasta ennen tilojen käyttöönottoa on huolehdittava. Tilojen käyttäjälle tulee ennen biosidien käyttöä antaa riittävät tiedot tuotteiden mahdollisista haitallisista terveysvaikutuksista käyttöturvallisuustiedotteeseen ja Tukesin ohjeisiin perustuen.

Hajunpoistoon voidaan vaikeissa tapauksissa käyttää **otsonointia**. Sen soveltuvuus materiaalille, varoajat ja suojaustoimenpiteet on selvitettävä huolellisesti, ja käsittelyn suorittaa viranomaisen hyväksymä asiantuntija. Käsittelyn aikana tilan otsonipitoisuudet ovat ihmiselle haitallisia, ja otsonin sekä tilan materiaalien kemiallisten reaktioiden seurauksena syntyy uusia yhdisteitä, jotka voivat olla terveydelle vaarallisia. Materiaaleja, joihin otsoni voi vaikuttaa haitallisesti, ovat muun muassa betoni, kipsilevy, luonnonkumi, neopreeni, lateksimaali, linoleumi ja puulattiat, kokolattiamatot, vahat ja kiillotusaineet. Otsonin kulkeutuminen käsiteltävästä tilasta ilmanvaihdon kautta muihin tiloihin on estettävä. On syytä huomata, että otsonoinnilla ei voida poistaa tetrakloorianisolin hajua. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Asikainen ja Peltola (toim.), 2008; Aronpää, 2015; Louhelainen, 2016; Hartikainen (toim.), 2013; Työterveyslaitos, 2016; Louhelainen et al., 2016; RT 18-11238; Valvira, 2013)



## 4 Laadunvarmistusmenetelmät

Laadunvarmistus kuuluu kaikille hankkeen osapuolille ja on tärkeä osa hankkeen eri vaiheissa. Kriittisimpien vaiheiden laadunvarmistukseen ja valvontaan kiinnitetään erityistä huomiota koko hankkeen ajan. Onnistuneen hankkeen ja laadunvarmistuksen edellytyksenä on sujuva tiedonkulku hankkeen osapuolten välillä. Osa laadunvarmistusta koskevista asioista, esimerkiksi alustan kunto purkutöön jälkeen, tarkentuu työn edetessä, joten työmaakokoukset ovat tärkeä osa korjaushankkeen laadunvarmistusta (Ratu KL-6019, 2011). Myös urakoitsijapalaverit ja erilliset katselmuksot ovat tärkeitä työmenetelmien yhteensovittamisen kannalta.

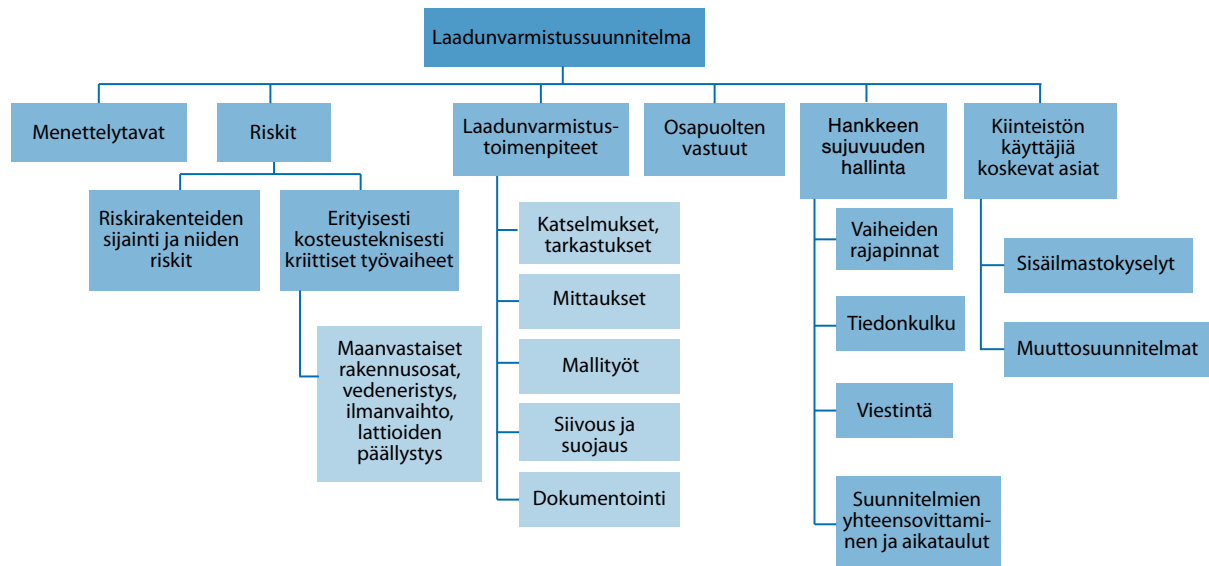
**Korjausten suunnitteluvaiheessa** asetetaan selvät mitattavissa olevat tavoitteet korjaushankkeen toteutukselle, sisäympäristön laadulle sekä tilojen terveellisyydelle korjausten jälkeen. Korjaussuunnittelija määrittelee, tilaaja hyväksyy ja urakoitsija toteuttaa hankkeen laadukasta toteutusta varten tarvittavat laadunvarmistustoimenpiteet. Laadunvarmistusselvityksessä kuvataan työnaikainen laadunvarmistus, vastuut, työvaiheiden dokumentointi, pölyn- ja puhtaudenhallinta, kosteudenhallinta sekä työmaanaikainen ja loppusiivous. Tilaaja voi suunnitteluvaiheessa asettaa myös tavoitteet olosuhdehaittojen vähenemisestä vertailutasolle, vähäpäästöisten materiaalien käytöstä ja vaaditusta sisäilmastoluokasta (Poutiainen, 2017; RT 07-11299; RIL 241-2016). Ulkopuolisen asiantuntijavalvojan osallistuminen ja yhteistyö pääsuunnittelijan sekä muiden suunnittelijoiden kanssa koko hankkeen aikana on tärkeää mahdollisten muutosten ja yllätysten vuoksi. Hankkeen alussa laaditaan yhteistyössä kattava valvontasuunnitelma.

Kaikki urakoitsijalle kuuluvat kokeet ja mallityösuoritukset kirjataan selkeästi myöhempien kiistojen ja sekaannusten estämiseksi. Urakoitsija

hyväksyttää tilaajalla kosteusteknisesti kriittisten tai sisäilmakorjauksiin liittyvien työvaiheiden suorittajat tai alihankkijat ennen työsuorituksen aloitusta, sekä järjestää näiden työvaiheiden aloituskokoukset ja mallityökatselmuksot (Pietiläinen et al., 2007).

**Laadunvarmistussuunnitelma** on koko hanketta koskeva ja hankekohtaisesti laadittava dokumentti tavoitelaadun varmistamiseksi. Se voi vielä muuttua ennen korjaustöiden aloittamista. Laadunvarmistustoimenpiteet ilmoitetaan yleensä korjaustyö- ja purkutyo selostuksessa ja myös noudatettavat määräykset, asetukset ja ohjeet kirjataan. Isoissa hankkeissa on suositeltavaa laatia erilliset laadunvarmistusta koskevat dokumentit, kuten pakollinen kosteudenhallintasuunnitelma sekä pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelma. Yritysten laatujärjestelmät eivät korvaa laadunvarmistussuunnitelmaa (Pietiläinen et al., 2007). Laadunvarmistussuunnitelmaan sisällytettäviä asioita on esitetty kuvassa 4.1.

Kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaushankkeessa riskienhallinta korostuu verrattuna tavanomaiseen korjaushankkeeseen. Korjaushanke eroaa tavanomaisesta hankkeesta myös pölyn- ja puhtaudenhallinnan suhteen (Manninen, 2016). Osa laadunvarmistustoimenpiteistä, käyttöönottokokeista ja toimintakokeista kohdistuu rakenteilla oleviin rakenteisiin ja osa tehdään vasta korjaustoimenpiteiden valmistuttua (seuranta). Laadunvarmistuskokeita voidaan teettää urakkaan kuuluvana tai tilaaja voi teettää niitä itse. (RT 10 -11255, 2017; Asikainen ja Peltola (toim.), 2008; Rakentajain kalenteri 2017)



Kuva 4.1. Laadunvarmistussuunnitelman sisältöä.

**Tärkeimpiä ja käytetyimpiä laadunvarmistustoimenpiteitä ovat työmaan olosuhdehallinta (lämmitys, kuivatus, olosuhdemittaukset), kosteudenmittaukset, työvaihetarkastukset, mallityökatselmuksot, loppusiivouksen laadunvarmistus, merkkiainekokeet ja lämpökuvaukset sekä niiden dokumentointi. Onnistuneen työn toteutuksen tärkeimpänä edellytyksenä on suunnittelijoiden ja urakoitsijan välinen yhteistyö.**

Tarkastukset ja katselmuksot kannattaa tehdä yhdessä korjaussuunnittelijan ja tarvittaessa myös kuntotutkijan kanssa. Ulkopuolista asiantuntijaa on suositeltavaa käyttää tarpeen mukaan tekemään muun muassa lämpökuvauksia, merkkiainekokeita, kosteudenmittauksia, pitoisuusmittauksia sekä muita tarvittavia kokeita ja mittauksia korjauksen onnistumisen todentamiseksi. Soveltuvia asiantuntijoita ovat esimerkiksi rakennusterveysasiantuntija RTA (ensisijaisesti rakennustekninen koulutus), kosteusvaurion kuntotutkija KVKT (pakollinen rakennustekninen koulutus) tai henkilösertifioituneet asiantuntijat. (Valvira, 2016) Ulkopuolisen asiantuntijan käyttö lisää riippumattomuutta ja läpinäkyvyyttä.

**Rakentamisvaiheen laadunvarmistukseen** kuuluvat työsuoritusten tavoitelaadun toteutumisen seuranta, työmaan pölyn- ja puhtaudenhallinta, rakennusaikaisen kosteuden hallinta, kosteudenmittaukset, työvirheiden määrän minimointi ja työturvallisuus. Työn laatua seurataan tarkastuksilla ja mittauksilla sekä varmistamalla dokumentointi. Työntekijöiden pätevyyksistä sekä uusien aineiden ja menetelmien käyttökoulutuksista huolehditaan. Laadunvarmistuksen välineenä, vastuunjaon selkeyttäjänä ja laadunvarmistuksen dokumenttina voidaan käyttää myös tarkastuslistaa. Siinä asiat jaetaan ennen työn aloittamista, työn aikana ja työn jälkeen ulkopuolisen asiantuntijan tarkastettaviin asioihin (Ratu KL-6019, 2011; RIL 241-2016).

Kaikkien hankkeen osapuolten käytössä olevan tietopankin avulla osapuolet ovat koko ajan tietoisia hankkeen kulusta. Tietopankkiin tallennetaan muun muassa kuntotutkimukset, tutkimustulokset, hankesuunnittelu, koko korjaussuunnittelu, kosteuden- ja puhtaudenhallintasuunnittelu, valvonta, työmaapäiväkirja kuvineen, tarkastusraportit ja kaikki muutokset.

Korjaustyön valvoja ja korjaussuunnittelija tarkastavat ja hyväksyvät mallityöt ja laadunvarmistuskokeet. Lisäksi myös varsinaiset korjaukset tulee tarkistaa silmämääräisesti. Purkutöiden jälkeen tulee tehdä jäävien pintojen katselmoi-  
Valmiiden pintojen mallitöiden tarkastuksissa on

paikalla valvojan ja suunnittelijan lisäksi myös tilaajan edustaja, tarvittaessa myös käyttäjät. Koko työmaan ajan tehtäviä laadunvarmistuskokeita ovat esimerkiksi tiivistysten merkkiainekokeet, ulkovaipan ilmanpitävyys (tiiviyksmittaus paineromenetelmällä), lämpökuvaus ja merkkisavukokeet, ilmanvaihdon toimintakokeet ja/tai ilmamäärämittaukset ja korkeiden tilojen painesuhteiden tarkastus. Niiden perusteella puutteet voidaan heti korjata. (Levänen, 2016; Asikainen ja Peltola (toim.), 2008; RT 14-11197).

Peittyvien rakenteiden laadunvarmistus on tehtävä ennen niiden peittämistä, jotta mahdolliset puutteet voidaan huomata ja korjaustoimenpiteet on helpompi suorittaa. Kaikki peittyvien rakenteiden korjaukset tulee tarkistaa vähintään silmämääräisesti. Peittyvien rakenteiden pintojen puhtauden vastaanottomenettely on tärkeä vaihe. Vastaanottotarkastuksessa tai sitä edeltävässä ennakotarkastuksessa tilaaja sekä pääurakoitsija tarkastavat työn laadun. Dokumentointina voidaan käyttää muistioita, valokuvia ja työvaiheiden valmiutta kuvaavia dokumentointitapoja. (Björkroth, 2011)

Kehittynyt mittariteknologia mahdollistaa mittalaitteiden asennuksen korjaussuunnittelijan määrittelemiin rakenteiden kriittisiin kohtiin. Mittareilla voidaan seurata ja arvioida rakennuksen toimivuutta. Tällöin on kuitenkin otettava huomioon anturien mittaustarkkuus, jolloin absoluuttisten arvojen sijasta voidaan päästä ainoastaan muutosten havainnointiin. Pidemmälle meneviä johtopäätöksiä voidaan yleensä tehdä, kun laatuvaatimuksena on erittäin suuri mittaustarkkuus, usein alle  $\pm 1,0\%$ . Myös anturien ”ryömiminen” ajan kuluessa on otettava huomioon. Luvussa 5 käsitellään tarkemmin rakenteisiin pysyvästi asennettavia mittaustureita ja vaihtoehtoisia mittaustapoja.

**Käyttöönottovaiheessa** rakennukselle ja laitteistoille tehdään tarkistusmittaukset ja työ todetaan hyväksytyksi sekä tehdään loppusiivouksen laadunvarmistus käyttäen apuna muun muassa huonekortteja. Käyttäjää opastetaan tilojen oikeaan käyttöön. Kiinteistöhoitajien tulee olla läsnä toimintakokeiden aikana. Taloteknisten järjestelmien, kuten lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden sekä koneellisesti tuuletettujen rakennusosien järjestelmien toimivuus tarkastetaan ja testataan. Ilmanvaihdon säädöille ja toimivuuskokeille jätetään riittävästi aikaa, 2–4 viikkoa rakennuksen koosta riippuen. Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden

tarkastelussa mitataan tilakohtaiset ilmamäärät ja rakennuksen painesuhteet sekä varmistetaan ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus. Tilaaja voi myös testauttaa urakoitsijan ilmoittamia arvoja, esimerkiksi lämpötilojen, virtaamien, paineiden, äänitasojen ja käyntiaikojen arvoja. Korjausten onnistumisen seuranta käsitellään tarkemmin luvussa 5. Kiinteistön käytön aikaisissa tarkastuksissa ja mitauksissa varmistetaan rakennuksen toimivuus korjauksen jälkeen. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017)

Laadunvarmistukseen voivat kuulua esimerkiksi seuraavat asiat:

- työmaan aikana on tehty laaduntarkastuksia
- työmaan valvoja on todennut, että urakoitsija on menettänyt sopimuksen ja esitettyjen vaatimusten mukaisesti
- huonoa suoritusta ei ole hyväksytty, vaan on vaadittu virheen korjaus urakoitsijalta
- laadunvalvontaa on käsitelty tarkemmin viikoittaisissa urakoitsijapalaverissa
- laadunvalvonta on dokumentoitu muistioin ja valokuvin
- korjausperusteista, korjaustoimenpiteistä ja korjausten suorittajasta ja urakoitsijan lopullisesta aikataulusta on tiedotettu
- käyttäjille osoitetuissa tiedotteissa on kuvia mukana
- viestinnän ja työntekijöiden koulutuksen vastuutus ja työnjako on tehty selväksi
- viikkotiedotteet käyttäjille on laadittu urakoitsijan toimesta korjaustöiden alusta vastaanottoon saakka
- käyttäjille on järjestetty työmaakäyntejä
- ohjeet tiloihin tuotavan irtaimiston käsittelyä (mm. tuuletusajat, rajoitukset) on toimitettu käyttäjälle
- urakoitsija on tehnyt itselleluovutuksen ja dokumentoinut sen.

#### 4.1

### Pölyn- ja puhtaudenhallinta

Pölyn- ja puhtaudenhallinnan laadunvarmistustoina käytetään purkutyön jälkeisiä ja korjaustyön aikaisia katselmuksia, tarkastuksia, lujuuslaskelmia ja kokeita, kuten rakenteiden toleranssien, tartuntaominaisuuksien tai pintojen puhtausasteen mittauksia. Myös mallitöitä voidaan käyttää.

Mahdolliset puutteet korjataan ennen seuraavaan työvaiheeseen siirtymistä. (KorjausRYL, 2016; KorjausRYL, 2017) Korjaushankkeen puhtaustasojen laadunhallinnasta vastaa usein ulkopuolinen asiantuntija (puhtaudenhallinta-asiantuntija), joka huolehtii siitä, että laadunvalvonnan toteutus ja dokumentointi kirjataan työmaan pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelmaan. Dokumentointia tehdään koko työmaa-ajan.

Purkutyön aikana seurataan pölynhallinnan lisäksi purettavien ja säilytettävien rakenteiden ja rakennusten vakautta ja kestävyyttä sekä tuentojen toimivuutta. Lisäksi seurataan osastoinnin ja alipaineistuksen toimintaa. Purkutöiden valmistuttua pidetään katselmus, johon osallistuvat korjaussuunnittelija ja tarvittaessa kuntotutkija.

Kosteus- ja mikrobivaurioiden erityisvaatimustaso pölynhallinnan ja mikrobipölysiivouksen osalta otetaan kaikissa sisäilmaluokissa huomioon. Puhtausluokka P1 edellyttää erityisen tiukkaa seuranta. Urakoitsijan on perehdyttävä ja sitouduttava pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelmaan ennen korjaustöiden aloitusta tavoitteisiin soveltuvien laitteiden ja menetelmien valitsemiseksi. Kun korjattavassa rakennuksessa työskentelee tai asuu korjauksen aikana rakennuksen käyttäjiä, heitä on informoitava puhtaudenhallinnasta, pölysuojauksesta, kulkureiteistä, ilmanpuhdistimista ja loppusiivouksesta sekä näihin liittyvistä aikatauluista. (Visuri, 2015; RT 07-11299)

Siivoustyöntekijöiden on hallittava mikrobipölysiivouksen periaatteet (ajoitus, työjärjestys, työntekijän altistuksen vähentäminen, menetelmät). (Työterveyslaitos, 2016) Korjaus- ja uudisrakentamiskohteet eroavat epäpuhtauslähteiden ja loppusiivouksen laajuuden osalta merkittävästi, ja tämä tulee ottaa huomioon suunniteltaessa loppusiivousta ja sen laadunvarmistusta (Manninen, 2017). Siivoukseen varattu aika, siivouksen ajoitus sekä työntekijöiden perehdyttäminen ja motivaatio vaikuttavat työn laatuun. **Pintojen pölykertymä** (RT 07-11299) mitataan tarvittaessa INSTA 800:2000-standardin (SFS 5994) mukaisella geeliteippimenetelmällä. Mittaus tehdään aikaisintaan kahden tunnin kuluttua siivouksesta, jotta ilmassa leijuva pöly ehtii laskeutua. Mikäli korjaustyö tehdään puhtausluokan P1 mukaisesti, pintojen pölykertymille on määritetty enimmäisarvot. Ne voidaan sisällyttää sopimukseen, vaikka työtä ei kokonaisuudessaan tehtäisi P1-luokan mukaisesti. Ilmassa

esiintyvien pienhiukkasten mittaus voidaan suorittaa jatkuvatoimisin mittalaittein (ks. luku 5).

Loppusiivous tehdään kaksivaiheisena ennen ilmanvaihdon toimintakokeita ja ennen käyttöönottoa. Puhtaudenhallinta-asiantuntija arvioi silmämääräisesti kaikkien pintojen puhtauden ilmanvaihdon toimintakokeita. Alakattojen yläpuolella sijaitsevat pinnat tarkistetaan ennen kuin annetaan lupa alakattojen sulkemiseen. Näkyvät pinnat arvioidaan vielä uudelleen ennen rakennuksen luovutusta. Jäävien pintojen puhdistustoimenpiteet ja olosuhteet dokumentoidaan. Näin puhdistustoimenpiteisiin voidaan palata vielä korjausten jälkeen, ja tieto välittyy rakennuksen korjaushistoriaan sekä mahdollista terveydellisen merkityksen arviointia varten työterveyshuoltoon ja terveydensuojeluviranomaisille. Tilan käyttöönotosta laaditaan asiakirja, jossa todetaan tilan puhtaus ja jatkokäytön turvallisuus. (KorjausRYL, 2016) Purkutöiden laadunvarmistukseen kuuluvat myös materiaalien asiallinen käsittely ja korjausten aikainen suojaus.

Kalusteiden ja irtaimiston puhdistus suoritetaan erillisen ohjeen mukaisesti (Työterveyslaitos, 2016). Samoin käyttäjien muuton ohjeistuksesta huolehditaan. Esimerkiksi pölyisten tavaroiden ja papereiden siirtoa korjattuun kohteeseen on hyvä välttää. **Käyttöönoton jälkeinen** puhtauden laadunvarmistus (ks. luku 5) edellyttää sitä, että tilojen loppukäyttäjät toimivat puhtaustavoitteiden mukaisesti, ja ylläpitosiivoukset tehdään hyvin.

Laadunvarmistukseen voivat kuulua esimerkiksi seuraavat asiat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Hokkanen, 2014):

- loppusiivousohjeen ja puhtaudenhallintaohjeen laatiminen sovitusti
- vastuuhenkilön nimeäminen puhtaudenhallintaan (urakoitsija nimeää)
- puhtauden laadunvalvontamittauksien toteuttaminen suunnitellusti
- osastoinnin pitävyyden tarkistaminen: läpivientien ja rakenneliittymien tarkistaminen merkkisavuin
- ilmapvirtausten suunnan tarkistaminen (olevalta alueelta rajapinnan sulkuosaston sisään ja tästä työskentelyalueelle)
- työosaston tai kulkuosastoinnin tuulikaapin ovien itsestään sulkeutumisen tarkistaminen
- suojaseinien yhteneväisyyden tarkistaminen läpivientien kohdalla ja alakattojen yläpuolella

- pölyhallinnan varmistaminen (pöly ei siirry korjaamattomalta alueelta korjatulle alueelle)
- laitteiston tarkistaminen niin, etteivät työntekijät voi kytkeä niitä pois päältä epähuomiossa, jolloin koko pölyhallinnan toimivuus vaarantuisi
- siivouksen tehostaminen korjatulla alueella noin kahden kuukauden ajan käytön aloituksesta.

#### 4.2

### Kosteudenhallinta

Työmaa-aikaisen kosteudenhallinnan ensimmäinen kriittinen osa on rakennusmateriaalien ja -tarvikkeiden sekä sateelle altistuvien rakennusosien sääsuojaus. Sääsuojien kunto on tarkistettava säännöllisesti niin kauan kuin suojaustarvetta on. Rakenteiden kuivumista seurataan laaditun kosteudenhallinta- ja kosteudenmittaussuunnitelman mukaisilla toimenpiteillä ja mittauksilla. Mittausten viitearvot (betonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvot ennen päällysteiden asentamista ja työmaan olosuhteiden tavoitearvot) riittävän kuivumisen varmistamiseksi esitetään kosteudenhallintasuunnitelmassa. Mitattavia tekijöitä ovat sisäilman suhteellinen kosteus ja lämpötila riittävän hyvien kuivumisolosuhteiden varmistamiseksi sekä betonirakenteiden suhteellinen kosteus rakenteiden riittävän kuivumisen toteamiseksi.

Työmaan olosuhteita mitataan vähintään yhdestä tilasta jokaisessa kerroksessa. Lisäksi otetaan vertailuarvo ulkoilmasta. **Kosteudenmittaukset (rakenteiden kuivumisen varmistaminen) tehdään vähintään kosteusteknisesti kriittisistä rakenneosista (esimerkiksi vanhat maanvastaiset seinät ja alapohjat) sekä uusista ja kastuneista rakenteista.** Betonin kosteudenmittaukset suoritetaan betonirakenteeseen poratuista rei'istä tai rakenteesta otetuista näytepaloista. Betonin kosteuden mittaamisen avulla voidaan tarkentaa aiemmin tehtyjä laskennallisia kuivumisaika-arvioita. (Merikallio, 2009; RT 14-10984; Sisäilmayhdistys 2017) Puumateriaaleille sovelletaan erilaisia tutkimusmenetelmiä (Pitkäranta (toim.), 2016). Rakenteiden sisään jätettävillä mittaustureilla voidaan seurata rakenteen olosuhteita myös rakennuksen käytön aikana.

Laadunvarmistukseen voivat kuulua esimerkiksi seuraavat asiat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015):

- urakoitsijalla on nimetty vastuuhenkilö kosteudenhallintaan
- tarvittavat kosteusmittaukset eri työvaiheissa (esimerkiksi ennen lattioiden päällystystä)
- asiallinen sääsuojaus (ei pelkkiä kevytpeitteitä)
- tilaaja on tehnyt tarvittaessa rakennekosteuden tarkistusmittauksia ja valvonut mittauksia
- kosteudenmittausmenetelmät ja -laitteet, kosteudenmittaajan pätevyys, raportin sisältö ja tulosten arviointi ovat kunnossa
- mittaukset on tehty rakenteiden eri kohdista, joissa on esimerkiksi vaihtelevat materiaalivaihtuudet tai rakenteet.

#### 4.3

### Rakenteiden ilmatiivyyden parantaminen

Rakenteiden ilmatiivyyden parantamisen laadunvarmistusmenetelmiksi suositellaan mallityön tekemistä, aistinvaraista tarkastelua ja tavoitellun ilmatiivyyden varmistamista merkkiainekokeella. Lisäksi on varmistuttava siitä, että urakoitsija on pätevä suorittamaan tiivistystyötä. Korjaussuunnittelija määrittelee työn sisällön. Ilmatiivyyden parantamisessa työn huolellisuudella on tavanomaista suurempi merkitys lopputuloksen kannalta (katso luku 3.3 Käytössä olevia korjausmenetelmiä). Merkkiainekokeiden tekijän tulisi olla mukana suunnitteluvaiheesta alkaen, jotta aika- ja laadunvalvonnan periaatteista voidaan sopia kaikkien osapuolten kesken. (RIL 241-2016; Laine, 2014; RT 14-11197)

Haluttu **tiiviytaso** määritellään ja suunnitellaan sen mukaan, mitä tiivyyden parantamisen kautta tavoitellaan. Laadunvarmistus tehdään merkkiainekokeilla, joiden perusteella voidaan määritellä tiiviytaso 1 (tiivis), tiiviytaso 2 (vähäisiä vuotoja) ja tiiviytaso 3 (ei merkittäviä vuotoja). Kosteus- ja mikrobivauriokorjauksissa halutaan usein estää rakenteissa olevien epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan, jolloin tiiviytaso on tiukin. Mitä vaativampi korjauskohde on kyseessä, sitä parempi tiiviytaso vaaditaan. (RT 14-11197; RIL 241-2016) Myös tavoitteiden saavuttamiseksi käytettävä laitteisto ja asteikko sovitaan. Vanhoissa historiallis-

sa rakennuksissa täydelliseen tiiviyteen päästään käytännössä harvoin, kun taas uudemmissa, tiiviistä betonista rakennetuissa kohteissa tiivistäminen on lähtökohtaisesti helpompaa. Hankkeen alussa tulee sopia tavoiteltava tiiviytaso, mikä ohjaa niin detaljisuunnittelua kuin laadunvarmistusta ja edelleen vaikuttaa myös korjauksista syntyviin kustannuksiin.

**Mallityö tehdään samoilla materiaaleilla ja menetelmillä kuin varsinainen työ.** Sen avulla varmistetaan, että työ vastaa tavoitetta. Mallityö hyväksytään muun muassa aistinvaraisen katselmuksen ja merkkiainekokeen tulosten perusteella. Mallityön laadun ja laadunvarmistustulosten tulee vastata asetettuja tavoitteita. Hyväksytty mallityö ei takaa onnistunutta korjaustyötä, vaan myös koko korjattavan alueen tiivistystyön laatu varmistetaan laadunvarmistussuunnitelman mukaisessa laajuudessa. Valvonnalla varmennetaan, että myös varsinaisen työn lopputulos on laadukas.

Laadunvarmistukseen voivat kuulua esimerkiksi seuraavat asiat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; By 41, 2016):

- merkkiainekokeella (RT 14-11197) on varmistettu tiivistämisen onnistuminen
- läpiviennit ja liittymät on tiivistetty (myös esimerkiksi kiintokalusteiden, kevyiden väliseinien ja alakattojen kohdalta)
- höyrynsulun tiivistykset monimuotoisissa pilari-palkkirungoissa ja kevyissä ulkoseinissä ovat kunnossa
- lämpökuvaukset ja ilmanvuotoluvun määrittämistä varten tarvittavat tiiviyksmittaukset on tehty työmaa-aikana (mm. kylmäsillat)
- elementtisaumat (vaaka- ja pystysaummat) ovat riittävän tiiviit
- tarvittaessa mittaukset seinäpinnan tasaisuudesta, tartuntapintojen puhtaudesta, alustan lujuudesta sekä tuotteiden veto- ja tartuntavetolujuudesta ja kalvon- ja kerrospaksuuksista
- seinäpinnan tasaisuus  $\pm 3$  mm / 2 m, mittaus RT 14-10373 mukaan, yksittäinen nystermä enintään 1 mm, ei hammastusta
- tartuntapintojen puhtauden toteaminen ennen tiivistysmassojen levittämistä geeliteippimenetelmällä (SFS 5994) kaikilta pinnoilta
- tuotteiden ja alustan vetolujuuden ja tartuntavetolujuuden mittaaminen

- alustan lujuus vetokokein, 5 rinnakkaista vetoa, vaatimus  $\geq 0,7$  N/mm<sup>2</sup> tai järjestelmä- ja tuotekohtaisesti ilmoitettu vaatimus
- tuotteiden (esimerkiksi liitosnauhojen) kolmioviiltokoe (RT 83-11032) täydentää aistinvaraisesti tartuntavetolujuuden mittaamista
- tuotteiden ja järjestelmien (esimerkiksi veden-eristysjärjestelmä) kalvon- tai kerrospaksuukseen määrittäminen (ei liian paksu tai ohut)
- maalipintojen hilaristikkokoe.

Kaikkien tiivistettyjen tilojen tai pistokoeluontoinen mallihuoneen jälkeinen **ilmatiiviyys tarkistetaan merkkiainekokeella** ennen tiivistykset peittävien rakenteiden asentamista. Tilan riittävä alipaineisuus (vähintään 10 Pa mitattuna tutkittavan rakenteen yli) on kokeen suorituksen aikana erityisen tärkeää, jotta vuodot voidaan riittävällä varmuudella todeta. Koehetkellä vallitsevat tuuliolosuhteet on otettava huomioon. Merkkiainekaa- su lasketaan rakenteeseen ulko- tai sisäpuolelta. Pintamateriaalit asennetaan vasta, kun mahdolliset ilmitulleet epätiiviyyskohdat on tiivistetty ja uudelleen merkkiainekokeella tarkistettu, ja tiivistystyö kokonaisuudessaan hyväksytty. Parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi merkkiainekoe tehdään jokaisessa tiivistyskorjatussa tilassa. (RT 14-11197)

Rakenteellisen tiiviyden varmentamista täydennetään lämpökuvauksin ja ilmanvuotoluvun  $q_{50}$  (m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>)) mittaamisella tapauskohtaisesti, jos niille nähdään erillistä tarvetta (RT 14-11239, 2016; RT 80-10974, 2009). Lämpökuvauksessa on otettava huomioon muun muassa tutkittavalle rakenteelle arvioidun emissiokertoimen ja vuodenajan vaikutus mittaustarkkuuteen. Ilmanvuotoluvun määrittäminen on myös voitu asettaa rakennusluvassa velvoitteeksi. Edellä mainitut lisätutkimukset ovat tärkeitä erityisesti, kun korjausrakentamisella tavoitellaan energiatehokkuutta. Myös merkkisavu-koetta voidaan käyttää tiiviyden varmentamiseen (Hongisto, 2016). Mittaukset suoritetaan ennen ja jälkeen tiivistyskorjausten, jotta voidaan todeta, onko korjauksilla saavutettu tavoiteltu tiiviyden paraneminen. Edellä mainitut mittaukset eivät kuitenkaan sovellu tiivistyskorjausten laadunvarmistukseen kosteus- ja mikrobivauriokohteissa, koska tällöin oleellista on vuotokohtien tarkka paikantaminen, mikä voidaan tehdä ainoastaan merkkiainekokeilla.

Tiivistyskorjausten onnistumista voidaan seurata myös jälkikäteen esimerkiksi käyttäjäkyselyillä

ja säännöllisesti tai tarveharkintaisesti tehtävillä merkkiainekokeilla (katso luku 5). Jos sisäilman laadussa on edelleen käyttäjäkyselyn perusteella ongelmia, mutta merkkiainekokeissa ei havaita puutteita, on mahdollista, että korjauksen muut toimenpiteet, kuten siivous ja ilmanvaihdon säätötyöt, on laiminlyöty. (Hakamäki, 2015; Laine, 2014; Tullila, 2015; RT 14-11197) Merkkiainekokeen virhemahdollisuuksia ovat virheellisesti tehty koe tai ulkoisten olosuhteiden vaikutukset kaasun kulkeutumiseen, esimerkiksi kaasun karkaaminen ulos rakenteesta. Tällöin tulisi koereillä varmistaa, että kaasua todella on tutkittavassa rakenteessa.

Korjaustyön yhteydessä otetaan tarvittaessa tiivistyskorjausmateriaaleista näytteitä korjaussuunnittelijan määrittelemien laadunvarmistuksen kriteerien mukaisesti. Otanta tiivistyskorjauksiin käytettävien materiaalien osalta on esimerkiksi seuraava:

- Jokaista alkavaa 50 m<sup>2</sup> tai 50 jm kohden irroteetaan kaksi näytepalaa olomuodon ja paksuuden mittaamiseksi.
- Jokaista alkavaa 100 m<sup>2</sup> tai 100 jm kohden porataan kaksi näytettä tartuntavetolujuuden mittaamiseksi.

Tiivistyksissä käytettävien vedeneristysmateriaalien osalta on suositeltavaa, että laadunvarmistuksen tekee henkilö, jolla on rakenteiden tiivistäjän henkilösertifikaatti. Betonialustan vetolujuuden tulee täyttää Betoniyhdistyksen esittämät vaatimukset (By 41, 2016). Tiivistysmateriaalien ja -järjestelmien sertifikaattien mukaisten ehtojen tulee täytyä.

#### 4.4

### Kapselointi

Kapselointitöiden laadunvarmistuksessa varmentaan, etteivät haitta-aineet ja muut epäpuhtaudet kulkeudu sisäilmaan konvektion ja diffuusion vaikutuksesta (vrt. luku 3.3.4). Kapseloinnin laadunvarmistus tehdään aina vähintään vastaavalla menettelyllä ja samoilla vaatimuksilla kuin ilmatiiviyden parantamisen yhteydessä esimerkiksi tarkistamalla tiiviys merkkiainekokeella. Laadunvarmistukseen voivat kuulua esimerkiksi tiivistystöiden laadunvarmistusta vastaavat asiat, joita on listattu luvussa 4.3.

Kapselointikorjauksissa käytettävistä materiaaleista mahdollisesti vapautuvien VOC-yhdisteiden sisäilman laatua heikentävä vaikutus asennustyön jälkeen on otettava huomioon (Keinänen, 2009). Sitä voidaan kompensoida tehokkaammalla ilmanvaihdon avulla esimerkiksi puoli vuotta käyttöönoton jälkeen. Korjaustyön yhteydessä otetaan tarvittaessa materiaalinäytteitä suunnittelijan määrittelemien kriteerien mukaisesti vastaavasti kuin luvussa 4.3.

On suositeltavaa, että kapselointimateriaalien laadunvarmistuksen tekee henkilö, jolla on rakenteiden tiivistäjän henkilösertifikaatti. Betonialustan vetolujuuden tulee tarvittaessa täyttää Betoniyhdistyksen esittämät vaatimukset (By 41, 2016). Myös kapselointimateriaalien ja -järjestelmien sertifikaattien mukaisten ehtojen tulee tarvittaessa täytyä.

#### 4.5

### Talotekniset järjestelmät

Rakennusteknisten korjausten rinnalla on olennaista ottaa huomioon taloteknisten järjestelmien korjaamisen laadunvarmistus. Niiden laadunhallinnassa sovelletaan samoja periaatteita, joita edellä on esitetty. Tiivistys- ja kapselointikorjausten yhteydessä ilmanvaihdon toiminnan varmentaminen ja uudelleensäätö tulee tehdä poikkeuksetta. Vastaavasti ilmanvaihdon toimivuus tarkistetaan rakenteellisten korjausten, tilamuutosten ja käyttötarkoituksen muutoksien yhteydessä.

Järjestelmiä säädetään (esimerkiksi ilmamäärien tasapainotus) ja uudistetaan korjaustyön yhteydessä tarvittaessa. Jatkuvalla kunnontarkkailulla ja kuntotutkimusmenetelmillä sekä jatkuvatoimisia mittauksia hyödyntäen varmistetaan asetettujen laatuvaatimusten toteutuminen. Korjauskohteen talotekniikkavalvoja ja tapauskohtaisesti tehtävään palkattu taloteknisistä järjestelmistä vastaava ulkopuolinen asiantuntija varmentavat muun muassa ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokituksen, hankkeen ohjauksen sekä tiedonvaihdon ja raportoinnin. Vastaanotto- ja käyttöönottovaiheessa tehdään asennustapa- ja toimintatarkastus, toimintakoe, itselleluovutus, käyttäjän ennakkokatselmus, kuormituskoe, Black Out -testi, vastaanoton ennakkotarkastus sekä toimivuustarkastus. On syytä huomata, että kaikkia toimenpiteitä ei tehdä varsinkaan pienemmissä korjaushankkeissa, vaan tapauskohtaisesti harkiten.

Jatkuvatoimisilla mittauksilla voidaan todentaa muun muassa sisäilman epäpuhtauksien (esimerkiksi radon, formaldehydi, hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>), hiilidioksidi ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet) pitoisuuksien kasvua tiettyinä ajankohdina, kuten liittyen ilmanvaihdon käyntiaikoihin (ilmanvaihto esimerkiksi puoliteholla oleskeluajien ulkopuolella). Näin voidaan havaita ilmanvaihdon säätötarpeita tai muita sisäilman laatuun liittyviä selvitystarpeita. Jatkuvatoimisilla mittauksilla voidaan havaita tekijöitä, jotka hetkellisillä mittauksilla jäävät havaitsematta.

Hankkeen loppusiivoukseen sisältyy ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja sen todentaminen. Ilmanvaihtokanaviston pölymäärä todetaan puhdistamisen jälkeen silmämääräisesti. Tapauskohtaisesti harkiten voidaan myös käyttää geeliteippimennettä. (Rakennustieto, 2017; Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Manninen, 2016; RT 07-10946; SFS 5994) Laadunvalvonnan esimerkkejä on esitetty kuvassa 4.2.

Laadunvarmistukseen voivat kuulua esimerkiksi seuraavat asiat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015):

- Ilmanvaihtokoneen raitisilmakammion rakenteet ovat riittävän tiiviit estämään veden ja lämmön vuodot rakenteisiin.
- Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuus, säätöjen pysyvyys ja automaation hallinta on tarkastettu riittävän kattavasti (laadittava oma tarkistuslista LVIA-toimintakokeiden yhteyteen).
- Tuloilmaventtiilit on puhdistettu perusteellisesti.
- Ilmanvaihtojärjestelmän aikaisemmat ja nykyiset käyttöohjeet on toimitettu käyttäjälle.
- Pohjaviemäreiden kallistukset maanvaraisten lattioiden alla ovat kunnossa (kuvattu kameralla).
- Sadevesiviemärit ja salaojat on kuvattu työma-aikana.
- Viemäreissä (mm. kattokaivojen viemärit) ei ole rakennusaikaista jätettä (kuvattu kameralla).

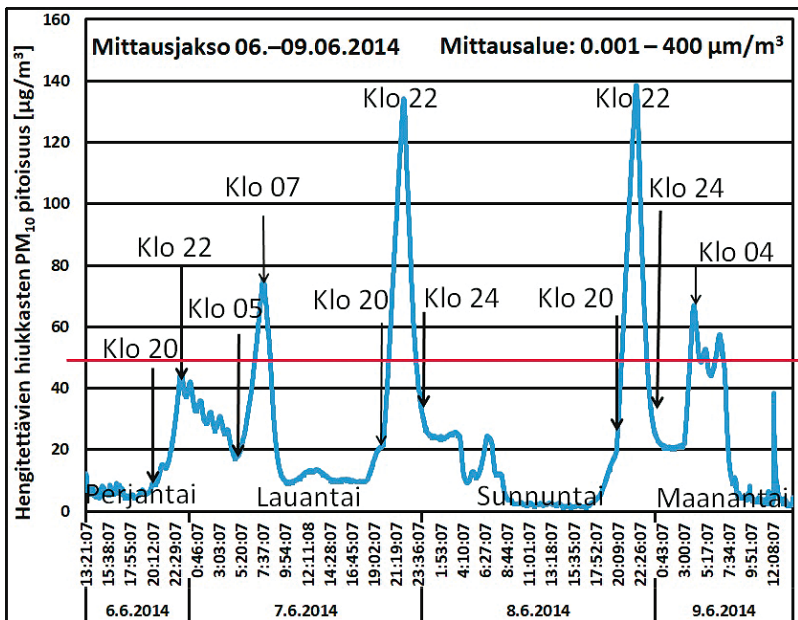


Kuva 4.2. Korjaushankkeen laadunvalvontatarpeen esimerkkejä: Siili ja hiekkaa erittäin likaisessa tuloilmakanavassa, poistettava ennen ilmanvaihtohormien puhdistusta (vasen yläkuva). Puhdistamatta jäänyt kanavanpäällinen (oikea yläkuva). Ruostunut tuloilmakanava ennen paikkausta (vasen alakuva) ja paikattuna, kun kanavan vaihto ei ollut mahdollista (oikea alakuva).



Kuvassa 4.3 on esitetty esimerkki jatkuvatoimisten mittausten käytöstä taloteknisten järjestelmien laadunhallinnassa. Muun muassa huonosti toimiva ja viikonloppuna "lepotilassa" oleva ilmanvaihto on mittaustulosten perusteella säädettävä käyntiaikojen ja ilmamäärien suhteen uudelleen. Moniongelmaisissa kiinteistöissä energiatehokkuusnäkökulma on toissijainen, sillä esimerkiksi työ- ja oleskeluaikojen ulkopuolinen säästö ilmanvaihdon täysimääräisestä käytöstä aiheuttaa monien epäpuhtauslähteiden pitoisuuden kasvamisen. Näistä ovat esimerkkinä radon, formaldehydi, hengitettävät hiukkaset ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ), hiilidioksi-

di ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet. Edellä mainitussa tapauksessa ilmanvaihtokoneen tehokkaalla käytöllä voidaan osaltaan laimentaa tilojen kohonneita pitoisuuksia hyväksyttävälle tasolle. On syytä huomata, että tehokkaan ilmanvaihdon takia voi korvausilmaa tulla vääristä paikoista, jos vaiparakenteiden ilmatiiviydestä ei ole huolehdittu. Onnistuneiden korjaustoimenpiteiden perusteella (katso luku 5) voidaan rakennuksen käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto toteuttaa Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen 8 §:n mukaisesti (Valvira, 2016).



Kuva 4.3. Hengitettävien hiukkasten  $PM_{10}$  ( $<10 \mu m$ ) pitoisuus huoneessa ylitti toimenpide-  
rajan  $50 \mu g/m^3$  useita kertoja mittausjakson (3 vrk) aikana. (Sosiaali- ja terveysministeriö,  
2015)

## 5 Korjausten onnistumisen seuranta

Korjaustyön laadunvarmistustoimenpiteiden luontevana jatkona on korjausten onnistumisen seuranta rakennuksen käytön aikana. Korjausten onnistumista arvioidaan seurantasuunnitelmassa asetettujen kriteerien mukaisesti. Seuranta jaetaan käytönaikaiseen käyttäjien hyvinvoinnin, sisäilman olosuhteiden ja rakenteiden toimivuuden seurantaan. Usealla julkisella kiinteistönomistajalla on vakiintuneet käytännöt korjausten onnistumisen seurantaan. Seurantasuunnitelman toteutus voidaan hyväksyä esimerkiksi organisaatioon erikseen nimetyssä sisäilmaryhmässä. Seurantajaksoina käytetään tyypillisesti 2 vuotta sekä 2–5 vuotta. Seurannassa on hyvä käyttää apuna korjaushankkeen arviointi- ja seurantalomakkeita, joita on saatavilla myös valmiina pohjina (hometalkoot.fi; Lappalainen et al., 2008). Seurannasta tiedotetaan käyttäjiä ja muita tahoja sekä selvennetään, että seuranta ei tarkoita sitä, että tiloissa epäiltäisiin olevan ongelmia. Kiinteistön käyttäjillä on merkittävä osuus seurannassa. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b; Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015)

***Yksittäinen seurantamenetelmä ei yleensä ole riittävä takaamaan korjausten onnistumista, vaan on suositeltavaa käyttää useaa rinnakkaista menetelmää. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaushankkeissa on panostettava tiedotukseen ja viestintään. Hyvä viestintä motivoi ja sitouttaa käyttäjät tukemaan hankkeen onnistumista.***

Urakoitsijan velvollisuutena on osallistua **käyttö- ja huolto-ohjeen** laadintaan. Siihen sisällytetään materiaalitietojen lisäksi muun muassa tilojen sii-

voukseen ja käyttöön sekä taloteknisiin järjestelmiin liittyvä ohjeistus. Lisäksi ohjeeseen sisällytetään esimerkiksi kosteudenmittausten tulokset sekä tarkat sijainnit tehdyistä tiivistyskorjauksista laajuustietoineen ja tehtyine laadunvarmistusmittauksineen. Käyttö- ja huolto-ohjeeseen on suositeltavaa myös määritellä seurattavat rakenteet ja järjestelmät suunnittelijan toimesta sekä kuvata niiden paikannuskaaviot (vertaa luku 2.2.6). Tällöin niiden paikantaminen helpottuu esimerkiksi kiinteistönomistajan vaihtuessa. Käyttö- ja huolto-ohjeessa on myös hyvä huomioida huoltotoimenpiteiden vastuuhenkilöt, eli tehtäviin perehdytetyt ja tarvittaessa kohteeseen koulutetut kiinteistönhoitajat. Kiinteistönhoitajilta tulee edellyttää tiedon siirtyminen uudelle kiinteistöhuoltoliikkeelle huoltoliikkeen vaihtumisen yhteydessä (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015). Tilojen käyttäjät tulee perehdyttää tilojen käyttöön ennen muuttoa. Käyttöönottoaiheessa voidaan myös esimerkiksi jakaa tiedotteita ja järjestää tiedotustilaisuuksia.

Korjausten onnistumisen seurantaan voi kuulua käyttäjien terveydentilan ja kokemusten kartoitusta, tehtyjen korjausten ja kiinteistön teknisen toiminnallisuuden arviointia, kiinteistön huollon ja ylläpidon laadun arviointia sekä laadunvarmistusmittauksia. (Salonen et al., 2011) Lisäksi korjatussa rakennuksessa voidaan tehdä erilaisia seurantamittauksia ja katselmuksia käyttöönoton jälkeen (Rakentajan kalenteri 2017; Poutiainen, 2017). Toimenpiteinä korjausten onnistumisen arvioimiseksi voidaan erikseen määriteltynä ajanjaksoina käyttää esimerkiksi siivoustason tarkastusta, rakenteiden ilmatiiviyden mittaamista (RT 14-11197, 2016), ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden arviointia sekä erikseen ja perustellusti sisäilman kemiallisten ja mikrobiologisten pitoisuuksien mittaamista

(Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus, 2016; Valvira, 2016; Pitkäranta (toim.), 2016). Nykyisin saatavilla on paljon erilaisia rakenteisiin asennettavia monitorintijärjestelmiä, joista on saatavissa jatkuvaa mitausdataa rakenteen toiminnasta ja olosuhteista.

## 5.1

### Tilojen käyttäjien hyvinvoinnin seuranta

Sisäilmastokysely (käyttäjäkysely) käyttäjien kokemusten arvioimiseksi ja seuraamiseksi tehdään yleensä työterveyshuollon toimesta aikaisintaan puolen vuoden päästä korjauksen valmistumisesta, mutta viimeistään vuoden kuluttua tilojen käyttöönotosta. Erilaisia kyselyitä on saatavilla, mutta oleellisinta on saada arvioiduksi käytössä olevien tilojen edellytykset niiden käytölle sekä todentaa oireilun väheneminen (Asikainen, 2016; Kiiski, 2017). Mikäli käytettävissä on ennen korjausta tehty kyselyt samoille henkilöille ja kyselyt on tehty samaan vuodenaikaan, tuloksia ennen ja jälkeen korjausten voidaan vertailla keskenään. Tarkoituksena on havainnoida, ovatko koetut haitat vähentyneet korjausten jälkeen, ja näin arvioida korjauksen onnistumista. Kyselyn perusteella määritetään lisätutkimustarpeet ongelmallisiksi koetuille tiloille.

Käytetyimpiä sisäilmastokyselyitä ovat Örebro-kyselyyn (MM-40) pohjautuvat sisäilmastokyselyt. Työterveyshuollosta voidaan lisäksi tarvittaessa kerätä ryhmätason tietoja liittyen tilojen käyttäjien terveyteen tai kokemukseen sisäilman laadusta. Sisäilmastokysely ei sovellu pieniin kohteisiin (alle 20 henkilöä). Laajan kyselyn lisäksi voidaan tilastollisen merkittävyyden parantamiseksi tehdä myös suppeampi kysely, jotta vastausprosentti saadaan riittävän korkeaksi. Tällöin johtopäätösten tekeminen on luotettavampaa. Kyselyitä on toisinaan myös hyvä täydentää tilojen käyttäjille suunnatuilla haastatteluilla, sillä kyselyissä ei välttämättä tule esille kaikkia oleellisia yksityiskohtia. Haastattelut eivät kuitenkaan yleensä ole esimerkiksi satojen henkilöiden toimitiloissa mahdollisia.

Avoin viestintä tilojen käyttäjille on kyselyiden lisäksi erittäin tärkeä osa korjausten onnistumista ja onnistumisen seuranta. Käyttäjien edustajat osallistuvat myös erillisiin, jo hankkeen alkuvaiheessa perustettuihin sisäilmaryhmiin. (Lappalainen et al., 2017) Epäselvän ja viivästyneen viestinnän tai

henkilökunnan osittaisen siirtämisen väistötiloihin aiheuttama epävarmuus, psykologinen haitta tai työyhteisön heikkenevä yhteisöllisyys voivat vaikuttaa merkittävästi korjausten hyväksymiseen ja onnistumiseen, ja siksi viestintään on kiinnitettävä erityistä huomiota. (Lahtinen, 2004) Korjauksista huolimatta osa työntekijöistä saattaa edelleen oireilla tavanomaisissakin sisäympäristöissä, jolloin kyseessä voi olla niin sanottu ympäristöherkkyys (Karvala et al., 2017).

Seurantaan voivat kuulua esimerkiksi seuraavat asiat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Tähtinen et al., 2013; Salonen et al., 2011):

- tilojen katselmointi ja toiminnan arviointi suhteessa tilojen käyttötarkoitukseen
- vertailu muihin vastaaviin tiloihin
- sisäilmastokyselyn (olosuhdehaitat, oireet) teettäminen ja tulosten läpikäynti
- käyttäjien haastattelu
- keskustelu työterveyslääkärin kanssa
- ennen-jälkeen mittaukset (oirekyselyä ei tehdä siitepölyaikaan eikä talvella kovimpien pakkasten aikaan)
- käyttäjäpalautteen aktiivinen ja nopea käsittely
- käyttäjien tiedottaminen tehdyistä selvityksistä ja todetuista vioista.

## 5.2

### Tilojen ja rakenteiden seuranta käytön aikana

Käytönaikaiseen seurantaan kuuluvat aistinvarainen ja mitattu sisäilman laadun arviointi, kosteudenmittaukset sekä mittaukset rakenteisiin asennettavilla antureilla (Pitkäranta (toim.), 2016). Rakenteisiin, erityisesti kriittisiin kohtiin, pysyvästi asennettavien mittausturien ja vaihtoehtoisten mittaustapojen käytön edellytyksenä ovat tarkka ja perusteltu suunnitelma mittauspisteistä sekä tavoite pitkäkestoiselle seurannalle. Seurantasuunnitelmaan voivat kuulua esimerkiksi rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden seuranta, ilmatiiviyden mittaus (RT 14-11197) ja lämpökuvaukset (RT 14-11239, 2016). Ilmanvuotoluvun mittaaminen  $q_{50}$  ( $m^3/(h \cdot m^2)$ ) (RT 80-10974, 2009), lämpökuvaus ja korjattujen pintojen emissiomittaukset FLECLaitteella (RT 14-10776, 2003; SFS-EN ISO 16000-10; Järnström, 2007) ovat käyttökelpoisia lisätutkimuksia energiatehokkaan korjausrakentamisen

yhteydessä. Rakennuksen käyttäjiä ohjeistetaan ja perehdytetään puhtauden ja siivottavuuden ylläpitoon. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b; Manninen, 2017)

Tiivistysten toimivuuden varmentamiseksi suositellaan merkkiainekokeiden lisäksi rakennemittauksia, kuten kiinnipysyvyyden tarkistaminen ja kriittisiksi asetettujen rakennesyksityiskohtien pitkäaikaisseuranta. Merkkiainekokeet voidaan tehdä sekä takuuajana että takuuajan jälkeen seuranta-tutkimusten tulosten perusteella. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017)

Korjaussuunnittelija määrittelee jo suunnitteluvaiheessa laadunvarmistussuunnitelmassa ja seurantasuunnitelmassa (katso luku 2) tilanteet, joissa rakenteita seurataan, mittausmenetelmät, valintaperusteet, rakenteiden kriittiset mittauskohdat, mittausajanjakson, mitattavat suureet ja mittauksista saatavat oletetut tulokset. Mittaussuunnitelmaan tulee sisällyttää mittapäiden lukematarkeus, sillä se vaikuttaa tehtyjen johtopäätösten merkittävyyteen. Suunnitelmassa voidaan myös mainita hälytysjärjestelmien, kuten kosteuden ilmaisimien, käyttö. Yksinkertaiset on-off-tyypiset (onko pinnalla kosteutta vai ei) märkänäoloaika (TOW) mittaavat anturit ovat käyttökelpoisia kondenssiriskin havainnoinnissa.

Tilajan sisäilma-asiantuntijalla tulee olla valmius analysoida mahdollisesti suureksikin kertyvä pitkäaikainen mittausaineisto. Aineistoa voidaan tarvittaessa hyödyntää esimerkiksi korjaustarpeiden arvioinnissa ennakoivan kiinteistönpidon toimenpiteenä. Tällöin voidaan käyttää apuna koneoppimista (Taffese et al., 2016).

Seurantatarkastuksissa käydään läpi ainakin seuraavat asiat:

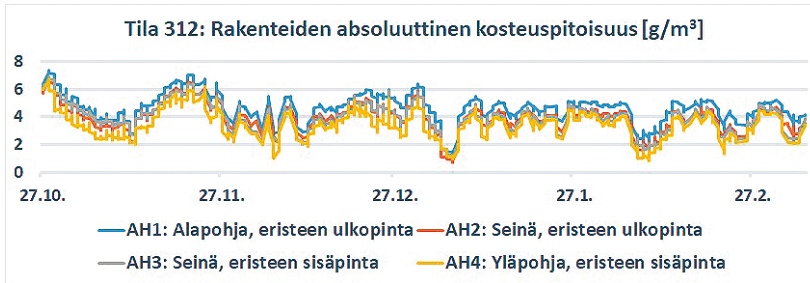
- tilojen siisteys, pölyisyys ja siivottavuus (yläpinnat, tavarat, kasvit)
- havaittavat hajut ja niiden mahdolliset lähteet (mm. rakennusmateriaalit ja irtaimisto)
- ilmanvaihdon toimivuus
- ilmanvaihtolaitteiden puhtaus ja toiminta
- tilojen lämpötila
- rakenteissa havaittavat sisäilman laatuun vaikuttavat riskit tai vauriot tarkasteluhetkellä.

Seurantaan voivat kuulua esimerkiksi seuraavat asiat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b; Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Tahtinen et al., 2013; Salonen et al., 2011):

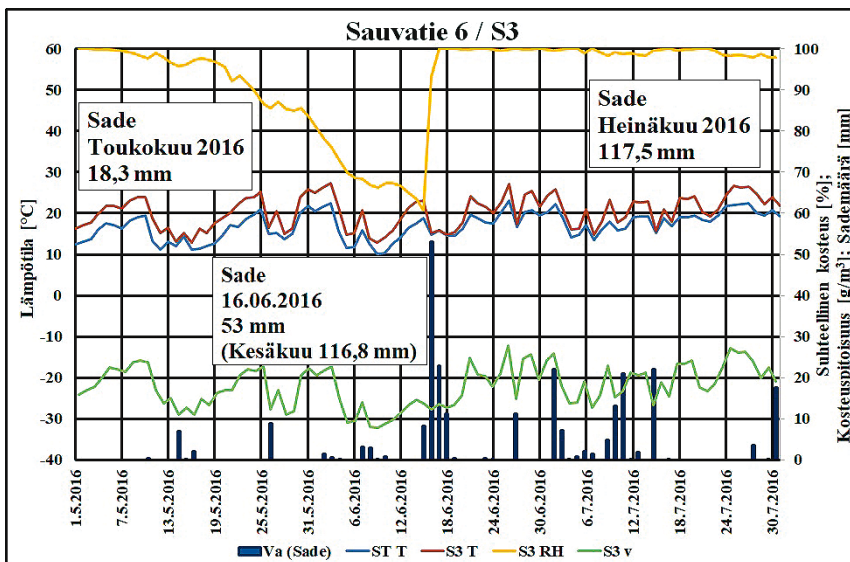
- aistinvarainen kunnan arviointi (halkeamat, muut näkyvät vauriot, hajut, jne.)
- aluskatteen kunnan ja kiinnityksen tarkastaminen vuosittain suoritettavan vesikattotarkastuksen yhteydessä
- rakennekosteuden seurantamittaus (pintakosteus-, viilto- ja rakennemittaus) 1–2 vuoden jälkeen (betonirakenteiden päällystämisen onnistumisen arviointi)
- tehtyjen korjausten ja kiinteistön teknisen toimivuuden arviointi
- tiivistyskorjatun rakenteen ja liitosten toiminnan seuranta merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin (3–5 vuotta)
- tiiviysmittaus ja lämpökuvaus talvikaudella (merkkiaine- ja ilmanvuototutkimukset)
- PAH- ja VOC-mittaukset sisäilmasta (VOC-mittaukset aikaisintaan 6 kuukautta korjausten valmistumisen jälkeen, jos ovat kertamittauksia)
- lattianpinnoitteiden FLEC-tutkimus
- puhtaustason ja siisteyden selvittäminen
- käyttö- ja huolto-ohjeessa määriteltyjen toimenpiteiden toteutumisen seuranta
- rakenteiden avaaminen, mikäli muut mittaukset antavat siihen aiheen (ääritapaus).

Valitun korjaus- tai huoltotoimenpiteen soveltuvuus voidaan varmistaa rakenteiden seurantajaksojen (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b) mittauksilla muiden kuntotutkimustyyppisten mittausten lisäksi. Kuvassa 5.1 on esimerkki jatkuvakestoisesta rakenteen kosteuden mittauksesta talvikauden yli.

**Rakennusta seurataan kokonaisuutena eikä vain sisäilmaan yhteydessä olevien rakenteiden osalta.** Lisäksi korjaussuunnittelijan ja kiinteistönomistajan on tiedostettava rakenteiden ikääntymisen merkitys ylläpidolle. Rakennusmateriaaleilla on rajallinen käyttöikä (RT 18-10922), jota voidaan arvioida rakenteisiin asennettujen anturien avulla. Jatkuvatoimisin mittauksin voidaan arvioida tulevien huolto- ja korjaustoimenpiteiden tarvetta. Rakenteita on suositeltavaa seurata korjauksen jälkeisen seurantajakson (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b) jälkeenkin. Esimerkiksi julkisivun ikääntymisellä voi olla epäsuora vaikutus sisäilman laatuun (Kuva 5.2).



Kuva 5.1. Rakenteissa olevien mittapisteiden absoluuttinen kosteuspitoisuus suunnitelmallisesti ylipaineistetussa tilassa. (Mattila, 2017)



Kuva 5.2. Julkisivu on päässyt kuivumaan kesäkuun alkuun mennessä. Voimakas sade 16.06.2016 (53 mm) kuitenkin kasteli julkisivun, ja sitä seurannut sadejakso piti kosteusrasitustason korkealla huolimatta lämpimästä ajanjaksosta. (Sistonen et al., 2016). Jäljellä oleva käyttöikä on arviolta alle viisi vuotta. Merkinnoistä Va (Sade) on sademäärä Helsinki-Vantaan lentokentällä, ST ulkoilman lämpötila ja S3 pinnoittamaton ulkokuorielementti.

### 5.3

## Sisäilman laadun seuranta

Sisäilman laadun korjausten jälkeiseen seurantaan voi tarvittaessa kuulua sisäilma-asiantuntijan tai korjaussuunnittelijan suosittelemia näytteenottoja ja jatkuvatoimisia mittauksia (olosuhdeseurantaa). Seurannalla varmistetaan sisäilman laatua heikentävien tekijöiden poistuminen tai oleellinen pieneneminen. Seurantaan voi kuulua esimerkiksi

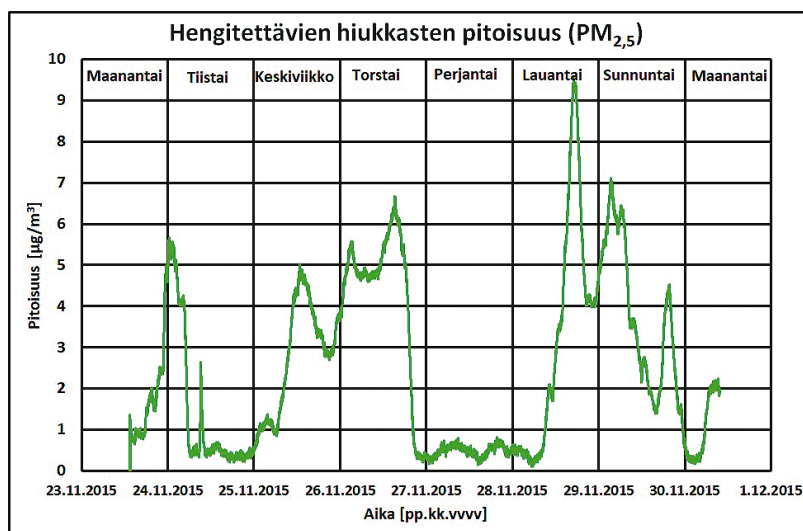
mikrobien, kaasumaisten yhdisteiden, kuitujen, pienhiukkasten ja pölyn mittauksia. Mittauksia voidaan tehdä ennen ja jälkeen korjausten tai vähintään kuuden kuukauden kuluttua korjausten jälkeisestä siivouksesta. Mittausanturien mittaus-tarkkuus sekä mittausalue vaikuttavat sisäilma-mittauksen luotettavuuteen ja käyttökelpoisuuteen. (Pitkäranta (toim.), 2016; Lappalainen et al., 2017; Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b Täh-tinen et al., 2013; Salonen et al., 2011) Sisäilman

mittaustuloksia verrataan asumisterveysasetuksen (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015) ja muiden aihealueen asetusten toimenpiderajoihin ja viitearvoihin. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje (Valvira, 2016) antaa tarkennettuja ohjeita sisäilmamittauksiin. Lisäksi yleisesti käytössä olevia sisäilman laadun viitearvoja on Sisäilmastoluokituksessa (RT 07-11299) ja Työterveyslaitoksen ohjeessa Työterveyslaitos, 2017). Taulukossa 5.1. on esitetty toimenpiderajat ja viitearvoja sisäilmasta mitattaville tekijöille ja kuvassa 5.3 on esitetty esimerkki jatkuvatoimisen mittauksen käytöstä sisäilmakorjausten onnistumisen seurannassa.

Sisäilman olosuhdeseurannan perusteina ovat sisäilman koettu laatu sekä taloteknisten järjestelmien toiminnan varmentaminen ja käyttö eri vuodenaikoina. Olosuhdeseurannan keston on oltava riittävän pitkä vuodenaikojen vaikutuksen huomiioon ottamiseksi ja sen rinnalla on käytettävä aiemmissa luvuissa esitettyjä mittauksia (Hengitysluoto, 2017). Lisäksi samanaikaisesti mitataan ulko-olosuhteita, kuten lämpötilaa, suhteellista kosteutta, tuulen nopeutta, auringon säteilyä ja sademäärää, joihin seurantamittaustuloksia verrataan. Tukena voi myös käyttää ulkoilman olosuhteiden avointa dataa (Ilmatieteen laitos, 2017). Seuranta-

mittauksia tehdään varsinkin tiloissa, joissa on suuret henkilömäärät. Mittausteknologiaa on tarjolla runsaasti (Katainen et al., 2015). Laitteiden mittaustarkkuus on huomioitava pidemmälle meneviä johtopäätöksiä tehtäessä. Korjausten onnistumisen seuranta olosuhdemittauksilla kehitty nopeasti anturiteknologian, analyysimenetelmien sekä rakennusautomaation kehittymisen myötä.

Paine-eromittauksissa tulee ottaa huomioon rakennuksen sijainti ja mittasuhteet sekä ulko-olosuhteet. Rakennuksen painesuhteet voivat vaihdella paljon esimerkiksi rakennuksen korkeuden funktiona. Karkeasti ottaen alimman kerroksen alipaineen ja ylimmän kerroksen ylipaineen ero voi olla suuruusluokkaa 1 Pa/m, kun lämpötilaero on 20 °C:n. Jos lämpötilaero on suurempi, on paineero vastaavasti suurempi. Rakennuksesta löytyy lähes aina ylipaineisia tiloja. Paine-eromittauksen perusteella ilmanvaihtojärjestelmään tehtävät säädöt vaikuttavat sekä korjattujen että korjaamattomien rakenteiden toimintaan. Esimerkiksi tiivistämätön rakennusosa voi muuttuneiden painesuhteiden takia aiheuttaa myöhemmin uuden epäpuhtauslähteen, vaikka korjaustöiden aikaisissa laadunvarmistuskokeissa kyseinen rakennusosa on todettu toimivaksi.



Kuva 5.3. Hengitettävien hiukkasten PM<sub>2,5</sub> (< 2,5 µm) pitoisuus huoneessa alitti korjausten jälkeen viitearvon 10 µg/m<sup>3</sup> koko mittausjakson (7 vrk) aikana.

Taulukko 5.1. Toimenpiderajat ja viitearvoja sisäilman mittauksille.

Yhdiste tai mitaussuure	Toimenpideraja <sup>a</sup>	Muu viitearvo	Yhdiste tai mitaussuure
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet	400 (kokonaispitoisuus), 50 (yksittäinen yhdiste)	> 100 <sup>d</sup>	µg/m <sup>3</sup>
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyraatti (TXIB)	10	6 <sup>d</sup>	µg/m <sup>3</sup>
2-etyyli-1-heksanoli (2-EH)	10	4 <sup>d</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Naftaleeni (C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> )	ei saa esiintyä hajua, 10	< 2 <sup>d</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Styreeni (C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> )	40		µg/m <sup>3</sup>
Formaldehydi (HCHO)	50 (vuosi), 100 (30 min)	> 15 <sup>d</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Hiilimonoksidi (CO)	7 (hetkellinen)		µg/m <sup>3</sup>
Tupakansavu	0,05 (nikotiinipitoisuus)		µg/m <sup>3</sup>
Hengitettävät hiukkaset (PM <sub>10</sub> )	50 (24 h mittaus)		µg/m <sup>3</sup>
Pienhiukkaset (PM <sub>2,5</sub> )	25 (24 h mittaus)	< 10 (S1) <sup>c</sup> < 10 (S2) < 25 (S3)	µg/m <sup>3</sup>
Teolliset mineraalikulut	0,2 (2 viikon laskeuma)		kuitua/cm <sup>2</sup>
Asbestikulut	0,01 (sisäilmassa), ei saa esiintyä pin- tapölyssä	< 0,01 <sup>d</sup>	kuitua/cm <sup>2</sup>
Mikrobit	Katso Asumisterveysasetuksen 20 § Mikrobit		-
Hiilidioksidipitoisuus (CO <sub>2</sub> ) (suu- rempi kuin ulkoilman pitoisuus)	1150	< 350 (S1) <sup>c</sup> < 550 (S2) < 800 (S3)	ppm
Radon (Rn)	400 <sup>b</sup>	< 100 (S1) <sup>c</sup> < 100 (S2) < 200 (S3)	Bq/m <sup>3</sup>

<sup>a</sup> Asumisterveysasetus (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015)

<sup>b</sup> Sosiaali- ja terveysministeriön päätös n:o 944/92

<sup>c</sup> Sisäilmastoluokitus (RT 07-11299)

<sup>d</sup> Sisäympäristön viitearvoja (Työterveyslaitos, 2017)

Nykyaikaisen rakennusautomaatiojärjestelmän (RAU) mahdollisuuksia voi käyttää olosuhdeseurantaan. RAU-järjestelmä seuraa esimerkiksi huoneiden lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja CO<sub>2</sub>-pitoisuuksia. Kiinteistönhoitoa tulee kuitenkin riittävästi opastaa RAU-järjestelmän käyttämiseen ja tulkitsemiseen sekä laitteiston kunnossapitoon. Mikäli erillisiä mittauksia tehdään, on sovittava, kuka tuloksia tulkitsee ja miten tämä henkilö opastaa kiinteistönhoitoa. (Tampereen Tilapalvelut, 2014) Järjestelmän käyttäminen ei korvaa säännöllistä ilmanvaihdon toiminnan tarkistamista ilmamäärien ja paine-erojen mittauksin. Lisäksi ilmanvaihdon toimintaan vaikuttavat lukuisat ympäristön tekijät, kuten kovat pakkasjaksot.

Sisäilman olosuhdeseurantaan voivat kuulua esimerkiksi seuraavat asiat (Suomen Yliopisto-kiinteistöt Oy, 2015; Tähtinen et al., 2013; Salonen et al., 2011):

- olosuhdemittaukset heti käyttöönoton jälkeen
- lämpötilan seurantamittaus
- hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>) seurantamittaus
- paine-eron seurantamittaus (painesuhteet on tarkistettava säännöllisesti).

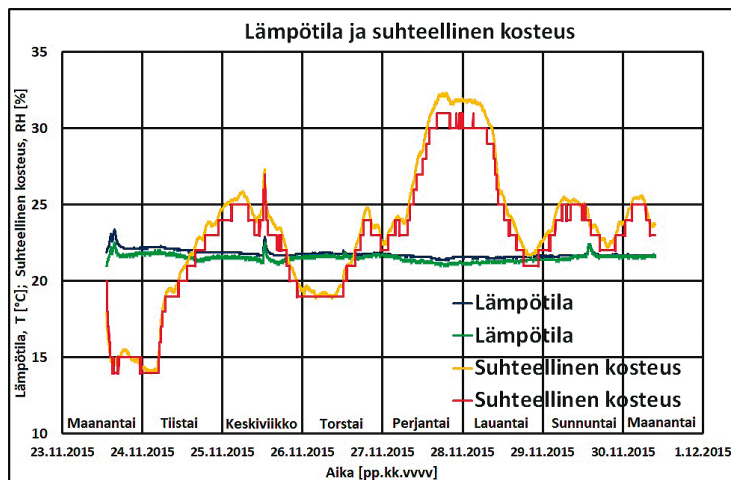
Kuvassa 5.4 on esimerkki jatkuvatoimisten mittausten käytöstä sisäilman olosuhdeseurannassa.

Markkinoilla on tarjolla erilaisia ilmanpuhdistusmenetelmiä, joiden avulla on mahdollista suodattaa sisäilmasta jopa nanoluokan kokoisia hiukkasia ja kaasumaisia epäpuhtauksia. Ilmanpuhdistimien ja huonekohtaisten ilmanvaihtojärjestelmien käyttökelpoisuus ja hyöty on kuitenkin pohdittava tapauskohtaisesti erikseen. Ilmanpuhdistimista ei ole osoitettu olevan terveydellistä hyötyä. Molemmat toimivat täydentävinä elementteinä kokonaisuuden hallinnassa, mutta usein väliaikaisratkaisuina. Siivoustasoa ei tule laskea niitä käytettäessä. Ennen ilmanpuhdistimien hankintaa on tehtävä yläpölysiivous. (Hyvärinen et al., 2017) Tavoitteena on aina lopputulos, jossa puhdistimia ei tarvita.

5.4

## Taloteknisten järjestelmien toimivuuden seuranta

Rakenteellisten korjausten onnistumisen ja sisäilman laadun rinnalla on seurattava taloteknisten järjestelmien toimivuutta. Korjaustyön jälkeistä tarkkailua ja seurantamittauksia hyödynnetään järjestelmien säädössä ja mahdollisessa uudistamisessa. Jatkuvatoimisia mittauksia voidaan käyttää seurannan apuna osana ennakoivaa kiinteis-



Kuva 5.4. Seurantamittauksien tulokset tilasta, jossa olosuhteet pysyivät asetetuissa toimenpiderajoissa koko mittausjakson (7 vrk) ajan (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015).



tönpitoa myös takuuajan jälkeen. Jatkuvatoimisin mittauksin voidaan esimerkiksi seurata ilmanvaihdon toimintaa, mitata korkeiden tilojen vetoisuutta eri korkeuksilla (Ahmed et al., 2017), optimoida ilmanvaihtosuodattimen vaihtoväliä ja hallita tehostettua koneellista poistoilmanvaihtoa.

Ilmanvaihdon ja rakennusautomaation tarkistus tehdään takuuajana puolen vuoden tehostetun ilmanvaihdon käytön jälkeen. Tällöin materiaali-päästöt ovat yleensä pienentyneet viitearvojen alle. Kanaviston ja suodattimien puhtaus sekä laitteistojen toiminta tarkistetaan vähintään silmämääräisesti. Painesuhteet mitataan seurantasuunnitelman mukaisesti jokaisesta kerroksesta ilmansuunnat ja vuodenajat huomioiden. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b; Poutiainen, 2017) Teknisten järjestelmien sisäänajovaihe kestää vuoden, jolloin laitehäiriöt ovat todennäköisiä. Takuuajan jälkeenkin ilmanvaihtolaitteiden ja koneellisten tuuletusjärjestelmien puhtaus ja toiminta todennetaan säännöllisesti. Ilmamäärämittaukset ja tarvittavat säädöt sekä paine-erojen mittaukset tehdään vuosittain. Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmavirrat ja niistä aiheutuvat paine-erot eri osatehoilla selvitetään ensimmäisen takuuvuoden aikana ja säädetään tarvittaessa. (Tampereen Tilapalvelut, 2014)

Koska ilmanvaihtokanavien puhdistustarpeen määrittävät yleensä sisäilman laadulle ja terveellisyydelle asetetut vaatimukset, ei paloturvallisuus-

den takia tehtävälle puhdistamiselle ole säädetty määrävälejä. Pelastuslain (379/2011) 13 §:n mukaan ilmanvaihtokanavat ja -laitteet tulee huoltaa ja puhdistaa säännöllisesti niin, ettei niistä aiheudu tulipalon vaaraa.

Seurantaan voivat kuulua esimerkiksi seuraavat asiat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Tähtiinen et al., 2013; Salonen et al., 2011; Pietiläinen et al., 2007):

- talotekniikkaselvitys (TATE) ja toimivuuden varmistaminen (ToVa)
- ilmanvaihtomittaukset heti käyttöönoton jälkeen (ilmamäärien tarkastaminen)
- tehostettu ilmanvaihtokoneiden toiminnan seuranta
- ilmanvaihtokanavien ja -laitteistojen puhtauden arviointi (kuitu- ja pölymittaukset)
- poistoilmanvaihdon ilmamäärien säätöpeltien (IMS) puhdistaminen vuoden välein
- IMS-peltien toimivuuden varmistaminen (onko vanhoja putkia poistettu käytöstä)
- rakennusautomaation seuranta (RAU)
- jäähdytyspalkkien ja suuntauslevyjen toiminnan ja vedon tunteen havainnointi
- jäähdytyspalkkien puhtauden tarkistaminen
- korvausilmaventtiilien aukiolon tarkistaminen.

Esimerkkejä taloteknisten järjestelmien vaatimista huoltotoimenpiteistä on esitetty kuvassa 5.5.



Kuva 5.5. Poistoilmahormin vedonparantaja voi parantaa sisäilman laatua (vasen yläkuva). Tukkeutunut lämmityspatteri on esimerkki huoltotoimenpiteiden laiminlyönnistä (oikea yläkuva). Keittiön poistoilmanvaihtokanavan pohjalta oleva rasva lisää paloturvallisuusriskiä (vasen alakuva). Puhdistettu lämmityspatteri (oikea alakuva).

## 6 Energiatohokkuus ja ilmastonmuutos

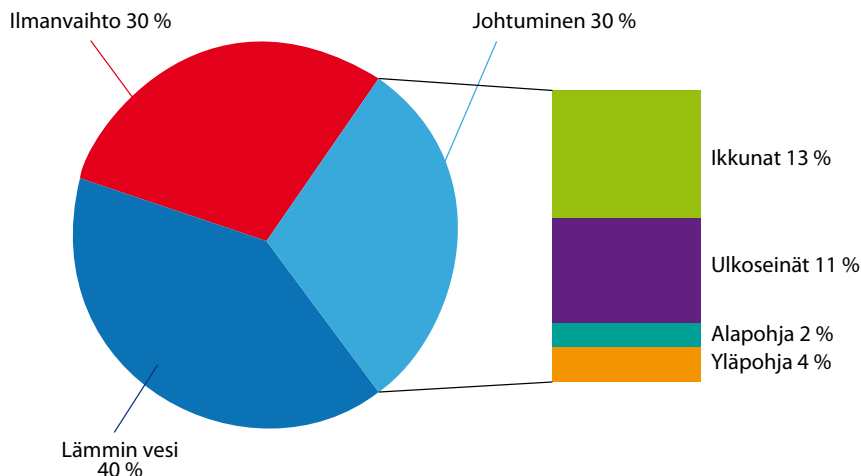
6.1

### Energiatohokkuuden parantaminen

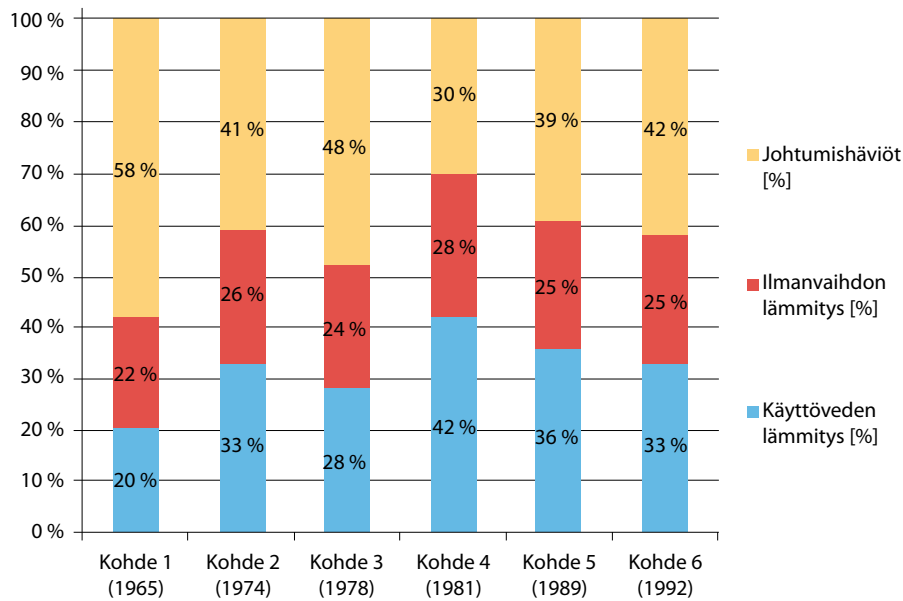
Rakennusten energiatohokkuuden parantaminen on tullut osaksi korjaus- ja muutostöitä ympäristöministeriön asetuksen 4/13 (YMa 4/2013) myötä. Vanhaa rakennuskantaa korjattaessa on usein olemassa selkeä mahdollisuus parantaa rakennuksen energiatohokkuutta. Rakennuksen lämmönkulutus tarkoittaa ilmanvaihdon, lämpimän käyttöveden sekä rakennusvaipan johtumishäviöiden kautta ulos rakennuksesta kulkeutuvaa lämpöä. Johtumishäviöt jakautuvat ikkunoiden, ulkoseinien, alapohjan ja yläpohjan kautta tapahtuviksi häviöiksi.

Karkeasti yleistäen asuinkerrostalon energiankulutus jakaantuu kuvan 6.1 mukaisesti ilmanvaihdon (30 %), lämpimän käyttöveden (40 %) ja johtumishäviöiden (30 %) kesken 1970-luvun asuinkerrostaloissa. Energiatohokkuuden näkökulmasta kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjaaminen kohdistuu tyypillisesti ulkoilmaan rajautuviin rakenteisiin, jolloin voidaan vaikuttaa lähinnä johtumishäviöiden pienentämiseen.

Kosteus- ja mikrobivaurioiden korjausten yhteydessä tehtävällä ulkoseinien ja ikkunoiden lämmöneristyksen parantamisella on eniten vaikutusta rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Vaikutus on yleensä sitä suurempi, mitä vanhemmasta rakennuksesta on kysymys, kuten kuvasta 6.2 voidaan todeta.



Kuva 6.1. Lämmönkulutuksen jakaantuminen 1970-luvun tyypillisessä asuinkerrostalossa. (Linne 2010)



Kuva 6.2. Lämmönkulutuksen jakautuminen eri ikäisissä asuinrakennuksissa, kun ilmanvaihtokerroin on 0,39 l/h. (Boström 2012)

Tässä oppaassa asiaa on tarkasteltu kosteus- ja mikrobivaurioituneiden kohteiden osalta, minkä lisäksi on keskitytty oppaan rajauksen mukaisesti vain rakennusosien energiatehokkuuden parantamiseen. Energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksien selvittämisen yhteydessä rakennusta tulee kuitenkin tarkastella yhtenä kokonaisuutena, jossa otetaan rakennusosien ohella huomioon talotekniset järjestelmät, erityisesti ilmanvaihtojärjestelmä. Tutkimusten mukaan rakenteiden korjaamisen yhteydessä toteutettavalla ilmanvaihdon uusimisella ja ilmanvaihdon säädöllä on merkittävä vaikutus rakennuksen kokonaisenergian kuluutukseen (Boström et al., 2012). Varsin usein ilmanvaihdon parantaminen lisää energiankulutusta ja mahdollinen energiasäästöpotentiaali saavutetaan usein ilmanvaihdon lämmöntalteenoton sekä ilma- virtausten säätöjen kautta. Lisäksi tutkimukset osoittavat, että energiankulutus ei ole yksistään kiinni rakenteista ja taloteknisistä järjestelmistä, vaan rakennuksen käyttäjillä on merkittävä vaikutus todellisen energiankulutuksen muodostu-

misessa (esim. Boström et al., 2012, Hilliaho 2010, KIMU 2010, Uotila 2012). Osaltaan vanhojen kiinteistöjen energiankulutukseen vaikuttaa vuotoilman mukana tapahtuva hallitsematon lämpöhäviö. Korjaustoimenpiteitä suunniteltaessa on aiheellista varmistaa, että kiinteistön omistaja ja rakennuksen käyttäjät osaavat käyttää korjattua rakennusta ja sen taloteknisii järjestelmiä tehokkaasti.

Kosteus- ja mikrobivauriokorjauksissa tärkeimpänä tehtävänä on varmistaa korjatun rakenteen rakennusfysikaalinen toimivuus, jolloin varmistetaan terveelliset ja turvalliset sisäilmaolosuhteet käyttäjille. Kaikkien rakennusosien korjaamisen yhteydessä ei ole mahdollista järkevin kustannuksin parantaa energiatehokkuutta siten, että rakennusfysikaalinen toimivuus olisi turvattu korjauksen jälkeen. Toisaalta rakennuskannassamme on runsaasti rakennuksia, joiden energiatehokkuutta voidaan parantaa huomattavasti kosteus- ja mikrobivauriokorjauksen yhteydessä vaarantamatta rakenteen toimivuutta.

## Asetus energiatehokkuuden parantamisesta

Rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä on säädetty *ympäristöministeriön asetuksessa 4/13* (YMa 4/2013): ”Asetusta sovelletaan rakennuksiin, joissa käytetään energiaa valaistukseen, tilojen ja ilmanvaihdon lämmitykseen tai jäähdytykseen tarkoituksenmukaisten sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi ja joissa tehdään maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaan rakennus- tai toimenpideluvanvaraista korjaus- tai muutostyötä tai joiden käyttötarkoitusta muutetaan.”. Asetuksen taustaa on käsitelty laajemmin asetuksen perustelumuiotiossa (Ympäristöministeriö, 2013). Pääsääntöisesti rakennusten kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaaminen on rakennusluvanvaraista korjaustyötä, jolloin energiatehokkuuden parantaminen tulee ottaa huomioon korjaushankkeen suunnittelussa.

Energiatehokkuuden parantaminen ei kuitenkaan *ympäristöministeriön asetuksen 4/13* §:n 1 mukaan koske kaikkia rakennuksia. Helpotus koskee ensisijaisesti suojeltuja rakennuksia, joissa määräyksiensä noudattaminen aiheuttaisi suojeltuihin osiin muutoksia, joita ei voida pitää hyväksyttävänä (YMa 4/2013).

Asetuksen mukaisesti energiatehokkuutta voidaan parantaa rakennusosittain, järjestelmittain tai koko rakennuksesta (YMa 4/2013). Tässä oppaassa käsitellään ainoastaan rakennusosakohtaista energiatehokkuuden parantamista.

### Rakennusosakohtaiset vaatimukset

Rakennusosakohtaiset vaatimukset on käsitelty ympäristöministeriön asetuksen 4/13 4 §:ssä. Ulkoseinien ja yläpohjan osalta alkuperäinen U-arvo puolitetaan kuitenkin enintään Rakennusmääräyskokoelman osan D3 (2012) määrittämään vertailuarvoon, jotka on esitetty taulukossa 6.1. Määräykset uusiutuivat vuonna 2018, joten näiden aiheuttamat muutokset tulee ottaa huomioon. Alapohjan osalta energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan. Ikkunoiden ja ulkoovien osalta U-arvon on oltava 1,0 W/(m<sup>2</sup>K), mikäli nämä uusitaan. Korjattaessa vanhoja ikkunoita ja ulko-ovia lämmönpitävyyttä parannetaan mahdollisuuksien mukaan.

## Rakennusosien kosteusteknisen toimivuuden huomioon ottaminen

Kosteus- ja mikrobivauriokorjauksissa suunniteltu lähtee olemassa olevasta rakenteesta sekä sen vaurioitumisesta, eikä yleispäteviä korjaustapoja voida esittää myöskään energiatehokkuuden näkökulmasta. Rakenteen kosteusteknistä toimivuutta sekä energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksia voidaan arvioida erilaisten laskentatyökalujen avulla, joilla mallinnetaan rakenteen lämpö- ja kosteusolosuhteita sekä mikrobikasvulle suotuisten olosuhteiden esiintymistä ja todennäköisyyttä. Tehtävissä tarkasteluissa on aiheellista ottaa

Taulukko 6.1. Rakennusosakohtaiset sekä ikkunoiden lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot.

Rakennusosa	
Seinä	0,17 W/(m <sup>2</sup> K)
Hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)
Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/(m <sup>2</sup> K)
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/(m <sup>2</sup> K)
Maata vasten oleva rakennusosa	0,16 W/(m <sup>2</sup> K)
Ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,0 W/(m <sup>2</sup> K)

huomioon erilaiset ilmastonmuutokseen liittyvät ennusteet, jotka ennustavat keskilämpötilojen ja vuosisademäärien kasvua. Tällöin varmistetaan rakenteen kosteustekninen toimivuus koko rakenteen ja rakennuksen elinkaaren ajan.

Energiatehokkaiden rakenteiden kosteustekniikassa toimivuudessa korostuu usein ilman- ja höyrinsulkukerroksen hyvä tiiviys. Höyrinsulkukerroksen tulee olla yhtenäinen, eikä rakenteeseen saa tapahtua ilmapuottoja. Ilmatiiivien liitosten toteutusta on ohjeistettu mm. Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa (Aho & Korpi, 2009) sekä Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita (Lahdensivu et al., 2012) julkaisuissa, jotka sisältävät runsaasti erilaisia rakenneleikkauksia. Ohjeet on kirjoitettu uudisrakentamista silmällä pitäen, mutta samoja periaatteita voidaan soveltaa myös korjausrakentamisessa. Lisäksi aihepiiriä on käsitelty Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous -julkaisussa (Vinha et al., 2009).

Kosteus- ja mikrobivauriokorjausten yhteydessä parannetaan usein rakennusvaipan sisäpintojen tiiviyyttä, esimerkiksi puurakennuksissa ilman- ja höyrinsulkukerroksen tiiviyyttä. Tämä ehkäisee rakenteissa mahdollisesti olevien epäpuhtauksien leviämistä sisäilmaan, minkä lisäksi se vähentää ilmapuottoja rakenteiden läpi sisältä ulospäin. Tällöin tiivistyskorjauksilla on usein sekä sisäilman laatuun, energiatehokkuuteen että kosteustekniikseen toimivuuteen liittyviä positiivisia vaikutuksia. Kun ilman- ja höyrinsulkukerros uusitaan korjauksen aikana yhtenäiseksi, mahdollistaa tämä yleensä myös lämmöneristeiden lisäämisen vaarantamatta kosteusteknistä toimivuutta.

Seuraavaan luetteloon on koottu esimerkkejä useiden rakenteiden kohdalla kosteusteknisesti toimivasta energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävästä toimenpiteestä kosteus- ja mikrobivauriokorjauksen yhteydessä:

- Rakennusvaipan ilmatiiviyden parantaminen pienentää riskiä epäpuhtauksien leviämisestä sisäilmaan sekä vähentää vuotoilman aiheuttamien lämpöhäviöiden määrää. Riittävä ilma- ja höyrytiiviyys on lähes poikkeuksetta myös rakenteen kosteusteknisen toimivuuden perusedellytys.
- Rakennusvaipan ulkopuolinen lisälämmöneristys parantaa usein sisäpuolelle jäävien ra-

kenteiden kosteusteknistä toimivuutta. Lisäksi vanha rakenne on jatkossa lämpimämpi, ja siten mahdollistaa paremmin kosteuden poistumista. Ulkopuolisessa lisäeristämisessä tulee kuitenkin välttää tilannetta, jossa uuden eristeen ja vanhan eristeen rajapintaan syntyisi olosuhteet, joissa tapahtuu kosteuden tiivistymistä. Tätä riskiä voidaan pienentää ulkopuolisen lämmöneristeen pienellä vesihöyrynvastuksella ja riittävällä kuivumiskyvyllä.

- Ulkopuolisella lisäeristämällä voidaan myös joissakin tapauksissa poistaa rakenteellisia kylmäsiltoja, mikä pienentää riskiä kosteuden tiivistymiseen rakennusvaipan sisäpintojen materiaaleissa.
- Rakennuksen sisäpuolista lisälämmöneristystä tulee käyttää harkiten, koska vanhan rakenteen ulkopinta on lisälämmöneristämisen myötä kylmempi ja rakenteen kuivuminen epävarmempaa. Aina ulkopuolinen lämmöneristys ei kuitenkaan ole mahdollista esimerkiksi maanvastaisissa ulkoseinissä. Tällöin tulee varmistaa, että sisäpuolinen lämmöneriste ja sen päälle tehtävät pintarakenteet ovat hyvin vesihöyryä läpäiseviä. (Heiskanen, 2016)

Kosteus- ja mikrobivauriokorjauksessa rakenteen lähtötilanteen kosteuspiitoisuus pitää saada riittävän alhaiseksi ennen lisäeristämistä ja pintamateriaalien asentamista. Tämä edellyttää usein rakenteen kuivaamista sekä sääsuojasta korjaustyön aikana.

Kosteusteknistä toimivuutta voidaan parantaa myös rakennetta muuttamalla, ja tämä saattaa mahdollistaa lisäeristämisen. Tyypillinen esimerkki on ulkoseinien peittävät korjaukset ja esimerkiksi tuulettuvat julkisivurakenteet, jotka tehostavat rakennusvaipan pintaosien kuivumista ja toisaalta ehkäisevät niiden kastumista.

Lisäeristämisen varjopuolena on joidenkin rakenteiden, esimerkiksi heikosti tuulettuvien yläpohjarakenteiden osalta, rakenteen jo ennestään heikon tuuletuksen säilyminen riittävällä tasolla. Tämä saattaa rajoittaa niiden lisäeristämisen mahdollisuuksia.

Lisäeristäminen voi aiheuttaa muutostarpeita liittyviin rakenneosiin, kuten ikkuna- ja ovi-liitoksiin sekä sokkeli- ja räystäslitoksiin. Liitosten suunnittelun tulee olla kiinteä osa energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävää suunnittelua.

## Rakennusosakohtaiset korjausmenetelmät

Tässä oppaassa korjaustoimien vaikutusta rakenteen energiatehokkuuteen on käsitelty erikseen jokaisen korjaustavan yhteydessä. Korjaustavoissa on kuvattu myös aina kyseisen korjauksen onnistumisen keskeisiä tekijöitä ja korjaustapaan mahdollisesti liittyviä riskejä, jotka tulee ottaa huomioon korjauksen suunnittelussa ja toisaalta myös toteutuksessa sekä edelleen rakennuksen elinkaaren aikana tapahtuvassa rakenteiden toimivuuden seurannassa.

Energiatehokkuutta parantavilla toimenpiteillä tavoitellaan energiansäästöä useiksi kymmeniksi vuosiksi. Tällöin korjaukset, joilla jatketaan vanhan rakenteen käyttöikää suurempaan peruskorjaukseen asti, eivät juuri koskaan sovellu energiatehokkuuden parantamiseen. Tällöin energiatehokkuuskysymykset jäävät varsinaiseen peruskorjaukseen ratkaistaviksi.

Yleisiä energiatehokkuuden parantamiseen liittyviä julkaisuja on useita, ja näissä asiaa lähestytään pääosin sellaisten rakennusten kautta, joissa ei tarvitse tehdä samanaikaisesti kosteus- ja mikrobivaurioihin liittyviä korjauksia. Esimerkkinä voidaan mainita Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa -opas (Ojanen et al., 2017).

6.4

## Ilmastomuutoksen huomioon ottaminen

Ilmastolla on suuri vaikutus rakenteiden vaurioitumiseen sekä rakennusfysikaaliseen toimivuuteen. Rakennuksissa ja rakenteissa on esiintynyt kosteus- ja mikrobivaurioita jo nykyisessä ilmastossa, vaikka se on ollut huomattavan tasainen ilmastomuutosennusteisiin verrattuna. Sääolosuhteissa on esiintynyt huomattavaa vuosittaista vaihtelua, mutta keskimääräinen muutos on ollut ilmaston hidaskäynnin lämpeneminen koko mittaushistorian ajan (Ilmatieteen laitos, 2017). Suomen ilmastossa on ollut huomattava lämpenemisyksikkö 1930-luvulla, mutta suunnilleen 1980-luvun puolivälistä lämpeneminen on pääasiassa vain lisääntynyt (Lahdensivu, 2010).

Ilmatieteen laitoksen laatimat ennusteet Suomen tulevasta ilmastosta perustuvat kansainvälisen ilmastopaneelin (IPCC) vuonna 2007 julkaistuun neljänteen arviointiraporttiin. Ilmastomuutoksen ennustetaan nostavan ulkoilman lämpötilaa ja

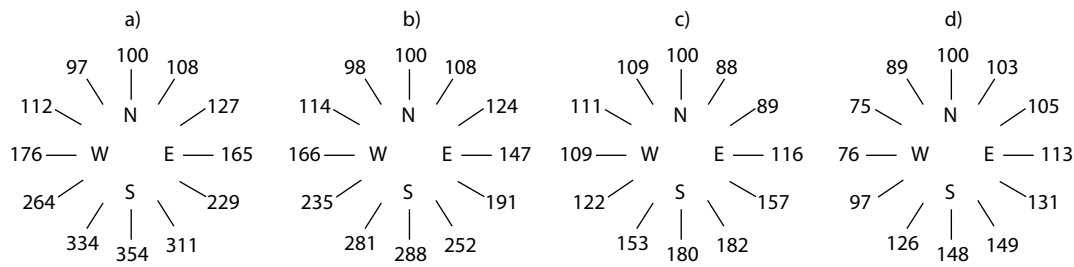
lisäävän sademääriä sekä pilvisyyttä. Myös sadepäivien lukumäärän ennustetaan lisääntyvän talvella, mutta kesällä niiden määrä voi jopa laskea (Jylhä et al., 2009). Lisäksi tuulen voimakkuuden ja ulkoilman suhteellisen kosteuden ennustetaan nousevan jonkin verran talvella (Ruosteenoja et al., 2013). Ilmatieteen laitoksen tutkimusten mukaan keskeisimpiä rakenteiden vaurioitumiseen ja rakennusfysikaaliseen toimivuuteen vaikuttavia ilmastomuutoksen mukanaan tuomia asioita ovat vuosisadan lopulle tultaessa (Jylhä et al., 2009)

- Vuoden keskilämpötila nousee talvella 3–9 °C, kesällä 1–5 °C.
- Sademäärät lisääntyvät 10–40 % talvella ja 0–20 % kesällä.
- Talvella sadepäivät yleistyvät ja sateet runsastuvat.
- Lämpötilan nousu, pilvisyyden lisääntyminen sekä sateisuuden kasvaminen nostavat ilman kosteuspitoisuutta, joka puolestaan lisää mikrobikasvulle suotuisten ajanjaksojen määrää.

Vesisade ei jakaudu julkisivuille tasaisesti, vaan Suomessa sateet keskittyvät lounas-kaakkosektorille (Lahdensivu et al., 2011; Ruosteenoja et al., 2013). Ilmastomuutoksen seurauksena vesisateet tulevat jatkossakin samalta suunnalta, mutta vesisateen määrä kasvaa huomattavasti. Vuosisadan loppuun mennessä pohjoisjulkisivuun verrattuna sademäärä eteläjulkisivulla kasvaa 1,48–3,54 kertaiseksi kuvan 6.3 mukaan (Pakkala et al., 2016).

Ilmastomuutoksen vaikutuksia rakenteiden rakennusfysikaaliseen toimintaan on arvioitu laajasti FRAME-tutkimuksessa. Siinä on esitetty seuraavia vaikutuksia rakenteiden toimintaan (Vinha et al., 2013):

- Kosteuden kondensoitumiselle ja mikrobien kasvulle otolliset olosuhteet lisääntyvät varsinkin rakenteiden ulko-osissa ja ryömintätiloissa.
- Kosteuden siirtyminen ulkoa sisälle lisääntyy erityisesti sellaisissa julkisivuissa, joihin imeytyy kapillaarisesti vettä. Kesäaikana kondenssi- ja mikrobikasvun riski kasvavat näissä rakenteissa myös sisäpinnan läheisyydessä.
- Rakenteiden kuivumiskyky heikkenee ja hidastuu poutajaksojen lyhentyessä ja pilvisyyden lisääntyessä.



Kuva 6.3. Suhteellinen viistosateen muutos pohjoisjulkisivuun verrattuna a) rannikkoalueella, b) Etelä-Suomessa, c) sisämaassa ja d) Lapissa. (Pakkala et al., 2016)

Ilmastonmuutos otetaan huomioon rakenteiden rakennusfysikaalisissa tarkasteluissa tätä varten luotujen ns. testivuosisien avulla. Sääaineisto laskennallisia tarkasteluja varten on luotu erikseen Etelä-Suomen ja sisämaan ilmastoille vuosille 2030, 2050 ja 2100 (Ilmatieteen laitos, 2013).

Korjausrakentamisessa ilmastonmuutos otetaan vastaavasti huomioon korjattavan rakenteen rakennusfysikaalisissa tarkasteluissa. Korjausten suunnittelussa ja toteutuksessa on otettava lisäksi huomioon rakenteiden ja rakennusosien nykyistä suurempi suojaustarve työnaikaista kastumista vastaan sekä kastuneiden rakenteiden kuivumiseen vaadittavat ajat.



## LÄHTEET

- Aalto-Korte, K., Bäck, B., Henriks-Eckerman, M-L., Jungewelter, S., Mäkelä, E., Pesonen, M., Suuronen, K., Ylinen, K. (2015). Epoksikansio – Kemikaaliturvallisuus rakennuspinnoitustyössä. Työterveyslaitos. 23 s. Viitattu 23.05.2018. Saatavilla: <https://www.ttl.fi/tyoymparisto/altisteet/epoksi-turvallinen-pinnoituskemikaalien-kaytto/>. ISBN 978-952-261-547-3 (nid.), ISBN 978-952-261-548-0 (pdf).
- Ahmed, K., Sistonen, E., Simson, R., Kurnitski, J., Kesti, J. & Lautso, P. (2017). Radiant panel and air heating performance in large industrial buildings. *Building Simulation: An International Journal*. 11 p. Viitattu 05.11.2017. Saatavilla: <https://doi.org/10.1007/s12273-017-0414-8>, Impact factor 1.17, ISSN 1996-3599 (print version); 1996-8744 (electronic version).
- Aho, H., Korpi, M. (toim.). (2009). Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Tutkimusraportti 141. 100 s.
- Al-Neshawy, F. (2013). Computerised Prediction of the Deterioration of Concrete Building Façades caused by Moisture and Changes in Temperature. Doctoral dissertation. Aalto University. Espoo. Finland. 189 p. + app. 37 p. Viitattu 17.10.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-5203-8>.
- Aronpää, P. (2015). Vesivahingot ja kuivausmenetelmät. Teoksessa: Rakentajain kalenteri 2015. Helsinki: Rakennustieto oy, pp. 171-173.
- Arvela, H., Holmgren, O., Reisbacka, H. (2012). Asuntojen radonkorjaaminen. STUK-A252. Säteilyturvakeskus, Helsinki 2012, 138 s. + liitt. 3 s. ISBN 978-952-478-700-0 (nid.). ISBN 978-952-478-701-7 (pdf). ISSN 0781-1705. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014120249807>.
- Asikainen, T. (2016). Kuntien toimintatapoja koulujen sisäilmaongelmien selvittämisessä, Ongelman täsmäntäminen ja toimenpiteiden kiireellisyysarviointi. Opinnäytetyö, Rakennusterveys 2016. Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate, Itä-Suomen yliopisto, Kuopio. 66 s. + liitt. 29 s. Viitattu 19.10.2017. Saatavilla: <https://www.uef.fi/documents/10975/236560/Asikainen+Terhi/2c1c44ad-4bc6-4c54-983e-fb9d0a60088d>.
- Asikainen, V. (toim.) ja Peltola, S. (toim.). (2008). Sisäilmaongelmaisen koulurakennuksen korjaaminen. Osat 1 ja 2. Vammala: Opetushallitus. 247 s. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: [http://www.oph.fi/download/46462\\_sisailmaongelmaisten\\_koulurakennusten\\_korjaaminen.pdf](http://www.oph.fi/download/46462_sisailmaongelmaisten_koulurakennusten_korjaaminen.pdf). ISBN 978-052-13-3851-9. ISBN 978-952-13-3875-5 (pdf).
- Björkroth, P. (2011). Työmaan laadunvalvontavinjetti. Opinnäytetyö, Rakennustekniikka, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Insinööri (YAMK). 47 s. + liitt. 1 s. Viitattu 21.01.2018. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201105269742>.
- Boström, S., Uotila, U., Linne, S., Hilliaho, K., Lahdensivu, J. (2012). Erilaisten korjaustoimien vaikutuksia lähiökerrostalojen todelliseen energiankulutukseen. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos. Tutkimusraportti 158. 77 s.
- Boström, S. 2012. Lähiökerrostalon energiatehokkuusluvun laskenta ja lämmönkulutuksen jakautuminen. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. 60 s. + 3 liites.
- EcoDry (2017). Viitattu 02.12.2017. Saatavilla: <http://ecodry.fi/>.
- FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy (2016). Korjaa ajoissa ja säästä. Tutkimusraportti, 26310. 13.12.2016. Kosteus- ja hometalkoot, Ympäristöministeriö.
- Haahtela, Y., Kiiras, J. (2014). Talonrakennuksen kustannustieto. Helsinki: Haahtela-kehitys Oy, 2014. 390 s. ISBN 978-952-5403-22-0.
- Hakamäki, H. (2015). Toteutustavan vaikutus ulkovaipparakenteen sisäpinnan ilmapuotiovivystysten pölysyvyyteen. Diplomityö. Aalto-yliopisto. 87 s. + liitt. 64 s. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201511205218>.
- Hartikainen, P. (toim.). (2013). Homevaurioituneen rakennusmateriaalin puhdistusohje rakenneosille, joita ei voida poistaa. Kosteus- ja hometalkoot. Ympäristöministeriö. Viitattu 25.10.2017. Saatavilla: [www.hometalkoot.fi/file/15838.pdf](http://www.hometalkoot.fi/file/15838.pdf).
- Heiskanen, R. (2016). Maanvastaisten seinien sisäpuolinen lisälämmöneristäminen. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos. Diplomityö. 82 s. + 14 liites. Viitattu 15.12.2017. Saatavilla: <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tty-201606014206>.
- Helsingin kaupunki (2014). Kosteudenhallinta-ohje. 6 s. Viitattu 25.10.2017. Saatavilla: <https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Kosteudenhallinta.pdf>.
- Hengitysliitto (2017). Hometalkoot.fi -verkkopalvelu. Viitattu 19.10.2017. Saatavilla: <http://www.hometalkoot.fi/>.
- Hilliaho, K. (2010). Parvekelasituksen energiataloudelliset vaikutukset. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos. Diplomityö. 147 s. + 8 liites. Viitattu 25.11.2017. Saatavilla: <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tty-201009201321>.
- Hokkanen, V-M. (2014). Osastointi ja koneellinen pölynhallinta. Teoksessa Korpi, Anne (toim.) 2014: Tarkistuslista ja ohjeita sisäilmaongelmien selvittämiseksi ja korjausten onnistumisen varmistamiseksi ammattilaisille. Terve Tila -hankkeen yhteenveto. Suomen Yliopistokiinteistöt Oy.
- Hongisto, L. (2016). Kaksoislaattapalkiston korjausmenetelmät sisäilman laadun parantamiseksi. Opinnäytetyö, Rakennusterveysasiantuntija, RTA 2015 – 2016, Räteko, Helsinki 2016. 79 s. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: <https://www.vahanen.com/app/uploads/2016/10/Laura-Hongisto-5.10.2016-Kaksoislaattapalkiston-korjausmenetelmat-1.pdf>.
- Hyvärinen, A., Marttila, T., Kero, P., Pekkanen, J., Ung-Lanki, S., Lampi, J., Leppänen, H., Jalkanen, K., Turunen, M., Haverinen-Shaughnessy, U., Annala, P., Suonketo, J., Ilmatieteen laitos (2017). Ilmatieteen laitoksen avoin data ja lähdekoodi. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: <https://ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data>.
- Ilmatieteen laitos (2017). Ilmastotiedot. Viitattu 17.11.2017. Saatavilla: [www.fmi.fi/vuositilastot](http://www.fmi.fi/vuositilastot).
- Ilmatieteen laitos (2017). Rakennusfysiikan testivuodet tulevaisuuden ilmastossa. Viitattu 17.12.2017. Saatavilla: <http://ilmatieteenlaitos.fi/Rakennusfysiikan-testivuodet-tulevaisuuden-ilmastossa>.
- ISO 15686-1: 2011 Buildings and constructed assets -- Service life planning -- Part 1: General principles and framework. 21 p.
- Jurvanen, E. (2018). Kapillaarisen kosteuden pienentäminen magneettikentän avulla. Kandidaatintyö, Insinööritieteiden korkeakoulu, Aalto-yliopisto. 17 s.
- Jylhä, K., Ruostenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Ruokolainen, L., Saku, S., Seitola, T. (2009). Arvioita suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. ACCLIM-hankkeen raportti 2009. Ilmatieteen laitos. Raportteja 2009:4. 102 s.
- Järnström, H. (2007). Reference values for building material emissions and indoor air quality in residential buildings. VTT Publications 672. VTT Technical Research Centre of Finland. Espoo 2007. 73 p. + app. 63 p. Viitattu 26.10.2017. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2007/P672.pdf>. ISBN 978-951-38-7075-1, ISSN 1235-0621 (soft back ed.). ISBN 978-951-38-7076-8, ISSN 1455-0849 (pdf).

- Karvala, K., Pekkanen, J., Salminen, E., Tuisku, K., Hublin, C., Sainio, M. (2017). Miten tunnistan ympäristöherkkyyden? *Duodecim* 2017;133:1362–9. 8 s. Viitattu 27.05.2018. Saatavilla: <https://www.duodecimlehti.fi/api/pdf/duo13835>.
- Katainen, V., Vähämaa, K. (2015). Paine-erojen pitkäaikainen seuranta ja painesuhteiden vaihtelu rakennuksissa. Opinnäytetyöt, Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate, Itä-Suomen yliopisto, Kuopio 2015. 95 s. + liitt. 8 s. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: [https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/VahamaaKatainen\\_virallinen2015.pdf/3a3baf31-412e-4716-9552-f86d075fb276](https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/VahamaaKatainen_virallinen2015.pdf/3a3baf31-412e-4716-9552-f86d075fb276).
- Kattoliitto ry (2013) Toimivat katot 2013. ISBN 978-952-269-092-0. 118 sivua
- Keinänen, H. (2009). Polyamidipohjaiset kapselointiratkaisut haitta-aineiden ja epäpuhtauksien torjunnassa. Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö.
- Kero, P. (2011). Kosteus- ja homevauriokorjausprosessin arviointi kuntien kiinteistöissä. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos. Diplomityö. 62 s. Viitattu 24.05.2017. Saatavilla: <http://docplayer.fi/361029-Paavo-kero-kosteus-ja-homevauriokorjausprosessin-arviointi-kuntien-kiinteistoissa-diplomityo.html>.
- Kero, P. (2013). Kosteus- ja homekorjausprosessin arviointi sekä korjaushankkeen hallintaa kehitetty työkalu. Rakentajain kalenteri 2013. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy.
- KH 90-00610, RT 18-11238. (2016). Homevaurioituneen rakennosan puhdistusohje. Rakennustietosäätiö. 9 s.
- Kiiski, T. (2017). Rakenteiden tiivistysten laadunvarmistus ja korjaustöiden jälkiseuranta. Opinnäytetyö. Savonia-Ammattikorkeakoulu. 62 s. + liitt. 8 s. Viitattu 05.11.2017. Saatavilla: [http://theseus56-kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/124286/Kiiski\\_Tuomo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://theseus56-kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/124286/Kiiski_Tuomo.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- KIMU (2010). Kerrostalon ilmastomuutos – energiatalous ja sisäilmasto kuntuon. Ilmanvaihtojärjestelmien tarkastelu – lisähanke KIMULI. Loppuraportti 57 s. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: <http://www.teeparannus.fi/attachments/2010-06-22T12-00-1414846.pdf>.
- Kollanen, T. (2016). Sisäilman kuitukorjaukset. Opinnäytetyö, Rakennusterveysasiantuntija, RTA 2015 – 2016, Rateko, Helsinki 2016. 79 s. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: <https://www.vahanen.com/app/uploads/2016/10/Tumo-Kollanen-23.8.2016-Sisailman-kuitukorjaukset.pdf>.
- Koskivuori, M. (2016). Liitosnauhujen käytettävyyden ikkunaluovien tiivistyksessä. Opinnäytetyö, Korjausrakentaminen, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Insinööri (YAMK). 120 s. + liitt. 9 s. Viitattu 21.01.2018. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016090514025>.
- Kuivaketju10. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <http://kuivaketju10.fi/>.
- Kylliäinen, K. (2010). Betonirakenteiden VOC-emissiot ja niiden vähentäminen rakennetta lämmittämällä. Aducate Reports and Books 7/2010. Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate. Itä-Suomen yliopisto. Kopijyvä Oy, Kuopio, Finland. 40 s. ISSN 1798-0116, ISBN 978-952-61-0051-7, ISBN 978-952-610052-4 (pdf). Viitattu 28.05.2018. Saatavilla: [http://epublications.uef.fi/pub/urn\\_isbn\\_978-952-61-0052-4/urn\\_isbn\\_978-952-61-0052-4.pdf](http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0052-4/urn_isbn_978-952-61-0052-4.pdf).
- Kärki, J-P., Öhman, H. (2007). Homevaurioiden korjausopas. Kuopio, Kuopion yliopisto, Tutkimuksia ja selvityksiä 6/2007. 52 s. + 18 liites.
- Käyhkö, K. (2017). Maanvastaisen betonilaatan päällystysratkaisujen vesihöyryn läpäisevyyden analysointi. Diplomityö. Aalto-yliopisto. 89 s. + liitt. 9 s. Viitattu 06.01.2018. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201712188093>.
- Lahdensivu, J. (2003). Luonnonkiviverhottujen massiivittiliseinien vaurioituminen ja korjaamismahdollisuudet. Lisensiaattityö, Tampereen teknillinen yliopisto. 156 s. + liitt. 9 s.
- Lahdensivu, J. (2010). Julkisivujen ja parvekkeiden kestävyys muuttuvassa ilmastossa. Helsinki, Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto, Suomen ympäristö 17/2010. 64 s.
- Lahdensivu, J., Suonketo, J., Vinha, J., Lindberg, R., Manelius, E., Kuhno, V., Saastamoinen, K., Salminen, K., Lähdesmäki, K. (2012). Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu ja toteutusohjeita. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, tutkimusraportti 160. 121 s. + 1 liites.
- Lahdensivu, J., Tietäväinen, H., Pirinen, P. (2011). Durability properties and deterioration of concrete facades made of insufficient frost resistant concrete. *Nordic Concrete Research*. Publication no. 44. Pp. 175-188.
- Lahtinen, M. (2004). Psykologinen näkökulma työpaikkojen sisäilmasto-ongelmiin: psykososiaalinen työympäristö ja organisaation ongelmanratkaisutaidot ongelmapyyhden osatekijöinä. Väitöskirja, Yhteiskuntatieteellinen tiedekunta, Psykologian laitos, Tampereen yliopisto. Työterveyslaitos. Työ ja ihminen, Tutkimusraportteja: 25. ZZ s. ISBN (print): 951-802-573-8.
- Lahtinen, M., Ginström, A., Harinen, S. (2010). Selätä sisäilmastokiista – viesti viisaasti. Työterveyslaitos. Helsinki 2010. 76 s. ISBN (print): 978-951-802-978-9
- Laine, K. (2014). Rakenteiden ilmatiivyyden parantaminen sisäilmakorjauksessa. Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate. Itä-Suomen yliopisto. Kuopio 2014. 123 s. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: [https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/LaineKatarina\\_virallinen2014.pdf/3db1e1b4-23f1-42c6-93fa-165ee53fff5a](https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/LaineKatarina_virallinen2014.pdf/3db1e1b4-23f1-42c6-93fa-165ee53fff5a).
- Lammi, T. (2016). Epäpuhtauksien hallinta rakenteiden alipaineistuksen avulla. Opinnäytetyö, Rakennusterveysasiantuntija, RTA 2015 – 2016, Rateko, Helsinki 2016. 66 s. + liitt. 72 s. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: <https://www.vahanen.com/app/uploads/2016/10/Toni-Lammi-26.8.2016-Epapuhtauksien-hallinta-rakenteiden-alipaineistuksen-avulla.pdf>.
- Lappalainen, S., Korhonen, P., Palomäki, E., Holopainen, R., Rosendahl, T., Hellgren, U-M., Hynynen, P., Haapakangas, A., Hongisto, V., Helenius, R., Reijula, K., Palonen, J., Autio, A., Kaleva, H., Rantama, M. (2008) 'Kiinteistöjen arviointimenetelmä - osatehtävän loppuraportti' Työterveyslaitos, Laadukas sisäympäristö, Helsinki, 44 s.
- Lappalainen, S., Reijula, K., Tähtinen, K., Latvala, J., Hongisto, V., Holopainen, R., Kurttio, P., Lahtinen, M., Rautiala, S., Tuomi, T., Valtanen, A. (2017). Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen. Työterveyslaitos. 76 s. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: <https://www.julkari.fi/handle/10024/131872>.
- Lappalainen, S., Tähtinen, K. (2016). Tilaajan ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelman selvittämiseen. Työterveyslaitos. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <http://www.hometalkoot.fi/file/15883.pdf>.
- Larsson, L. (2016). cTrap. Viitattu 28.05.2018. Saatavilla: <https://www.innovation.lu.se/en/about-lu-innovation/what-our-friends-say/lennart-larsson-ctrap>.
- Latvala, J., Karvala K, Sainio, M., Salinheimo, S., Tähtinen, K., Lappalainen, S., Lahtinen, M., Reijula, K. (2017). Ohje työterveyshuollon toimintaan ja potilasvastaanotolle kun työpaikalla on sisäilmasto-ongelma. Työterveyslaitos. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <https://www.julkari.fi/handle/10024/132078>.
- Levänen, O. (2016). Sisäilmakorjausprojektin onnistumisen varmentaminen ja laadunvarmistus. Diplomityö. Aalto-yliopisto. 148 s. + liitt. 28 s. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201603291551>.

- Linne, S. (2010). Ulkovaipan lämpötalouteen vaikuttavat korjaustoimenpiteet käytännössä. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. 89 s.
- Louhelainen, K., Santonen, T., Moisa, J., Stockmann-Juvala, H., Pennanen, S., Lapinlampi, T. (2016). Biosidit ja korjausrakentaminen, Käyttö ja turvallisuus. Työterveyslaitos. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/130236/Biosidit%20ja%20korjausrakentaminen.pdf?sequence=1>.
- Malinen, J. (2015). Kaksoislaattapalkistorakenteen tutkimus- ja korjausmenetelmät. Diplomityö, Aalto-yliopisto. 89 s. + liitt. 3 s. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201512165762>.
- Manninen, T. (2017). Loppusiivouksen laadunvarmistus on tärkeä osa rakennushankkeen pölyn- ja puhtaudenthallintaa. Opinnäytetyö, Rakennusterveysasiantuntija, RTA 2016 – 2017, Rateko, Helsinki 2017. 51 s. Viitattu 05.11.2017. Saatavilla: <https://www.vahanen.com/app/uploads/2017/06/Titta-Manninen-RTA-lopputy%C3%B6-Loppusiivouksen-laadunvarmistus-on-t%C3%A4rke%C3%A4-osa-rakennushankkeen-p%C3%B6lyn-ja-puhtaudenthallintaa.pdf>.
- Markkanen, P., Hokkanen, J., Tuovila, H., Halsas, E., Lönnblad, P. (2017). Tunkkainen ja huono sisäilma sekä kuitulähteet - tapausesimerkki korjaustavasta sekä onnistumisen varmentamisesta. Sisäilmastoseminaari 2017. ss. 341-346.
- Mattila, M. (2017). Ylipaineistuksen ja ilmanpitävyyden vaikutus rakenteiden kosteustekniseen toimintaan. Diplomityö, Aalto-yliopisto. 58 s. + liitt. 3 s.
- McInerney, M. K., Morefield, S., Cooper, S., Malone, P., Weiss, C., Brady, M., Bushman, J. P., Taylor, J., Hock, V. F. (2002). Electro-Osmotic Pulse (EOP) Technology for Control of Water Seepage in Concrete Structures. US Army Corps of Engineers. Engineer Research and Development Center. ERDC/CERL TR-02-21 Construction Engineering Research Laboratory, 168 p.
- Merikallio, T. (2009). Betonilattian ”riittävän” kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. TKK Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitoksen väitöskirjoja, TKK-R-VK4, Espoo 2009. 136 s. Viitattu 25.10.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-22-9957-7>.
- Mod, K. (2014). Öljyhiilivetyemissioiden rajoittaminen epoksinnoitteella. Diplomityö, Aalto-yliopisto. 110 s. + liitt. 31 s.
- Myyryläinen, L. (2003). Kiinteistön kunnossapidon ja elinkaaren hallinta. Suomen kiinteistöliitto. 191 s. 25–26. Jyväskylä.
- Niemi, J. (2017) Avaimet terveelliseen ja turvalliseen rakennukseen (AVATER) – Yhteenvetoraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 44/2017. 127 s. Viitattu 04.11.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-411-5>. ISBN:978-952-00-3792-5. ISBN 978-952-287-411-5, ISSN 2342-6799 (pdf).
- Nieminen, J., Kouhia, I., Ojanen, T., Knuuti, A. (2013). Kosteusteknisesti toimivia korjausrakentamisen periaate- ratkaisuja. VTT Technology 144. 131 s. + liitt. 8 s. Viitattu 06.01.2018. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T144.pdf>.
- Nordman, H. (toim.) (2007). Majvik II -suosituksesta ohjeita kosteusvaurioiden selvittelyyn. Suomen Lääkärilehti 7/2007, vsk 62, 2007, ss. 654-664. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: <http://www.epshp.fi/files/2011/Majvik-suositus-SLL-2007.pdf>.
- Ojanen, T., Nykänen, E., Hemmilä, K. (2017). Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa. Opas. RIT Eristeellisyys, Puutuoteellisyys ja ympäristöministeriö. 195 s. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: [https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/oppaat-ohjeet/rek\\_27042017.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/oppaat-ohjeet/rek_27042017.pdf).
- Pakkala, T.A., Lemberg, A.M., Lahdensivu, J., Pentti, M. (2016). Climate change effect on wind-driven rain on facades. Nordic Concrete Research. Publication no. 54. Pp. 31-149.
- Palviainen, T. (2009). Maanvastaisten rakenteiden kosteuden hallinta sisäpuolisilla korjausmenetelmillä. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. 122 s. + liitt. 1 s. Viitattu 18.12.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-201704111297>.
- Pentti, M., Hyypöläinen, T. (1999). Ulkoseinä rakenteen kosteustekninen suunnittelu. TTKK julkaisu 94. Rakennustekniikan osasto. Tampere.
- Pessi, A.-M., Suonketo, J., Pentti, M., Rantio-Lehtimäki, A. (1999). Betonielementtijulkisivujen mikrobiologinen toimivuus, TTKK julkaisu 101. Rakennustekniikan osasto. Tampere.
- Pietiläinen, J., Kauppinen, T., Kovanen, K., Nykänen, V., Nyman, M., Paiho, S., Peltonen, J., Pihala, H., Kalema, T., Keränen, H. (2007). ToVa-käsikirja. Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta. Espoo 2007. VTT Tiedotteita 2413. 173 s. + liitt. 56 s. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2413.pdf>. ISBN 978-951-38-6970-0 (pdf).
- Pirinen, J., Kero, P. (2015). Sisäilmaongelman ratkaiseminen. Ohjekortisto ammattilaisille. Kosteus- ja hometalkoot. Ympäristöministeriö. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <http://www.hometalkoot.fi/file/15922.pdf>.
- Pitkäranta, M. (toim.) (2016). Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöministeriö. Helsinki. 234 s. Viitattu 17.10.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4626-8>. ISBN 978-952-11-4626-8 (PDF).
- Poutiainen, T. (2017). Sisäilmakorjausten onnistumisen varmentaminen. Rakennusterveysasiantuntijan opinnäytetyö. Rateko. Helsinki 2017. 44 s. + liitt. 1 s. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: <https://www.vahanen.com/app/uploads/2017/06/Taija-Poutiainen-RTA-lopputy%C3%B6-Sis%C3%A4ilmakorjausten-onnistumisen-varmentaminen.pdf>.
- Punkki, J. (2016). Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – Opas suunnittelijoille. Helsinki. Suomen Betoniyhdistys ry. By 68. 95 s.
- Puuinfo. (2011). Tuuletettu puualapohja. Tekninen tiedote. Viitattu: 18.05.2017. Saatavilla: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/tuuletettu-puualapohja/tuuletettu-puualapohjapaivitys-98.pdf>.
- Rakennustieto Oy (2010). RT 14-11016. RunkoRYL 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen runkotyöt. Rakennustietosäätiö. 352 s.
- Rakennustieto Oy (2011). Korjaustöiden laatu 2011. Ratu KL-6019 Korjaustöiden laatu KTL 2011. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS sr. Helsinki 2011. 215 s. ISBN: 978-951-682-968-8.
- Rakennustieto Oy (2012). SisäRYL 2013. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen sisätyöt. Rakennustietosäätiö RTS sr. Helsinki 2012. 352 s. ISBN: 978-952-267-028-1.
- Rakennustieto Oy (2016). KorjausRYL 2016. Esiselvitykset ja purkaminen. Rakennustietosäätiö RTS sr. Helsinki 2016. 192 s. ISBN: 978-952-267-167-7.
- Rakennustieto Oy (2016). Rakentajain kalenteri 2017. Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry, Rakennustietosäätiö RTS sr. 592 s.
- Rakennustieto Oy (2017). KorjausRYL 2017. Julkisivut. Rakennustietosäätiö RTS sr. Helsinki 2017. 270 s. ISBN: 978-952-267-233-9.

- Rakennustieto Oy (2017). Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitus M1. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <http://m1.rts.fi/ilmanvaihtotuotteiden-puhtausluokitus-m1>.
- Rantamäki, J., Kääriäinen, H., Tulla, K., Viitanen, H., Kallio-koski, P., Keskkikuru, T., Kokotti, H., Pasanen, A.-L. (2000). Rakennusten ja rakennusmateriaalien homeet. VTT Tiedotteita 2030, Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), 40 s. + liitt. 6 s. ISBN 951-38-5667-4 (nid.), ISSN 1235-0605 (nid.), ISBN 951-38-5668-2 (pdf), ISSN 1235-0605 (pdf). Viitattu 27.05.2018. Saatavilla: <https://www.vtt.fi/in/pdf/tiedotteet/2000/T2030.pdf>.
- Ratu S-1225. (2009). Pölyntorjunta rakennustyössä. Rakennustietosäätiö. 30 s.
- Ratu 82-0383. (2011). Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. Menetelmät. Rakennustietosäätiö. 20 s.
- Rautiala, S., Pasanen, A.-L., Nevalainen, A., Husman, T., Kalliokoski, P. (1997). Rakennustyöntekijöiden mikrobialtistuminen ja altistumisen vähentäminen rakennusten purku- ja korjaustyössä. Työsuojelujulkaisuja No 4. Sosiaali- ja terveysministeriö, Työsuojeluosasto. 21 s.
- RT 07-11299, LVI 05-10629, SIT 05-610149, Ratu 444-T, KH 27-00662. (2018). Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustietosäätiö RTS. 24 s.
- RT 10-11255, LVI 03-10602, KH 90-00630. (2017). Talonrakennushankkeen kulku. Riskien- ja laadunhallinta. Rakennustietosäätiö RTS. 14 s.
- RT 14-10776. (2003). Pintojen ammoniakkiemissioiden määrittäminen. Rakennustietosäätiö RTS. 4 s.
- RT 103087. (2019). Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK18. Rakennustietosäätiö. 19 s.
- RT 10-11222. (2016). Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen osapuolet. Rakennustietosäätiö RTS. 6 s.
- RT 10-11284. (2017). Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR18. Rakennustietosäätiö RTS. 32 s.
- RT 14-10776. (2003). Pintojen ammoniakkiemissioiden määrittäminen. Rakennustietosäätiö RTS. 4 s.
- RT 14-10984. (2010). Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Rakennustietosäätiö RTS. 16 s.
- RT 14-11039. (2011). Tasaisuuden mittaaminen. Mittalauta ja kiila-menettely. Rakennustietosäätiö RTS. 4 s.
- RT 14-11197, LVI 01410565, KH 90-00577. (2015). Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein. Rakennustietosäätiö RTS. 16 s.
- RT 14-11239, LVI 10-10594, KH 24-00615, Ratu S-1233. (2016). Rakennuksen lämpökuvaus. Rakennustietosäätiö RTS. 7 s.
- RT 18-10922. (2008). Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Rakennustietosäätiö RTS. 32 s.
- RT 18-11238. (2016). Homevaurioituneen rakenneosan puhdistusohje. Rakennustietosäätiö RTS. 9 s.
- RT 18-11245 (2016). Haitta-ainetutkimus. Rakennustuotteet ja rakenteet. Rakennustietosäätiö RTS. 29 s.
- RT 80-10974, LVI 01-10450. (2009). Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpölyvyyden laadunvarmistusohje. Rakennustietosäätiö RTS. 24 s.
- RT 83-11032. (2011). Vedenpaineeneristys. Rakennustietosäätiö RTS. 12 s.
- RT 84-11166. (2014). Märkätilojen rakenteet. Rakennustietosäätiö RTS. 18 s.
- Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Mäkelä, H., Hyvönen, R., Pirinen, P., Lehtonen, I. (2013). Rakennusfysiikan testivoisien sääaineistot havaitussa ja arvioidussa tulevaisuuden ilmastossa. REFI-B-hankkeen tuloksia. Ilmatieteen laitos. Raportteja 2013:1. 48 s. Viitattu 28.12.2017. Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38648/2013nro1.pdf?sequence=1>
- Sainio M., Karvala K. Sisäilma ja ympäristöherkkyys. Suomen Lääkärilehti 13/2017 VSK 72. 848-854.
- Salonen, H., Lappalainen, S., Lahtinen, M., Holopainen, R., Palomäki, E., Koskela, H., Backlund, P., Nieme, R. (2011). Toimiston sisäilmaston tutkiminen. Työterveyslaitos, Helsinki. ISBN-13: 9789522610485, ISBN-10: 9522610488.
- Sievola, J. (2012). Haitta-aineiden kapselointimateriaalien jatkotutkimus ja kapseloinnin korjaustavat. Sisäilmastoseminari 2012. Sisäilmayhdistys raportti 30. SIY Sisäilmätieto Oy. S. 19-24. s. 191-196. ISBN 978-952-5236-40-8.
- Sistonen, E., Piironen, J. (2016). Pinnoitettujen sandwich-elementtien kosteus- ja lämpötilamittaukset kentällä. Tutkimusraportti AALTO-R-001-2016. Aalto-yliopisto. 22 s. + liitt. 10 s.
- Sisäilmayhdistys ry (2018). Työmaan kosteudenhallinta. Viitattu 06.01.2018. Saatavilla: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Korjausten-laadunvarmistus/Työmaan-kosteudenhallinta>.
- Sorasalmi, J. (2017). Temperierung-menettely ja sen soveltaminen massiivirakenteisten seinien kosteusteknisissä korjauksissa. Diplomityö, Aalto-yliopisto. 92 s. + liitt. 9 s. Viitattu 02.12.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201711277752>.
- Suomen Betoniyhdistys ry (2016). By 41 Betonirakenteiden korjausohjeet 2016. BY-Koulutus Oy. 120 s. ISBN: 978-952-68068-7-7.
- Suomen Betoniyhdistys ry (2013). By 42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013. BY-Koulutus Oy. 160 s. ISBN: 978-952-67169-8-5.
- Suomen Betoniyhdistys ry (1998). By 44 Rapatun julkisivun kuntotutkimus 1998. Betoniyhdistys / Suomen Rakennusmedia Oy. 112 s. ISBN: 952-5075-15-X.
- Suomen betoniyhdistys ry (2019). By 47 Betonirakentamisen laatuohjeet 2019. Suomen betoniyhdistys ry / BY-Koulutus Oy. 141 s. ISBN: 978-952-7314-00-5.
- Suomen betoniyhdistys ry (2016). By 64 Tuulettuvat julkisivut 2016. BY-Koulutus Oy. 1 136 s. ISBN: 978-952-68068-5-3.
- Suomen betoniyhdistys ry (2018). By 70 Julkisivujen ja parvekkeiden talvikorjaus 2018. BY-Koulutus Oy. 76 s. ISBN: 978-952-68619-8-2.
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. (2011). RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen.
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. (2012). RIL 107-2012, Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. 219 s. ISBN 978-951-758-545-3.
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. (2009). RIL 126-2009 Rakennuspuhjan ja tonttialueen kuivatus. 99 s. ISBN: 978-951-758-522-4
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. (2016). RIL 241-2016 Erityismenettelyn soveltaminen – rakennuksen turvallisuus, terveellisyys ja kulttuurihistorialliset arvot. 138 s. ISBN 978-951-758-612-2.
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. (2014). RIL 255-1-2014. Rakennusfysiikka 1. Rakennusfysiikallinen suunnittelu ja tutkimukset. 500 s. ISBN 978-951-758-589-7.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2010). SFS 5994. Siivouksen tekninen laatu. Mittaus ja arviointijärjestelmä INSTA800:2010. Helsinki. 123 s.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2015). SFS-EN ISO 9000. Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto. 115 s.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2015). SFS-EN ISO 9001. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. 76 s.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2006). SFS-EN ISO 16000-10. Indoor air. Part 10: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing. Emission test cell method (ISO 16000-10:2006). 28 s.
- Suomen Yliopistokiinteistöt Oy (2017). Rakennushankkeen sisäympäristön seuranta- ja laadunvarmistussuunnitelma. 22 s. (Julkaisematon)

- Suomen Yliopistokiinteistöt Oy (2015). Teknisten järjestelmien vastaan- ja käyttöönottovaiheen laadunvarmistuksen ohjeistus. 20 s. Viitattu 26.10.2017. Saatavilla: <http://sykoy.fi/wp-content/uploads/prosessikuvaus3-teknisten-jrjestelmien-vastaan-ja-kytntottovaiheen-laadunvarmistuksen-ohjeistus-id-153593.pdf>.
- Suomen Yliopistokiinteistöt Oy (2015). Tietopaketti sisäilmatoinnasta konsulteille. 153 s. Viitattu 06.01.2018. Saatavilla: <http://sykoy.fi/wp-content/uploads/tietopaketti-sisailmatoinnasta-konsulteille.pdf>.
- Suomen Yliopistokiinteistöt Oy (2017). Toimintamalli sisäympäristöongelmissa. Viitattu 19.10.2017. Saatavilla: <http://sykoy.fi/wp-content/uploads/presentaatio-sisailmatoinnattamalli.pdf>.
- Surakka, H. (2017). Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen erityiset korjausmenetelmät. Kandidaatintyö, Insinöörityökorkeakoulu, Aalto-yliopisto. 21 s. + liitt. 3 s.
- Säteilyturvakeskus STUK (2017). Turvallisuusarvio. PSR2015. Viitattu 15.10.2017. 107 s. Saatavilla: [https://www.stuk.fi/documents/12547/207522/loviisa\\_maara-aikainen\\_turvallisuusarvio\\_liite1\\_turvallisuusarvio.pdf/de341886-075d-42af-8f77-56bebb9650b](https://www.stuk.fi/documents/12547/207522/loviisa_maara-aikainen_turvallisuusarvio_liite1_turvallisuusarvio.pdf/de341886-075d-42af-8f77-56bebb9650b).
- Taffese, W. Siston, E. (2016). Neural network based hygrothermal prediction for deterioration risk analysis of surface-protected concrete façade element, *Construction and Building Materials*, Vol. 113, 15 June 2016, pp. 34–48, <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.029>. Impact factor 2.296, ISSN: 0950-0618.
- Tampereen teknillinen yliopisto (2013). Korjaushankkeen arviointi- ja seurantalomake. Viitattu 19.10.2017. Saatavilla: <http://www.hometalkoot.fi/guides>.
- Tampereen Tilapalvelut (2014). Rakennuksen (talotekniikan) toimivuustarkastelu. 20 s. Viitattu 27.05.2018. Saatavilla: [http://www.tampere.fi/tilakeskus/material/uusikansio/9jA2b76cA/Ohje\\_07\\_Toimivuustarkastelu.pdf](http://www.tampere.fi/tilakeskus/material/uusikansio/9jA2b76cA/Ohje_07_Toimivuustarkastelu.pdf).
- Takko, S. (2017). Asuinkerrostalojen välipohjarakenteet 1890-1960 ja niiden korjaaminen. Diplomityö, Aalto-yliopisto. 95 s. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201705114678>.
- Tullila, V. (2015). Julkisten rakennusten sisäpuolisten tiivistyskorjausten suunnittelu. Diplomityö. Aalto-yliopisto. 74 s. + liitt. 24 s.
- Työterveyslaitos (2017). Kooste toimistoympäristöjen epäpuhtaus- ja olosuhdetasoista. 8 s. Viitattu 17.10.2017. Saatavilla: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/sisaympariston-viitearvoja.pdf>.
- Työterveyslaitos (2016). Ohje siivoukseen ja irtaimiston puhdistukseen kosteus- ja homevauriokorjauksen jälkeen. 12 s. Viitattu 26.10.2017. Saatavilla: [https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/home\\_puhdistus.pdf](https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/home_puhdistus.pdf).
- Tähtinen, K., Aalto, L., Pietarinen, V.-M., Lappalainen, S., Holopainen, R., Palomäki, E., Kuokkanen, J. (2013). Arvorakennusten käytettävyyden ja hyvät korjauskäytännöt. ARVO. Loppuraportti. Työterveyslaitos Helsinki. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/110650/Arvo.pdf?sequence=1>.
- Tähtinen, K., Lappalainen, S. (2016). Tilaajan ohje sisäilmasto-ongelman selvittämiseen. Työterveyslaitos. 9 s. Viitattu 19.10.2017. Saatavilla: <http://www.hometalkoot.fi/file/15883.pdf>.
- Uotila, U. (2012). Korjaustoimien vaikutukset lähiökerrostalon todelliseen energiankulutukseen. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. 107 s. Viitattu 19.10.2017. Saatavilla: <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tyty-201208301259>.
- Valvira (2016). Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: <http://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys>.
- Valvira (2013). Lausunto biosidikäsitellyn aiheuttamasta mahdollisesta terveyshaitasta asuinhuoneistossa. Dnro 248/06.10.02/2013. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: [https://www.valvira.fi/documents/14444/50159/Biosidilausunto\\_18022013.pdf](https://www.valvira.fi/documents/14444/50159/Biosidilausunto_18022013.pdf).
- Viljanen, K. Pöysti, M. (2017). Kevytsoralla korjatun välipohjan ja täydentävällä lämmöneristeellä tehdyn kevytsorakaton kosteusteknisen toiminnan varmistaminen, *Rakennusfysiikkaseminaari 2017*, s. 65-70.
- Vinha, J., Heljo, J., Lähdesmäki, K., Pentti, M., Suonketo, J., Åström, G. (2014). *Rakennusfysiikka 1. Rakennusfysiikan suunnittelu ja tutkimukset*. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 255-1-2014. 500 s.
- Vinha, J., Korpi, M., Kalamees, T., Jokisalo, J., Eskola, L., Palonen, J., Kurnitski, J., Aho, H., Salminen, M., Salminen, K. & Keto, M. (2009) *Asuinrakennusten ilmanpitiävyys, sisäilmasto ja energiatalous*. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Tutkimusraportti 140. 148 s. + 19 liites.
- Vinha J., Laukkarinen, A., Mäkitalo, M., Nurmi, S., Huttunen, P., Pakkanen, T. Kero, P., Manelius, E., Lahdensivu, J., Köliö, A., Lähdesmäki, K., Piironen, J., Kuhno, V., Pirinen, M., Aaltonen, A., Suonketo, J., Jokisalo, J., Teriö, O., Koskenvesa, A., Palolahti, T. (2013). Ilmastomuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, tutkimusraportti 159. 354 s. + 43 liites.
- Visuri, E. (2015). Sisäilmälähtöinen rakennuttaminen korjausrakentamisessa. Rakennusterveysasiantuntijan opinnäyte-työ. Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate. Itä-Suomen yliopisto. Kuopio 2015. 41 s. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: [https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/VisuriEsa\\_viralinen2015.pdf/4fac8370-4045-4ee1-ad62-98bb7f6a1359](https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/VisuriEsa_viralinen2015.pdf/4fac8370-4045-4ee1-ad62-98bb7f6a1359).
- Vornanen-Winqvist, et al. Ventilation Positive Pressure Intervention Effect on Indoor Air Quality in a School Building with Moisture Problems. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15, 230. Saatavilla: <http://www.mdpi.com/1660-4601/15/2/230>.

### **Lait, asetukset, määräykset, päätökset ja ohjeet**

- Laki rakennusperinnön suojelemisesta 498/2010. Annettu Helsingissä 4 päivänä kesäkuuta 2010. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100498>.
- MRL 132/1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Annettu Helsingissä 5 päivänä helmikuuta 1999. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990132>.
- Pelastuslaki 379/2011. Annettu Helsingissä 29 päivänä huhtikuuta 2011. Viitattu 28.05.2018. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110379>.
- Sosiaali- ja terveysministeriö (2015). Asumisterveysasetus 545/2015. Annettu Helsingissä 23 huhtikuuta 2015. Saatavilla: <http://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>.
- Sosiaali- ja terveysministeriö (2016). HTP-Arvot 2016 - Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2016:8. 98 s. ISBN 978-952-00-3791-8, ISSN 1236-2050 (painettu). ISBN 978-952-00-3792-5, ISSN 1797-9854 (pdf). Viitattu 04.11.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-3792-5>.
- Sosiaali- ja terveysministeriö (1992). Sosiaali- ja terveysministeriön päätös n:o 944/92. Sosiaali- ja terveysministeriön päätös asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista. Viitattu 10.08.2018. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920944>.

TSL 763/1994. Terveydensuojelulaki 763/1994. Annettu Helsingissä 19 elokuuta 1994. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940763>.

TTL 738/2002. Työturvallisuuslaki 738/2002. Annettu Helsingissä 23 elokuuta 2002. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>.

VNa 205/2009. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. Annettu Helsingissä 26 maaliskuuta 2009. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>.

Valtioneuvoston asetus maankäyttö- ja rakennusasetuksen muuttamisesta. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B68F4F368-4426-42BA-B972-0DCB275BEEAF%7D/109184>.

VNa 214/2015. Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150214>.

YMa 4/2013. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Annettu Helsingissä 27 helmikuuta 2013. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B924394EF-BED0-42F2-9AD2-5BE3036A6EAD%7D/31396>.

YMa 216/2015. Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150216>.

YMa 782/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Annettu Helsingissä 24 marraskuuta 2017. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>.

Ympäristöministeriö (2000). Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje, määräykset ja ohjeet. Annettu Helsingissä 16 helmikuuta 2000. Kumottu 31.12.2017. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/data/normit/6022-A4.pdf>.

YM1/601/2015. Ympäristöministeriön ohje rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokista. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BA7E116C5-7DAE-430D-8924-A6155D78B461%7D/109187>.

YM2/601/2015. Ympäristöministeriön ohje rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B5E62D05B-5376-4191-A7B8-3EFCF33F5918%7D/109133>.

YM3/601/2015. Ympäristöministeriön ohje rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BDFED928B-7974-4424-A4DA-06A778C21A9E%7D/109136>.

YM4/601/2015. Ympäristöministeriön ohje rakentamisen työnjohtotehtävien vaativuusluokista ja rakentamisen työnjohtajien kelpoisuudesta. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BB33FC775-2506-4231-8258-7CF22FA5DCA4%7D/109134>.

YM5/601/2015. Ympäristöministeriön ohje rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B2D950B5E-26B9-4BBC-B057-14CEBEB5A5D7%7D/109137>.

## LIITTEET

### Liite I

#### Termien selitykset

**Altistumisolosuhteiden arvio:** Piirustuksiin, muihin asiakirjoihin (mm. korjaus- ja huoltohistoria), mittauksiin, tutkimuksiin ja muuhun havainnointiin perustuva kokonaisvaltainen rakennus- ja talotekninen sekä sisäilman laadun arvio niistä rakennukseen liittyvistä tekijöistä, jotka voivat vaikuttaa altistumisen määrään, laatuun ja keston.

**Asumisterveysasetus:** Sosiaali- ja terveysministeriön asetus STMa 545/2015 asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista, säädetty TSL:n 32 §:n ja 49 d §:n nojalla, voimassa 15.5.2015 alkaen.

**Homekasvusto:** Ks. mikrobikasvusto.

**Homevaurio:** Ks. mikrobivaurio.

**Kapselointi:** Kapseloinnilla tarkoitetaan korjausmenetelmää, jonka tavoitteena on estää haitta-ainneiden tai muiden epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan sekä konvektiolla että diffuusiolla materiaalin läpi.

**Korjausaste:** Korjausasteella tarkoitetaan rakennuksen tai sen osan (ominaisuuden, rakennusosan, järjestelmän) korjaamisesta muodostuvaa hintaa suhteessa vastaavaan uudishintaan. Korjausastetta kuvataan prosenttiluvulla.

**Korjaussuunnittelija:** Tässä oppaassa käytettävä nimitys kosteusvaurion korjaustyön suunnittelijasta (KVKS). Tämä erityissuunnittelutehtävä on määritelty valtioneuvoston asetuksessa (214/2015) rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä. Ympäristöministeriön ohjeessa rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta (YM2/601/2015) on määritelty suunnittelutehtävän eri vaativuusluokissa edellytettävä tutkinto, opintojen sisältö sekä vaadittava suunnittelukokemus. Opintoihin tulee olla sisällytynyt rakennusfysiikan ja rakennetekniikan opintojen lisäksi taloteknisten järjestelmien, sisäympäristö-

olosuhteiden ja kuntotutkimusmenetelmien opintosuorituksia.

**Kosteudenhallintaselvitys:** Ks. rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitys.

**Kosteudenhallintasuunnitelma:** Ks. työmaan kosteudenhallintasuunnitelma.

**Kosteudenmittaaja:** Rakenteiden kosteuden mittaajalta edellytetään perehtyneisyyttä rakennustekniikkaan sekä rakenteiden ja rakennusmateriaalien riittävää tuntemusta. Mittaajan tulee tuntea rakennusfysiikkaan liittyvät lämpö- ja kosteustekniikan perusteet ja osata soveltaa niitä rakennusten, rakenteiden ja materiaalien lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa arvioitaessa. Mittaaja tuntee rakenteiden ja eri materiaalien sekä tilojen lämpötilan ja kosteuden mittaukseen soveltuvat mittausvälineet ja niiden käytön edellytykset ja rajoitukset sekä pystyy mittauksen tulosten tulkintaan ja raportointiin. Ammattipätevyydestä on osoituksena muodollista pätevyyttä osoittava asiakirja eli pätevyystodistus. Sillä tarkoitetaan tutkintotodistuksia sekä todistuksia ja muita asiakirjoja suoritetusta koulutuksesta.

**Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus:** Kosteus- ja sisäilmateknisessä kuntotutkimuksessa tutkitaan tarkasti kosteusvaurioituneet tai sellaisiksi epäillyt rakenteet sekä muut sisäilmanlaatuun mahdollisesti vaikuttavat rakenneosat, materiaalit ja talotekniset tekijät sekä mahdolliset muut sisäilmanlaatuun vaikuttavat tekijät. Tutkija analysoi kaikki tutkimustulokset ja niiden merkittävyyden tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen kokonaisuutena. Tutkija esittää toimenpideehdotukset analysoinnin perusteella. Tutkimuksesta laaditaan tutkimusselostus, joka sisältää tutkimustulokset, analyysit ja toimenpideehdotukset.

**Kosteusvaurio:** Kosteusvaurio tarkoittaa liiallisesta tai pitkäaikaisesta kosteudesta aiheutuvaa materiaalin tai rakenteen kosteussietokyvyn ylitymistä tai ominaisuuksien muuttumista siten, että rakenne tai rakenteen osa tulee korjata tai vaihtaa (RIL 250-2011). Vaurioituneen materiaalin ulkonäkö, lujuus, tekninen toimivuus ja/tai terveydelliset ominaisuudet ovat oleellisesti heikentyneet. Kosteusvaurio ei aiheuta välttämättä mikrobivaurioita. Kosteusvaurion eteneminen mikrobivauri-

oksi riippuu siitä, kuinka kauan mikrobikasvulle otolliset olosuhteet (kosteus ja lämpötila) vallitsevat sekä kastuneista rakennusmateriaaleista, jotka ovat ravintona mikrobeille.

**Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelija:** Ks. korjaussuunnittelija.

**Kuntotutkija:** Kuntotutkija on henkilö, joka tekee tutkimussuunnitelman ja tutkimuksen, analysoi tulokset ja tekee toimenpide-ehdotukset. Tutkijan apuna voi olla mittajia. Vrt. vastuullinen kuntotutkija.

**Kuntotutkimus:** Kuntotutkimus on menetelmä, jossa tutkitaan rakenteiden tai rakennukseen kuuluvien järjestelmien kunto käyttäen aistinvaraisen havaintojen, mittausten ja kuvausten lisäksi rakenteita rikkovia tutkimus- ja mittausvälineitä sekä tehdään rakenneavauksia. Kuntotutkimus voi kohdistua tiettyihin rakenteisiin, vesi- ja viemärijärjestelmiin, ilmanvaihtojärjestelmiin ja sisäilmaan vaikuttaviin tekijöihin. Vrt. kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus.

**Käyttäjäkysely:** Tilan käyttäjille tai tekniselle henkilökunnalle tehty kysely, jolla kartoitetaan rakennuksessa havaittuja puutteita ja poikkeamia. Vrt. sisäilmastokysely.

**Laadunvarmistusasiakirja:** Korjaussuunnittelijan antamat vaatimukset ja ohjeet rakennustyön suunnitelmien mukaisen toteutuksen varmistamisesta ja todentamisesta.

**Laadunvarmistusselvitys:** Rakennusvalvontaviranomaisen rakennusluvassa tai aloituskokouksen perusteella mahdollisesti edellyttämä selvitys toimista, varmistetaan, että rakentamisessa saavutetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten mukainen lopputulos (MRL 121 a §). Laadunvarmistusselvityksen sisällöstä on annettu ohjeita ympäristöministeriön ohjeessa rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta (YM5/601/2015).

**Merkittävä kosteus- ja mikrobivaurio:** voidaan määrittää sellaiseksi vähäistä laajemmaksi rakenteelliseksi viaksi, jonka seurauksena haitallinen altistuminen kosteusvaurioituneista rakenteista ja materiaaleista vapautuville kemiallisille, fysikaalisille ja biologisille (mm. mikrobiperäisille) epä-

puhtauksille on todennäköistä, minkä perusteella korjaustarve voidaan arvioida kiireelliseksi altistumisen vähentämiseksi tai poistamiseksi. Kosteus- ja mikrobivaurion määrittelemisen merkittäväksi ei ole pelkästään tekniseen tarkasteluun perustuva, vaan sen pitää sisältää myös altistumisen todennäköisyyden arviointi, jotta terveydellinen ulottuvuus saadaan mukaan (Reijula ym. 2012). Vaurio voi olla merkittävä myös sen aiheuttaman rakenteen mekaanisen lujuuden heikkenemisen takia, joka voidaan todeta pelkästään teknisen arvion perusteella.

**Mikrobikasvu:** Mikrobikasvu tarkoittaa mikrobien kasvua ja määrän lisääntymistä tutkitussa materiaalissa. Käytetään usein mikrobikasvuston synonyyminä.

**Mikrobikasvusto:** Mikrobikasvusto tarkoittaa mikrobiesiintymää, joka on syntynyt homeiden tai muiden mikrobien alettua kasvaa tarkastellussa rakenneosassa/ materiaalilla. Kasvuston syntyminen on mahdollista, kun mikrobikasvulle otolliset olosuhteet (riittävä kosteus, lämpötila ja ravinteet) vallitsevat riittävän kauan. Riittävän ajan pituus vaihtelee päivistä kuukausiin olosuhteista riippuen. Kasvustoksi katsotaan myös viljelykelvoton, vanha mikrobiesiintymä, joka on syntynyt mikrobikasvun tuloksena. Mikrobikasvusto todetaan yleensä mikrobipitoisuuden perusteella (viljely tai muu menetelmä) tai näkyvän kasvun pohjalta (silmin näkyvä / mikroskopia).

**Mikrobivaurio:** Vaurio, jossa mikrobikasvustoa esiintyy niin paljon tai sellaisessa paikassa, että se heikentää materiaalin teknisiä tai esteettisiä ominaisuuksia tai siitä voi aiheutua hajuja tai terveydelle haitallisia päästöjä sisäilmaan. Rakennuksen sisäpuolisissa rakenteissa tai ulkovaipan sisäosissa esiintyviä mikrobikasvustoja pidetään yleensä vaurioina todennäköisen sisäilmayhteyden takia.

**Osastointi:** Korjattavan alueen saumojen ja kulureittien sulkeminen ja tiivistäminen muihin tiloihin päin, tai tarvittaessa väliaikaisten seinien rakentaminen.

**Osastointi- ja alipaineistussuunnitelma:** Suunnitelma, jossa esitetään, miten pölynhallinta hoidetaan ja miten pölyn leviäminen ympäröiviin tiloi-



hin estetään erityisesti purkutöiden aikana. Se on yleensä osa purkutyösuunnitelmaa.

**Purkutyöselostus:** Korjaussuunnittelijan laatima yleiskuvaus purkutyöstä, ja se sisältää myös alustavat purku- ja tuentasuunnitelmat.

**Purkutyösuunnitelma:** Purku-urakoitsijan laatima yksityiskohtainen purkamisen toteutussuunnitelma, joka laaditaan purkutyöselostuksen pohjalta.

**Pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirja:** Korjaussuunnittelijan laatima asiakirja, jossa kuvataan työmaan pölyn- ja puhtaudenhallintaa koskevat vaatimukset ja ohjeet.

**Pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelma:** Urakoitsijan laatima yksityiskohtainen pölyn- ja puhtaudenhallinnan toteutussuunnitelma, joka laaditaan pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirjan pohjalta.

**Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitys:** Selvitys sisältää hankkeen yleistiedot, vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa, toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen, kosteudenhallinnan henkilöresurssit sekä tiedon hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavasta henkilöstä. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava selvityksen laatimisesta. (YM asetus 782/2017 rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 12 §)

**Rakennusterveysasiantuntija:** Henkilösertifioitu asiantuntija, jonka on kyettävä selvittämään rakennuksen sisäilmaongelma yksin tai johtamaan sisäilmaongelman selvitystyötä suuremmissa rakennuksissa tai joka toimii terveydensuojeluviranomaisten apuna silloin, kun selvitetään rakennuksissa esiintyviä terveyshaittoja. Rakennusterveysasiantuntijan (RTA) koulutuksen tulee sisältää asuinsterveysasetuksen liitteessä 3 tarkoitettuja osamisaatimukset.

**Rakennustyön tarkastusasiakirja:** Rakennustyömaalla pidettävä asiakirja, johon rakennusluvassa tai aloituskokouksessa sovittujen rakennusvaiheiden vastuuhenkilöiden sekä työvaiheita tarkastaneiden on merkittävä tekemänsä tarkastukset ja johon on merkittävä perusteltu huomautus, jos rakennustyö poikkeaa rakentamista koskevista

säännöksistä (MRL 150 f §). Asiakirjan sisällöstä on annettu ohjeita ympäristöministeriön ohjeessa rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta (YM5/601/2015).

**Rakennusosien ilmatiivyyden parantaminen eli tiivistyskorjaus:** Korjausmenetelmä, jonka ensisijaisena tavoitteena sisäilmakorjauskohteissa on estää hallitsemattomat ilmvirtaukset rakenteista ja niiden mukana kulkeutuvien epäpuhtauksien pääsy huonetilaan. Tiivistyskorjauksissa tehdään toimenpiteitä rakenteiden sisäpinnan riittävän ilmatiivyyden varmistamiseksi.

**Riskianalyysi:** Riskiarviota syvällisempi analyysi, jossa tarkemmin kartoitetaan suunnittelun, toteutuksen ja käytön riskit (vahinkoseuraamukset ja niiden todennäköisyydet) sekä määritellään toimenpiteitä riskien hallitsemiseksi.

**Riskiarvio:** Yleensä yleissuunnitteluvaiheessa tehtävä arvio hankkeen vaativuudesta ja riskitasosta sekä erityismenettelyn tarpeesta.

**Seurantasuunnitelma:** Kuvaus menettelytavoista, joilla korjaustyön onnistuminen todennetaan korjaustyön valmistumisen jälkeen rakennuksen käytön aikana.

**Sisäilmaryhmä:** Eri alojen asiantuntijoista ja tilan käyttäjien edustajista koostuva työryhmä, jonka tehtävänä kohteissa on suunnitella ja koordinoita sisäilmaongelmien ratkaisuprosessia sekä arvioida selvitysten tuloksia tarvittavine toimenpiteineen. Sisäilmaryhmä suunnittelee ja huolehtii myös prosessin aikana tapahtuvan viestinnän eri osapuolille. Lisäksi useissa kunnissa ja suurissa organisaatioissa on koordinoiva sisäilmaryhmä, jolla on yleensä etenkin ohjauksellisia tehtäviä, kuten selvitys- ja viestintäohjeiden laatimista ja kouluttamista sekä prosessien seuranta.

**Sisäilmastokysely:** Sisäilmastokysely on työntekijöille tehty kirjallinen kysely, jolla selvitetään käyttäjien kokemuksia sisäympäristön fysikaalisista viihtyvyystekijöistä, työjärjestelyistä ja -tyytyväisyydestä sekä koetuista oireista. Useimmat kyselyt pohjautuvat ns. Örebro-kyselyyn.

**Sulkuosasto:** Osastoitavien rakennusosien väliin kahdella osastoivalla seinärakenteella toteutettu osasto, johon on asennettu alipaineistuslaitteisto.

**Tarkastusasiakirja:** Ks. rakennustyön tarkastusasiakirja.

**Tekninen käyttöikä:** Käyttöönoton jälkeinen aika, jona rakenteen, rakennusosan, järjestelmän tai laitteen tekniset toimivuusvaatimukset täyttyvät. Kun tekninen käyttöikä on kulunut umpeen, rakenne, rakennusosa, järjestelmä tai laite on tarkoituksenmukaista korvata uudella. Tekninen käyttöikä perustuu käytössä oleviin tietoihin ja kokemukseen rakenteen, rakenneosan, järjestelmän tai laitteen kestävyydestä ja on yleistävä.

**Terveydellisen merkityksen arviointi:** Käsite tulee työturvallisuuslaista (738/2002 10 §), jonka mukaan työpaikalla havaittujen haitta- tai vaaratekijöiden terveydellisen merkityksen arviointi tulee tehdä, jos näitä tekijöitä ei voida poistaa. Työnantaja vastaa siitä, että terveydellisen merkityksen arviointiin käytetään työterveyshuollon asiantuntijoita ja ammattihenkilöitä siten kuin siitä säädetään työterveyshuoltolaissa (1383/2001 5 §). Työpaikan sisäilmasto-ongelmissa työterveyshuolto arvioi sisäilmasto-ongelmiin perehtyneen työterveyslääkärin johdolla altistumisolosuhteisiin liittyvän haitan ja vaaran terveydellisen merkityksen ja antaa siitä tarvittaessa lausunnon. Vaaralla tässä yhteydessä tarkoitetaan erityistä sairastumisen vaaraa ja haitalla työturvallisuuslain mukaisia muita työstä ja työympäristöstä johtuvia työntekijöiden fyysisen ja henkisen terveyden haittoja. Ennen terveydellisen merkityksen arviointia työnantajan on selvitettävä altistumisolosuhteet rakennusterveyteen perehtyneen asiantuntijan johdolla, koska ongelman terveydellistä merkitystä ei voi arvioida ilman altistumisolosuhdetietoja.

**Terveyshaitta:** Terveyshaitta on merkittävä, haitallinen terveysvaikutus. Terveydensuojelulain mukaan terveyshaitta on ympäristössä olevasta tekijästä tai olosuhteesta aiheutuva sairaus tai sairauden oire. Terveydensuojelulaissa terveyshaitaksi katsotaan myös altistuminen terveydelle haitalliselle aineelle tai olosuhteelle siten, että sairauden tai sen oireiden ilmeneminen on mahdollista.

**Terveysvaikutus:** Terveysvaikutus on ympäristössä olevan tekijän tai olosuhteen aiheuttama vaikutus terveydelle.

**Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma:** Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen pohjautuva suunnitelma, johon on sisällyttävä tiedot rakennustyömaan kosteudenhallinnasta vastaavista rakennusvaiheen vastuuhenkilöistä. Lisäksi siinä kerrotaan, miten rakennustuotteet ja keskenkäiset rakennusosat suojataan kastumiselta ja epäpuhtauksilta työmaavarastoinnin ja rakentamisen aikana sekä miten varmistutaan siitä, että rakenteet ovat kuivuneet riittävästi ennen niiden peittämistä kuivumista hidastavalla ainekerroksella, pinnoitteella tai rakenteella. Vastaavan työnjohtajan on huolehdittava suunnitelman laatimisesta. (YM asetus 782/2017 rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 13 §)

**Vastuullinen kuntotutkija:** Suuremmista, yleensä sisäilmaongelmaisista kohteista ja niiden selvityksistä vastaava kuntotutkija. Vastuullinen kuntotutkija suunnittelee, koordinoi ja tulkitsee sisäilma- ja kosteustekniset kuntotutkimukset ja vetää yhteen eri erikoisalojen asiantuntijoiden selvitykset sisäilmaongelman kannalta. Kosteusvaurion kuntotutkijalle (KVKT) on olemassa henkilösertifiointimenetely, ja kuntotutkijan koulutuksen tulee sisältää asumisterveysasetuksen liitteessä 3 tarkoitettut osaamisvaatimukset.

**Vaurioitumismekanismi:** Fysikaalisesta ilmiöstä johtuva tapa, jolla vesi tai kosteus kulkeutuu rakenteeseen aiheuttaen kosteusvaurion.

## Liite 2

### Rakennusosakohtaiset korjausmenetelmät

Tässä liitteessä käsitellään tyypillisimmät rakennuskannassa esiintyvät rakennusosat, joissa on esiintynyt kosteus- ja mikrobivaurioita. Rakennusosien korjaamiseen esitetään muutamia toimivia ratkaisuja ominaisuuksiltaan eritasoisille korjausvaihtoehdoille. Näiden lisäksi on olemassa muitakin toimivia ratkaisuja, joihin tulee perehtyä tässä esitettyjen vaihtoehtojen lisäksi. Korjaussuunnittelijan tulee siis aina laatia kohdekohtaiset suunnitelmat. Liitteiden piirustukset eivät toimi valmiina detaljeina, vaan niissä esitetään korjausperiaatteita.

Tässä liitteessä käsitellään seuraavat rakennusosat:

- Liite 2.1** Maanvastaisten alapohjien korjausmenetelmät
- Liite 2.2** Ryömintätilaisten alapohjien korjausmenetelmät
- Liite 2.3** Maanvastaisten seinien korjausmenetelmät
- Liite 2.4** Sokkeleiden korjausmenetelmät
- Liite 2.5** Ulkoseinien korjausmenetelmät
- Liite 2.6** Yläpohjan ja vesikaton korjausmenetelmät
- Liite 2.7** Välipohjien korjausmenetelmät
- Liite 2.8** Märkätilojen korjausmenetelmät
- Liite 2.9** Liitosdetaljit ja läpiviennit.

Rakenteisiin syntyneiden vaurioiden syyt ja laajuus on selvitettävä riittävän luotettavasti kohdekohtaisen kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen perusteella. Korjauksilla tulee ensisijaisesti poistaa vaurioituneet materiaalit sekä vaurioitumisen syyt.

Korjausmenetelmät esitetään kolmentasoisina korjaustapoina. Korjausvaihtoehtojen avulla voidaan vertailla eri korjaustapojen vaikutuksia jäljelle jäävään rakenteeseen ja korjaustyön toteutukseen. Korjaustavat eivät ole suositusjärjestyksessä, vaan rakennusosien korjaustavat päätetään kuntotutkimuksen perusteella.

A) Perusteellinen rakenteen uusiminen ja toimivuuden parantaminen, jossa myös kantavaan rakenteeseen voi kohdistua merkittäviä korjaustoimenpiteitä tai se uusitaan. Tekstissä tämä korjaustapa esitetään aina otsikolla **"rakenteen uusiminen"**.

Perusteellisen korjauksen tavoiteikä on  $\geq 50$  vuotta. Tavoiteikää vähentäviä tekijöitä ovat mm.

- rakenteiden liitosten epätiiviyshkohdat
- liittyvän rakenteen vaurioituminen
- korjatun rakenteen kastuminen liittyvän rakenteen toimimattomuuden vuoksi.

B) Rakenteen osittainen uusiminen, jossa vaurioituneet materiaalit poistetaan vaurioitumattomaan, usein kantavaan rakenteeseen saakka laajoilta alueilta. Samalla parannetaan rakenteen ilmatiiviyttä tiivistämällä rakenteiden liitoksia ja läpivientejä sekä rakenteen kosteusteknistä toimintaa.

Rakenteen osittain uusimisen tavoiteikä on 30–50 vuotta. Tavoiteikää vähentäviä tekijöitä ovat mm.

- rakenteiden liitosten epätiiviyshkohdat
- korjauksessa käytetyt materiaalivalinnat (eri materiaalien huomattavien kestävyyserojen vuoksi)
- korjattavan rakenteen kosteussisältö ja rakenteen kuivaamisen onnistuminen
- liittyvän rakenteen vaurioituminen
- korjatun rakenteen kastuminen liittyvän rakenteen toimimattomuuden vuoksi
- korjaukseen liittyvien teknisten järjestelmien käyttöikä ja toimivuus yleensä
- tuuletusvälien tukkeutuminen ja likaantuminen
- korjaustapaan liittyvien järjestelmien huollon laiminlyönti.

C) Pääasiassa pintarakenteisiin liittyvä korjaus, jossa rakennetta korjataan sen ilmatiivyyttä ja tuuletusta parantamalla. Lisäksi tehdään paikallisia, selkeästi rajattavia vauriokorjauksia. Samalla parannetaan rakenteen kosteusteknistä toimintaa. Tässä korjausvaihtoehdossa vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen.

Rakenteiden ilmatiivyyden parantamiseen tähtäävien korjausten tavoiteikä on 15–20 vuotta. Tavoiteikää vähentäviä tekijöitä ovat mm.

- rakenteiden liitosten epätiiviyskohdat (tiivistyksen on toteuduttava kokonaisuutena)
- korjauksessa käytetyt materiaalivalinnat (eri materiaalien huomattavien kestävyyserojen vuoksi)
- tiivistettävän alustan liikkeet (tiivistettävien rakenteiden erilaiset lämpö- ja kosteusliikkeet, rakenteiden taipuma)
- tiivistettävän alustan epätiiviys (esim. lautalattia)
- korjaustyön toteutuksen huolimattomuus/epäonnistuminen.

Valittava korjaustoimenpide voi myös olla tarpeellinen yhdistelmä eritasoisia korjausmenetelmiä. Kaikissa tapauksissa ensisijainen korjaustoimenpide tulee aina olla vaurion aiheuttajan poistaminen. Lisäksi tulee pyrkiä poistamaan vaurioituneet materiaalit tai vähintään estää vaurion aiheuttama haitta sisäilmaan.

## Liite 2.1

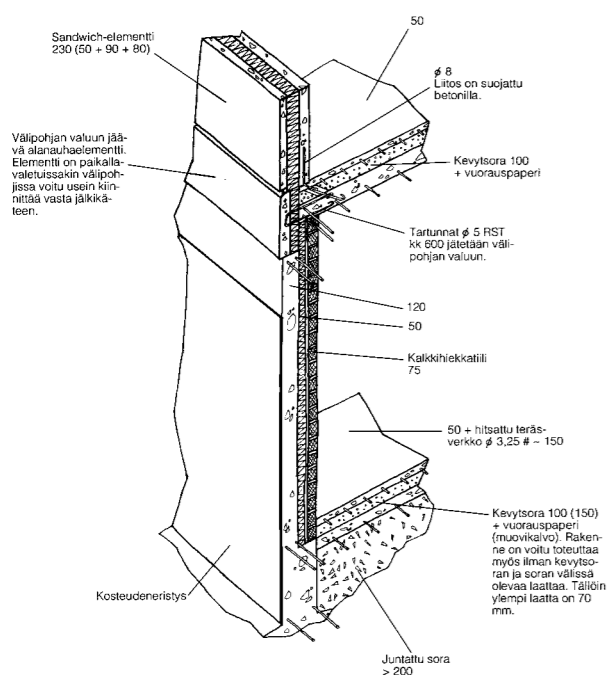
### Maanvastaisten alapohjien korjausmenetelmät

Tässä liitteessä käsitellään seuraavat alapohjat:

- Maanvastainen betonilaatta, jonka alla ei ole lämmöneristystä ja rakenteessa on mahdollisesti bitumisively kahden betonilaatan välissä
- Maanvastainen betonilaatta, jossa puukoolattu lattia ja lämmöneriste ovat betonilaatan päällä
- Maanvastainen betonilaatta, jonka päällä on lämmöneriste ja betonilaatta
- Maanvastainen betonilaatta, jossa lämmöneriste on betonilaatan alla
- Maanvastaisiin alapohjiin liittyvät erityistapaukset
  - sisäpuolisten salaojien rakentaminen
  - radonkorjaukset
  - vedenpaine-eristetyt alapohjat.

### MAANVASTAINEN BETONILAATTA, JONKA ALLA EI OLE LÄMMÖNERISTYSTÄ JA RAKENTEESSA ON MAHDOLLISETI BITUMISIVELY KAHDEN BETONILAATAN VÄLISSÄ

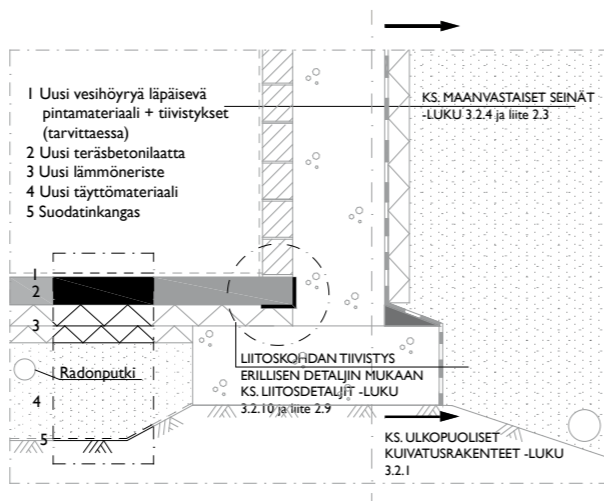
#### Alkuperäinen rakenne



Yllä olevassa kuvassa on esitetty tyypillinen vanha maanvastainen, lämmöneristämätön betonilattiarakenne (Kuva: Kerrostalot 1960–1975). Rakenteessa on voitu käyttää kosteussulkuna bitumisivelyä betonilaattojen välissä.

*jatkuu*

#### A Rakenne uusitaan kokonaan



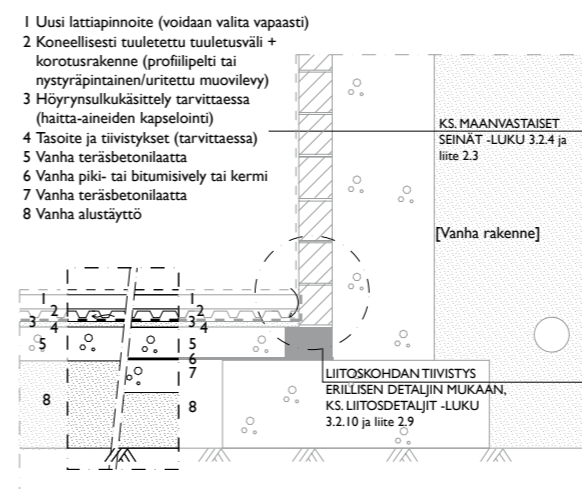
#### Toimenpiteet:

Vanha betonilaatta ja alustäytöt puretaan ja rakenne tehdään voimassa olevien määräysten ja ohjeiden mukaiseksi. Lattiarakenne lämmöneristetään alapuolelta. Maanvastaisen betonilattian pintamateriaalina suositellaan käytettäväksi vesihöyryä läpäisevää pinnoitetta.

Uusimista suunniteltaessa tulee ottaa huomioon liittyvät rakenteet. Kantavia ja jäykistäviä rakenteita purettaessa on suunniteltava niiden työn aikainen tuenta.

*jatkuu*

#### B Tuulettuvat lattiarakenteet



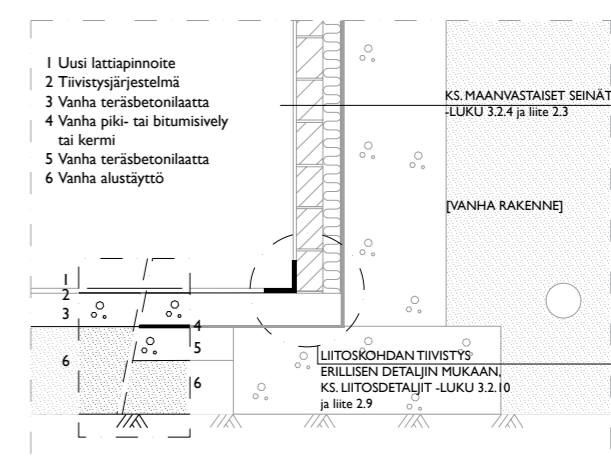
#### Toimenpiteet:

Lattiarakenteen liitokset ja läpiviennit tiivistetään vaihtoehdossa C esitettyjen periaatteiden mukaisesti. Tämän jälkeen vanhan betonilaatan päälle tehdään uusi tuulettuva lattiarakenne, jossa tuuletusväli toteutetaan esim. nystyräpintaisten tai uritettujen muovilevyjen avulla tai tekemällä korotettu lattiarakenne profiilipelistä.

Kapselointitarve määräytyy kunto- tai haitta-ainetutkimuksen perusteella. Jalkalistoina käytetään tuulettumisen mahdollistavia lattialistoja. Lattian alusta tuuletetaan ko-

*jatkuu*

#### C Maanvastaisen betonilattian ilmatiivyyden parantaminen ja pinnoitteen vaihtaminen vesihöyryä läpäiseväksi

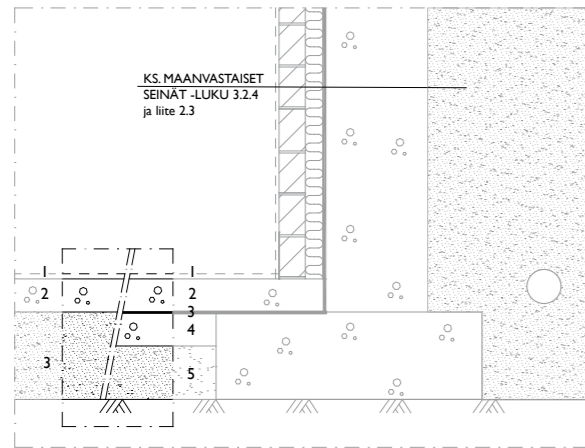


#### Toimenpiteet:

Maanvastaisen betonilaatan ilmatiivyyden parantamisen tavoitteena on estää lattiarakenteen liitoksista, halkeamista ja mahdollisista läpivientikohdista tapahtuvat haitalliset ilmavuodot maaperästä huoneilmaan. Maaperästä nousee tiivistämisen jälkeen edelleen kosteutta huoneeseen, mikäli maaperästä nousevaa kosteutta ei ulkopuolisin korjauksin voida poistaa tai poisteta. Tiivistysmateriaaleina käytetään kuhunkin kohteeseen soveltuvia menetelmiä ja käytettävien materiaalien vesihöyrynläpäisevyys tulee ottaa huomioon.

*jatkuu*

## Alkuperäinen rakenne



Eristämätön betonilaatta  
1 Vanha lattiapinnoite  
2 Vanha teräsbetonilaatta  
3 Vanha alustäyttö

Bitumisivelyllä varustettu, halkaistu ja lämmöneristämätön betonilaatta  
1 Vanha lattiapinnoite  
2 Vanha teräsbetonilaatta  
3 Vanha piiki- tai bitumisively  
4 Vanha teräsbetonilaatta  
5 Vanha alustäyttö

Sivelyt tai kermit voivat olla asennettu myös vedenpaineen eristyksen vuoksi. Bitumisively lisää hieman betonirakenteen diffuusiovastusta. Lämmöneristämättömässä alapohjarakenteessa diffuusiolla maaperästä siirtyvä kosteusvirta on huomattavan suuri verrattuna nykyisin käytössä olevaan, alapuolelta lämmöneristettyyn maanvastaiseen laattaan. Lisäksi rakenteeseen saattaa siirtyä kosteutta kapillaarisesti. Suuri kosteuspitoisuus voi aiheuttaa rakennusmateriaalien ja pintamateriaalien vaurioita.

Rakenteen uusiminen saatetaan valita korjausvaihtoehdoksi, mikäli vaurioituminen on niin laaja-alaista tai merkittävää, ettei ongelmia pystytä korjaamaan kevyemmin toimenpitein. Valintaan voivat myös vaikuttaa muut kohteissa tehtävät toimenpiteet (esim. viemärien tai muiden laatan alle asennettävien järjestelmien uusiminen).

Vanhan rakenteen päälle asennettavaa uutta, tuulettuvaa lattiarakennetta voidaan käyttää korjausmenetelmänä silloin, kun rakennetta ei ole mahdollista uusia heti kokonaan ja/tai kun vauriot sijoittuvat tietyille, selkeästi rajautuvalle alueelle tai kun lattian pintamateriaalina on käytettävä jatkossakin vesihöyryä huonosti läpäisevää materiaalia.

Tilanteessa, jossa esimerkiksi taloudellisista syistä tai käyttöikä tavoitteista johtuen laaja korjaaminen ei ole mahdollista, voidaan korjaustapana käyttää rakenteiden ilmatiiviiden parantamista ja lattiapinnoitteiden vaihtamista vesihöyryä läpäiseväksi.

## A Rakenne uusitaan kokonaan

Maanvastainen laatta toimii usein maanpaineeseinien alapään vaakatukena. Korjauksen yhteydessä joudutaan purkamaan kaikki betonilaatan päältä alkavat väliseinät.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- rakennuksen ulkopuolisen kosteuden tulee olla hallinnassa; salaojitus, kattosadevedet sekä sulamis- ja valumisvedet
- rakennusjäte ja muu orgaaninen aines on poistettava alustäytöistä
- liittyvien pystyrakenteiden pinnat tulee puhdistaa huolellisesti
- uuden betonilaatan tuoman lisäkosteuden hallittu kuumuminen rakenteesta on otettava huomioon ennen päällystystöitä

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- seinän ja betonilaatan liitoksen tiivistäminen
- ulkopuolelta tulevan kosteusrasituksen alentaminen
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- rakenteeseen liittyy tavanomaiset uudisrakentamisen riskit, esimerkiksi betonilaatan pinnoittaminen liian kosteana

### Energiatohokkuus:

- alapohjan lämmöneristys parantaa rakenteen energiatehokkuutta melko vähän
- lämmöneristys on kuitenkin oleellinen, jotta maaperä pysyy viileämpänä, ja se toimii samalla alapohjalaatan diffuusiovastuksena

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet (myös muissa korjausvaihtoehdoissa)

## B Tuulettuvat lattiarakenteet

neellisesti ja poistoilma johdetaan ulkoilmaan. Tuuletusväliässä liikkuvan ilman kosteus tulee pitää mikrobikasvulle suotuisan kosteuspitoisuuden alapuolella ( $RH \leq 70-75\%$ ). Tuulettuvasta suunnittelusta on otettava huomioon rakennuksen muu ilmanvaihto. Tuuletusväliin johdettava ilma tulee suodattaa, jotta tuuletusväliin päätyisi mahdollisimman vähän epäpuhtauksia. Lattian pintamateriaali voidaan valita vapaasti tilan käyttötarkoituksen mukaan. Tuuletusvälin suuruus määräytyy maanvastaisen laatan kosteuspitoisuuden sekä tuuletusvälin ilmavirran perusteella. Diffuusion vaikutuksesta siirtyvää kosteutta poistamaan riittää pienempi tuuletusväli kuin kapillaarisesti siirtyvässä kosteudessa.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- vanhan lattiapinnoitteen poistossa tulee ottaa huomioon mahdolliset haitta-aineet, kuten asbesti ja PAH-yhdisteet – kapseloinnin tarve
- liittymäkohtien sekä läpivientien tiivistyskorjaukset tulee suunnitella lisäksi erikseen
- lattiarakenteen koneellisen tuuletuksen suunnittelu
- lattian korko nousee, liittyvien rakenteiden muutostarpeet
- rakenteen toimivuuden tarkastamiseen liittyvät toimet tärkeitä
- poistopuhaltimen käyttöikä

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- seinän ja alkuperäisen betonilaatan liitoksen tiivistäminen
- ulkopuolelta tulevan kosteusrasituksen alentaminen mahdollisuuksien mukaan
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen
- lattiarakenteen tuuletuksen virtauskenttä sisältää usein katvealueita ja jalkalistojen tuuletuskanavat voivat tukkeutua pölystä
- koneellisen tuuletuksen toimimattomuus (vuodot, toimintahäiriöt)

### Energiatohokkuus:

- rakenteen tuuletuksella voi olla energiatohokkuutta hie- man heikentävä vaikutus

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- koneellisesti tuulettavan ilmavälin laitteistoa ja ilman suodattimia tulee huoltaa säännöllisesti (automaattihälytys toimintahäiriöistä)

## C Maanvastaisen betonilattian ilmatiiviiden parantaminen ja pinnoitteen vaihtaminen vesihöyryä läpäiseväksi

Pääsääntöisesti rakenne suunnitellaan siten, että valittava uusi lattiapinnoite on kosteutta kestävä ja vesihöyryävoin, ja lattian läpi huonetilaan päätyvä kosteus poistetaan hallitusti tehokkaalla ilmanvaihdolla. Tiivistysratkaisu sekä käytettävä pintamateriaali valitaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti.

Mikäli lattiarakenteessa esiintyy leveitä halkeamia, tulee halkeamien aiheuttaja selvittää ja halkeaman korjausvaihtoehdot valita sen mukaan (esim. injektointi).

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- tiiviiden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilmavuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmavuodot voivat jopa kasvaa
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/lisäys korjattuun tilaan

### Riskit:

- vaurion eteneminen ei pysähdy, jos ulkopuolista kosteusrasitusta ei samalla pienennetä
- ilmatiiviiden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen

### Energiatohokkuus:

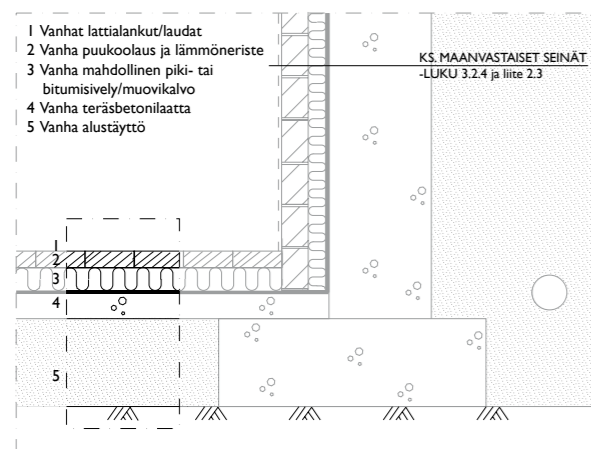
- ei merkittävää vaikutusta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- merkkiainekokeet säännöllisin väliajoin

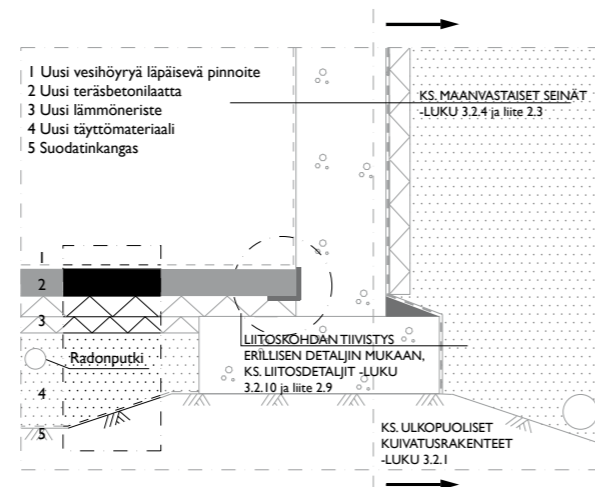
## MAANVASTAINEN BETONILAATTA, JOSSA PUUKOOLATTU LATTIA JA LÄMMÖNERISTE ON BETONILAATAN PÄÄLLÄ

### Alkuperäinen rakenne



Yllä olevassa kuvassa on esitetty tyypillinen, yläpuolelta lämmöneristetty maanvastainen betonilaatta, jonka yläpinnassa on puukoolaus ja lämmöneristys. Maanvastaisen betonilaatan päällä voi olla käytetty pikisivelyä tai muovikalvoa kosteudeneristeenä. Tässä alapohjarakenteessa puukoolaukset ja kosteuden vaikutuksesta homehtuvat tai lahoavat lämmöneristeet sekä erityisesti työvaiheessa rakenteeseen jääneet sahanpuru ja lastut vaurioituvat maapohjan lämpenemisestä aiheutuvan kosteusvirran (diffusion) vuoksi. Rakenne on erityisen herkkä kosteus- ja mikrobivaurioille.

### A Rakenne uusitaan kokonaan



#### Toimenpiteet:

Puukoolattu lattia sekä vanha betonilaatta alustäyttöineen puretaan kokonaan ja rakenne tehdään voimassa olevien määräysten ja ohjeiden mukaiseksi. Lattiarakenne lämmöneristetään alapuolelta. Maanvastaisen betonilattian pintamateriaaliksi suositellaan vesihöyryä läpäisevää pinnoitetta.

Uusimista suunniteltaessa tulee ottaa huomioon liittyvät rakenteet. Kantavia ja jäykistäviä rakenteita purettaessa on suunniteltava niiden työn aikainen tuenta. Maanvastainen betonilaatta toimii usein maanpäineisiin alapään vaakatukena. Korjauksen yhteydessä tulee purkaa myös kaikki betonilaatan päältä alkavat väliseinät.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

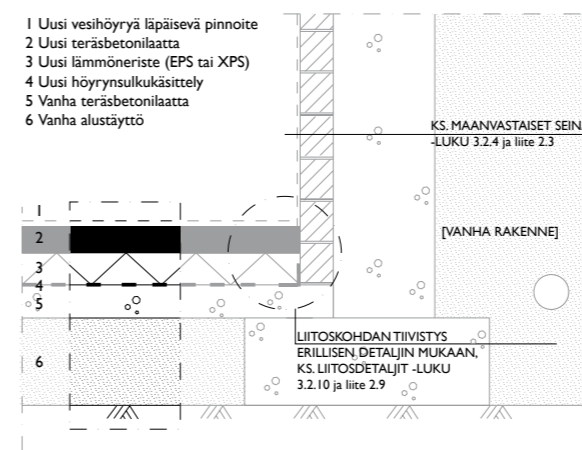
- rakennuksen ulkopuolisen kosteuden tulee olla hallinnassa; salaojitus, kattosadevedet sekä sulamis- ja valumisvedet
- rakennusjäte ja muu epäpuhtaus on poistettava alustäytöstä
- liittyvien pystyrakenteiden pinnat tulee puhdistaa huolellisesti
- uuden betonilaatan tuoman lisäkosteuden hallittu kuivuminen rakenteesta on otettava huomioon ennen päällystystöitä

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- seinän ja betonilaatan liitoksen tiivistäminen
- ulkopuolelta tulevan kosteusrasituksen alentaminen
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

*jatkuu*

## B 1) Rakenteen purkamisen betoni-laattaan saakka ja lämmöneristämisen yläpuolelta kosteutta paremmin kestävillä lämmöneristeillä



#### Toimenpiteet:

Vanha puukoolattu lattiarakenne, lämmöneristeet ja bitumisively puretaan maanvastaisen betonilaatan yläpintaan saakka. Vanhan kuivatun betonilaatan pintaan tehdään höyrynsulkukäsittely (esimerkiksi epoksilla) ja laatan päälle asennetaan solumuovilämmöneriste sekä valetaan uusi pintabetonilaatta. Rakenteen ilmatiiviyys varmistetaan alemman laatan ja pystyrakenteiden liittymiin ja läpivientien ja muiden rakenneliitosten yhteyteen tehtävin tiivistyskorjauksin.

Maanvastaisen betonilaatan höyrynsulkukäsittelyn jälkeen kosteus laatussa siirtyy vaakasuunnassa ja nousee mahdollisesti ylös laattaa ympäröiviin seinärakenteisiin. Tällöin seinärakenteiden pintamateriaalien valinnassa tulee ottaa huomioon seinän (alaosien) vesihöyrynläpäisevyys.

Päälle tehtävässä uudessa betonilaatassa esiintyy aina jonkin verran kuivumiskutistumaa, joten tiivistyskorjaukset on suositeltavaa tehdä alempaan, alkuperäiseen betonirakenteeseen.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- vanhat väliseinät on rakennettu yleensä betonilaatan päältä, jolloin seinien alaosassa voi esiintyä betonilaatasta siirtynyttä kosteutta; kosteuden nousu väliseinärakenteisiin tulee estää rakenteellisin korjauksin esim. injektoimalla ja mahdolliset jo syntyneet kosteusvauriot korjata.
- liittyvien pystyrakenteiden pinnat tulee puhdistaa huolellisesti
- uuden betonilaatan tuoman lisäkosteuden hallittu kuivuminen rakenteesta on otettava huomioon ennen päällystystöitä

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- seinän ja alkuperäisen betonilaatan liitoksen tiivistäminen

*jatkuu*

## C Rakenteen ilmatiivyyden parantaminen

Puurakenteen tiivistäminen on haastavaa puun kosteudesta aiheutuvien liikkeiden vuoksi. Toimivan tiivistyskorjauksen tekeminen edellyttää puukoolauksen ainakin osittaista purkamista, jotta tiivistykset on mahdollista toteuttaa ilmeisimpiin betonilaatan epätiiviyyskohtiin, kuten alla olevan betonilaatan liitoksiin ja läpivienteihin. Betonilaatan mahdolliseen halkeiluun liittyvä tiivistystarve voi jäädä havaitsematta osittaisen purkamisen yhteydessä. Puukoolattuun lattiaan ei suositella tiivistyskorjauksen tekemistä.

## A Rakenteen uusitaan kokonaan

### Riskit:

- rakenteeseen liittyy tavanomaiset uudisrakentamisen riskit, esimerkiksi betonilattian pinnoittaminen liian kosteana

### Energiatohokkuus:

- alapohjan lämmöneristys parantaa rakenteen energiatehokkuutta varsin vähän
- lämmöneristys on kuitenkin oleellinen, jotta maaperä pysyy viileämpänä ja se toimii samalla alapohjalaatan diffuusiovastuksena

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## B 1) Rakenteen purkaminen betoni-laattaan saakka ja lämmöneristäminen yläpuolelta kosteutta paremmin kestäväillä lämmöneristeillä

- ulkopuolelta tulevan kosteusrasituksen alentaminen mahdollisuuksien mukaan
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen

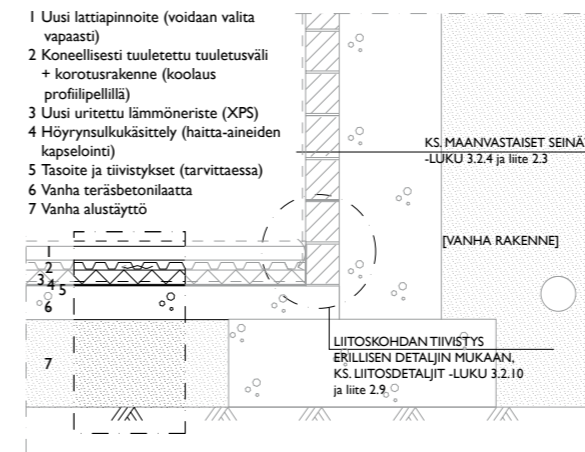
### Energiatohokkuus:

- alapohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät siinä määrin vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

## B 2) Tuulettuva lattiarakenne



### Toimenpiteet:

Vanha puukoolattu lattiarakenne, lämmöneristeet ja bitumisively puretaan maanvastaisen betonilaatan yläpintaan saakka. Vanhan kuivatun betonilaatan pintaan tehdään höyrynsulkukäsittely (esimerkiksi epoksilla) ja päälle rakennetaan tuulettuva lattiarakenne. Rakenteen korkojen salliessa asennetaan laatan päälle solumuovilämmöneriste ennen tuulettuvaa rakennetta. Tuuletusväli toteutetaan kosteutta kestäväällä koolausrakenteella, esimerkiksi ura- tai nystyrälevyllä tai profiilipellillä. Jalkalistoina käytetään tuulettumisen mahdollistavia, ilmastoivia lattialistoja. Lattian pintamateriaali voidaan valita vapaasti tilan käyttötarkoituksen mukaan.

Tuuletusvälin suuruus määräytyy maanvastaisen laatan kosteuspitäisyyden sekä tuuletusvälin ilmavirran perusteella. Diffusion vaikutuksesta siirtyvää kosteutta poistamaan riittää pienempi tuuletusväli kuin kapillaarisesti siirtyvässä kosteudessa. Yleensä vanhan lattian ja ympäröivien

*jatkuu viereisellä palstalla*

lattiarakenteiden korko määrittää käytettävän tuuletusvälin korkeuden.

Tässä rakennetyypissä kivi- tai puurakenteiset väliseinät lähtevät yleensä betonilaatan päältä eikä kosteuden nousua betonilaatasta seinärakenteeseen ole yleensä estetty. Väliseinän ja lattian liitoksen toteutusta ja korjausvaihtoehtoja on käsitelty luvussa 3.2.10 Liitosdetaljit.

Betonilaatan päälle tehtävä tuuletusväli tuuletetaan koneellisesti ja poistoilma suositellaan johdettavaksi suoraan ulos. Ilmavälissä liikkuvan ilman kosteus tulee pitää mikroikasvulle suotuisan kosteuspitäisyyden alapuolella (RH ≤ 70–75 %). Tuuletusväliin johdettava ilma tulee suodattaa, jotta tuuletusväliin päätyisi mahdollisimman vähän epäpuhtauksia.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- vanhan lattiapinnoitteen poistossa tulee ottaa huomioon mahdolliset haitta-aineet, kuten asbesti ja PAH-yhdisteet
- lattian ja pystyrakenteiden (seinien ja pilareiden) liittymäkohtien sekä läpivientien tiivistyskorjaukset tulee suunnitella lisäksi erikseen
- lattiarakenne on tuulettettava koneellisesti
- ilmastoivien jalkalistojen asennus tulee tehdä huolellisesti
- lattian korko nousee, jolloin esimerkiksi ovia tulee lyhentää
- rakenteen toimivuuden tarkastamiseksi suositellaan asennettavaksi uudelleentiivistettävät luukut lattiarakenteeseen

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- seinän ja alkuperäisen betonilaatan liitoksen tiivistäminen
- ulkopuolelta tulevan kosteusrasituksen alentaminen mahdollisuuksien mukaan
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen
- lattiarakenteen tuuletuksen virtauskenttä sisältää usein katvealueita ja jalkalistojen tuuletuskanavat voivat tukkeutua pölystä
- koneellisen tuuletuksen toimimattomuus (vuodot, toimintahäiriöt)

### Energiatohokkuus:

- alapohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät siinä määrin vaikuta rakennuksen energiankulutukseen
- rakenteen tuuletuksella voi olla energiatehokkuutta heikentävä vaikutus

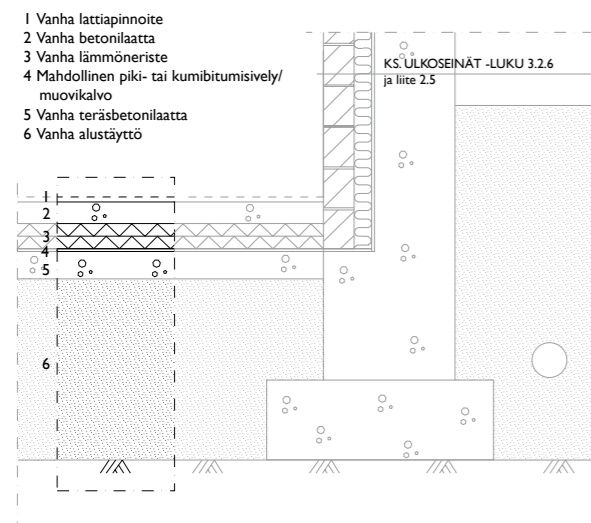
### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- koneellisesti tuulettavan ilmavälin laitteistoa ja ilman-suodattimia tulee huoltaa säännöllisesti (automaattihälytys toimintahäiriöistä suositeltava)
- rakenteiden osalta normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

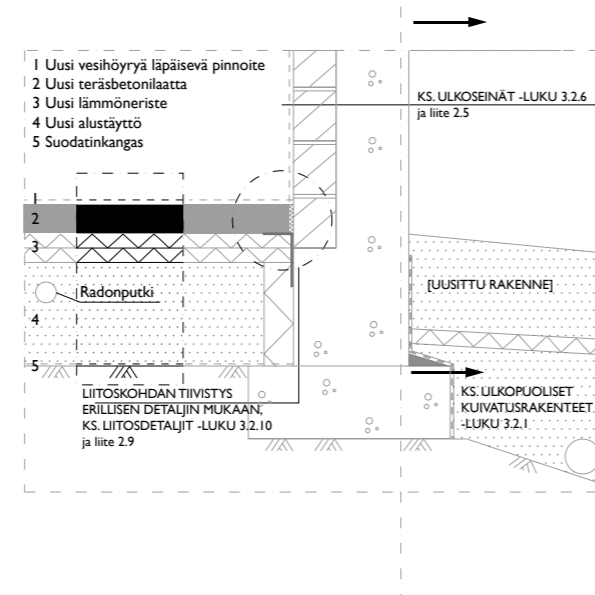


## MAANVASTAINEN BETONILAATTA, JONKA PÄÄLLÄ ON LÄMMÖNERISTE JA BETONILAATTA

### Alkuperäinen rakenne



### A Rakenne uusitaan kokonaan



Kaksoislaatoissa lämmöneristeenä voi olla EPS-eristettä tai kosteudelle arempaa lämmöneristettä, kuten sementtilastuvillalevyä tai korkkia. Vaurion syntymiseen vaikuttavat rakenteessa käytetyt materiaalit. Pelkästään korkea suhteellinen kosteus lämmöneristeen ja alemman laatan rajapinnassa ei välttämättä johda sisäilman kannalta haitallisiin vaurioihin. Mikäli lämmöneristeenä on käytetty kosteuden vaikutuksesta homehtuvaa tai lahoavaa materiaalia, voivat lämpö- ja kosteusolosuhteet alemman laatan yläpinnassa olla kriittisiä mikrobivaurioiden syntymisen kannalta.

Pohjalaatta voi olla ongelmallinen putkivuotolanteissa, sillä vuotovedet voivat laatan pinnalla levitä laajallekin alueelle.

#### Toimenpiteet:

Vanhat betonilaatat, lämmöneristeen ja alustäytöt puretaan kokonaisuudessaan ja rakenne tehdään voimassa olevien määräysten ja ohjeiden mukaiseksi. Lattiarakenteen lämmöneristetään alapuolelta. Maanvastaisen betonilattian pintamateriaaliksi suositellaan vesihöyryä läpäisevää pinnoitetta.

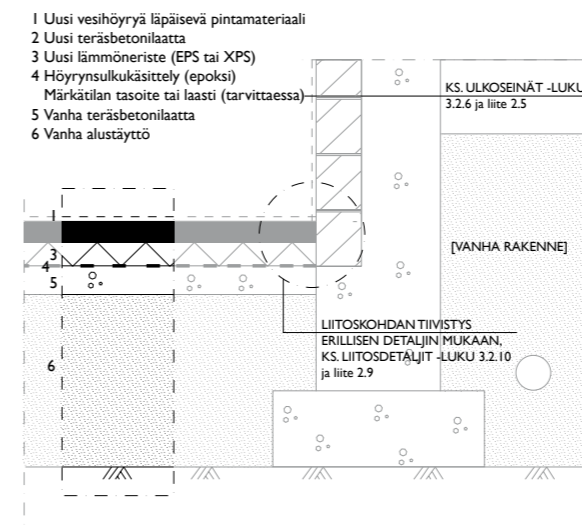
Uusimista suunniteltaessa tulee ottaa huomioon liittyvät rakenteet. Kantavia ja jäykistäviä rakenteita purettaessa on suunniteltava niiden työn aikainen tuenta. Maanvastainen betonilaatta toimii usein maanpainesienien alapään vaakatukena. Korjauksen yhteydessä joudutaan purkamaan kaikki betonilaatan päältä alkavat väliseinät.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- rakennuksen ulkopuolisen kosteuden tulee olla hallinnassa; salaojitus, kattosadevedet sekä sulamis- ja valumisvedet
- rakennusjäte ja muu orgaaninen aines on poistettava alustäytöistä
- liittyvien pystyrakenteiden pinnat tulee puhdistaa huolellisesti
- uuden betonilaatan tuoman lisäkosteuden hallittu kuivuminen rakenteesta on otettava huomioon ennen päällystystöitä

*jatkuu*

### B Pintabetonilaatan ja lämmöneristeen purkaminen ja uudelleen rakentaminen



#### Toimenpiteet:

Tätä korjaustapaa sovelletaan, kun kosteus rakenteessa on peräisin putkivuodoista, maaperästä nousseesta kosteudesta yms. silloin, kun alemman betonilaatan purkaminen ei rakenteellisista syistä (maanpaine) ole mahdollista. Korjaustapaa sovelletaan myös lämmöneristeen ollessa vaurioitunut.

Maanvastaisen lattiarakenteen päältä puretaan pois vanha pintabetonilaatta, lämmöneristeen sekä bitumisively, minkä jälkeen alemman betonilaatan yläpinta puhdistetaan ja kastuneet rakenteet kuivatetaan. Pinnoituskuivaksi todetun alemman betonilaatan pintaan tehdään höyrynsulkukäsittely ja laatan päälle asennetaan uusi solumuovilämmöneriste sekä uusi pintabetonilaatta. Rakenteen ilmatiiviys varmistetaan alemman laatan reuna-alueiden, läpivientien ja halkeamien tiivistyskorjauksin.

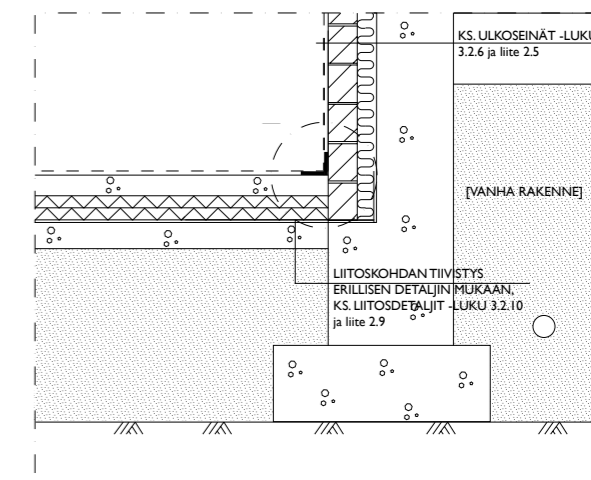
Mikäli viemärien uusimisen vuoksi myös pohjalaattaan kohdistuu merkittäviä purkutoimenpiteitä, on suositeltavaa purkaa myös pohjalaatta, jolloin laatan alapuoliset täytöt voidaan toteuttaa nykyisten määräysten ja ohjeiden mukaisesti ja lämmöneriste voidaan asentaa betonilaatan alapuolelle.

Maanvastaisen betonilaatan höyrynsulkukäsittelyn jälkeen kosteus laatussa siirtyy vaakasuunnassa ja voi nousta laattaa ympäröiviin seinärakenteisiin. Tällöin seinärakenteiden pintamateriaalin valinnassa tulee ottaa huomioon seinän (alaosien) vesihöyrynläpäisevyys.

Alkuperäisen maanvastaisen lattian ja kivrakenteisten seinien liittymäkohtiin suositellaan tehtäväksi tiivistyskorjaukset haitallisten ilmapirtausten hallitsemiseksi. Päälle

*jatkuu*

### C Lattiarakenteen ilmatiiviiden parantaminen ja pinnoitteen vaihtaminen vesihöyryä läpäiseväksi



#### Toimenpiteet:

Pintalaatan ja seinän sekä erilaisten läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalle tiivistyskorjausjärjestelmällä. Korjauksen tavoitteena on estää lattiarakenteen liitoksista ja halkeamista tapahtuvat haitalliset ilmapuodot maaperästä ja mahdollisesti mikrobivaurioituneesta eristeestä huoneilmaan. Tiivistysmateriaaleina käytetään kuhunkin kohteeseen soveltuvia menetelmiä ja käytettävien materiaalien vesihöyrynläpäisevyys tulee ottaa huomioon. Pääsääntöisesti rakenne suunnitellaan siten, että valittava lattiapinnoite on vesihöyryvoin ja lattiarakenteen läpi huone tilaan päätyvä kosteus poistetaan hallitusti tehokkaalla ilmanvaihdolla. Tiivistysratkaisu sekä käytettävä pintamateriaali valitaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti.

Mikäli lattiarakenteessa esiintyy laajoja halkeamia, tulee halkeamien aiheuttaja selvittää ja halkeaman korjausvaihtoehto valita sen mukaan (esim. injekointi).

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- vanhat väliseinät on voitu rakentaa alemman betonilaatan päältä, jolloin seinien alaosassa voi esiintyä betonilaatasta siirtynyttä kosteutta; kosteuden nousu väliseinärakenteisiin tulee estää rakenteellisiin korjauksiin ja mahdolliset jo syntyneet kosteusvauriot korjata.
- rakennuksen ulkopuolisen kosteuden tulee olla hallinnassa (salaojitus, kattosadevedet sekä sulamis- ja valumisvedet), jotta korjaustapaa voidaan käyttää

*jatkuu*

## A Rakenne uusitaan kokonaan

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- seinän ja betonilaatan liitoksen tiivistäminen
- ulkopuolelta tulevan kosteusrasituksen alentaminen
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- rakenteeseen liittyy tavanomaiset uudisrakentamisen riskit, esimerkiksi betonilattian pinnoittaminen liian kosteana

### Energiatehokkuus:

- alapohjan lämmöneristys parantaa rakenteen energiatehokkuutta varsin vähän
- lämmöneristys on kuitenkin oleellinen, jotta maaperä pysyy viileämpänä ja se toimii samalla alapohjalaatan diffuusiovastuksena

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## B Pintabetonilaatan ja lämmöneristeen purkaminen ja uudelleen rakentaminen

tehtävässä betonilaatassa esiintyy aina jonkin verran kuivumiskutistumaa, joten tiivistyskorjaukset on suositeltavaa tehdä alempaan, alkuperäiseen betonirakenteeseen.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- vanhat väliseinät on rakennettu yleensä betonilaatan päältä, jolloin seinien alaosassa voi esiintyä betonilaatasta siirtynyttä kosteutta; kosteuden nousu väliseinärakenteisiin tulee estää rakenteellisin korjauksin esim. injektoimalla ja mahdolliset jo syntyneet kosteusvauriot korjata
- liittyvien pystyrakenteiden pinnat tulee puhdistaa huolellisesti
- uuden betonilaatan tuoman lisäkosteuden hallittu kuivuminen rakenteesta on otettava huomioon ennen päällystystöitä
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- seinän ja alkuperäisen betonilaatan liitoksen tiivistäminen
- ulkopuolelta tulevan kosteusrasituksen alentaminen mahdollisuuksien mukaan
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen

### Energiatehokkuus:

- alapohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät sinällään vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

## C Lattiarakenteen ilmatiiviyden parantaminen ja pinnoitteen vaihtaminen vesihöyryä läpäiseväksi

- tiiviyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan il-mavuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäl-jelle jääneiden vuotopaikkojen ilmavuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän
- purettavissa rakenteissa otettava huomioon mahdolliset haitta-aineet

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- ulkopuolelta tulevan kosteusrasituksen alentaminen mahdollisuuksien mukaan
- seinärakenteen ilmanpitävyyden parantaminen tarvittaessa
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- vaurion eteneminen ei pysähdy, jos ulkopuolista kosteusrasitusta ei samalla pienennetä
- ilmatiiviyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen

### Energiatehokkuus:

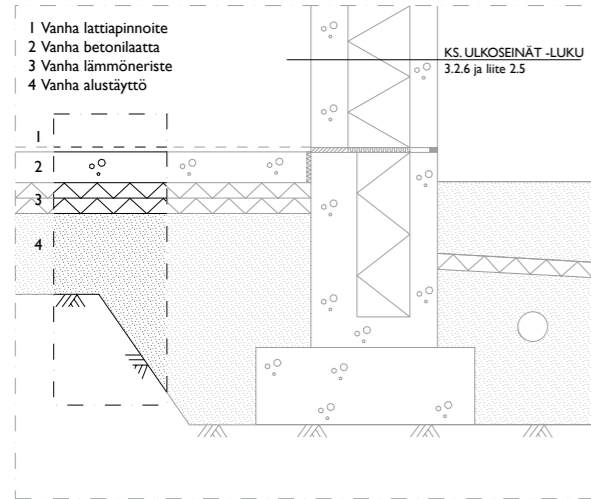
- alapohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät sinällään vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

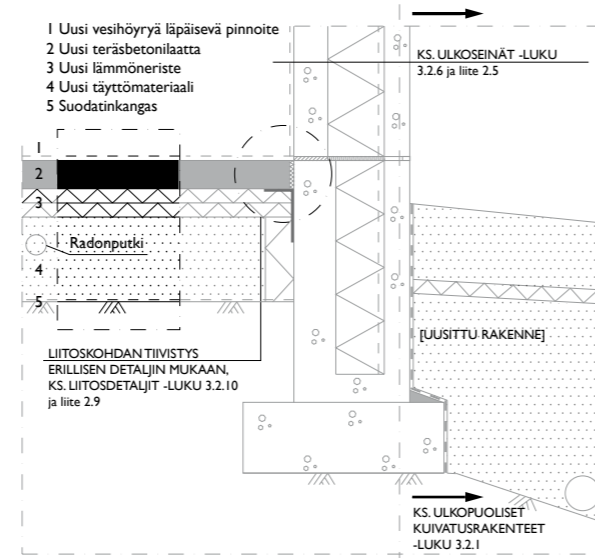
## MAANVASTAINEN BETONILAATTA, JOSSA LÄMMÖNERISTE ON BETONILAATAN ALLA

### Alkuperäinen rakenne



Tässä rakenteessa tyypillisiä vaurioita ovat haitalliset ilma- vuodot maaperästä huoneilmaan, putkistovuodoista tms. aiheutuva vesivuotovahinko ja/ tai betonin lattiapinnoitetta asennettaessa vallinnut betonin liian korkea suhteellinen kosteus, jolloin lattiapinnoitteisiin ja niiden kiinnitysliimoihin syntyy korkeasta kosteudesta johtuen vaurioita.

### A Rakenne uusitaan kokonaan



#### Toimenpiteet:

Vanha alapohjarakenne ja alustäytöt puretaan kokonaisuudessaan ja rakennetaan uudelleen. Lattian alustäytöihin asennetaan radonputkisto ja tarvittaessa salaojitus. Lattiarakenne lämmöneristetään alapuolelta. Maanvastaisen betonilattian pintamateriaaliksi suositellaan vesihöyryä läpäisevää pinnoitetta.

Koko rakenteen purkamisen ja uusiminen on tyypillinen korjaustapa tilanteissa, joissa laatan alustäytöissä on jatkuvasti paljon vettä. Kuitenkin rakennuksen käyttötarkoitus sekä liittyvien rakenteiden ja tarvittavien taloteknisten korjausten taso ja tyyppi ratkaisevat yleensä betonilaatan purkutarpeen. Sisäpuolisen salaojituksen rakentamista varten riittää usein myös laatan osittainen purkamisen, joten koko laatan purkamiselle tulee olla muitakin perusteita.

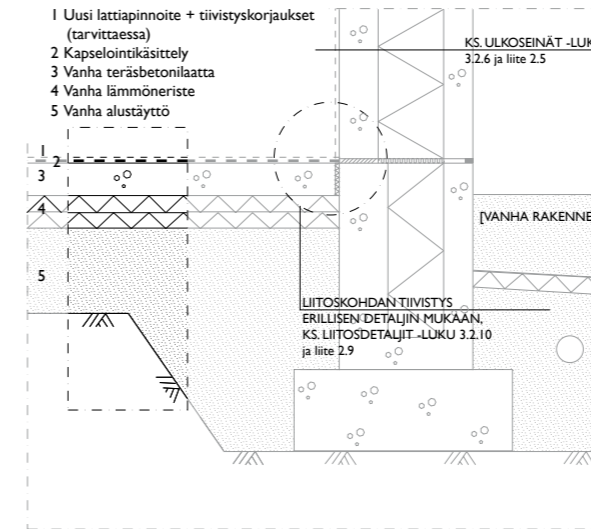
Uusimista suunniteltaessa tulee ottaa huomioon liittyvät rakenteet. Kantavia ja jäykistäviä rakenteita purettaessa on suunniteltava niiden työn aikainen tuenta. Maanvastainen betonilaatta toimii usein maanpaineeseinien alapään vaakatukena. Korjauksen yhteydessä tulee purkaa myös kaikki betonilaatan päältä alkavat väliseinät.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- mahdollinen rakennusjäte ja muu orgaaninen aines on poistettava alustäytöistä
- liittyvien pystyrakenteiden pinnat tulee puhdistaa huolellisesti

*jatkuu*

### B Pintakerrosten uusiminen, kun lattiarakenteeseen on imeytynyt haitallisia yhdisteitä



#### Toimenpiteet:

Mikäli lattiarakenteesta tulee huoneilmaan hajuja ja haitallisia emissioita (esim. alustaan imeytyneet VOC-yhdisteet), tulee haitalliset aineet ensisijaisesti poistaa ja mikäli tämä ei ole luotettavasti mahdollista, tulee ne kapseloida rakenteeseen. Korjausvaihtoehto soveltuu vain, jos rakenne ei jatkossa pääse kastumaan esim. ulkopuolisesta kosteudesta.

Pintamateriaalin ja vanhan tasoitteen poiston jälkeen betoniin imeytyneitä haitallisia kemiallisia yhdisteitä voidaan poistaa ristiinjyrsimällä betonipinta vähintään 5 mm syvyydeltä, tuulettamalla betonipintaa vähintään kuukauden ajan tai kapseloimalla betonipinta epoksipohjaisilla yhdisteillä. Myös kaikkien näiden mainittujen tapojen yhdistelmiä voidaan käyttää. Lisäksi rakenteeseen voidaan asentaa pintarakenteiden alle pintaemissioita sitova suodatinkangas.

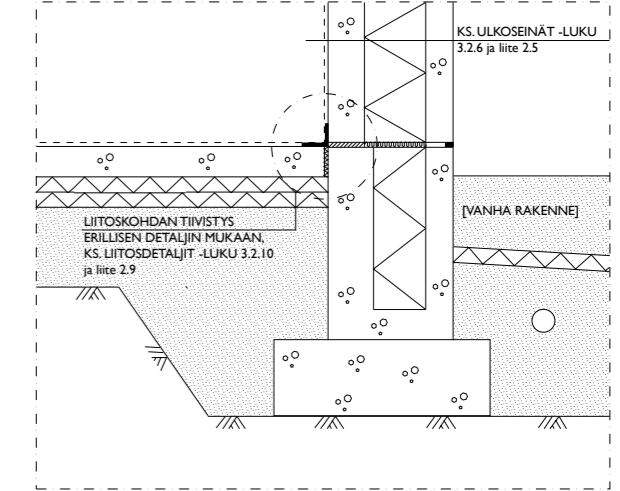
Maanvastaisen lattia epoksikäsitelyn jälkeen kosteus siirtyy laatasta vaakasuunnassa ja voi nousta ylös laattaa ympäröiviin seinärakenteisiin. Tällöin seinärakenteiden pinnassa tulee ottaa huomioon seinän (alaosien) vesihöyrynläpäisevyys.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- vanhan lattiapinnoitteen poistossa tulee ottaa huomioon vanhoissa lattiapinnoitteissa mahdollisesti olevat haitta-aineet, kuten asbesti ja PAH-yhdisteet
- pintaemissioita sitova suodatinkangas ei saa olla kosketuksissa kosteisiin pintoihin

*jatkuu*

### C Betonilattian liitosten ilmatiiviyden parantaminen ja pinnoitteen vaihtaminen vesihöyryä läpäiseväksi, kun rakenteeseen ei ole imeytynyt haitallisia yhdisteitä



#### Toimenpiteet:

Betonilaatan ja seinän sekä erilaisten läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Korjauksen tavoitteena on estää lattiarakenteen liitoksista ja halkeamista tapahtuvat haitalliset ilma- vuodot maaperästä ja mahdollisesti mikrobivaurioituneesta eristeestä huoneilmaan. Tiivistysmateriaaleina käytetään kuhunkin kohteeseen soveltuvia menetelmiä ja käytettävien materiaalien vesihöyrynläpäisevyys tulee ottaa huomioon. Pääsääntöisesti rakenne suunnitellaan siten, että valittava lattiapinnoite on kosteutta kestävä ja vesihöyryvoin ja lattiarakenteen läpi huonetilaan päätyvä kosteus poistetaan hallitusti tehokkaalla ilmanvaihdolla. Tiivistysratkaisu sekä käytettävä pintamateriaali valitaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti.

Mikäli lattiarakenteesta esiintyy leveitä halkeamia, tulee halkeamien aiheuttaja selvittää ja halkeaman korjausvaihtoehto valita sen mukaan (esim. injektointi).

Tämä korjaustapa soveltuu tilanteissa, jossa estetään lattiarakenteen liitoksista, läpivientikohdista ja halkeamista tapahtuvat haitalliset ilma- vuodot maaperästä huoneilmaan. Tilanteissa, jossa lattiapinnoitteissa on kosteusvaurioita ja jossa pinnoitteesta vapautuu haitallisia yhdisteitä, tämä korjaustapa ei sovellu.

*jatkuu*

## A Rakenne uusitaan kokonaan

- uuden betonilaatan tuoman lisäkosteuden hallittu kuivuminen rakenteesta on otettava huomioon ennen päällystystöitä

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- alapohjaan tulevan kosteusrasituksen poistaminen tai oleellinen vähentäminen
- ulkopuolelta tulevan kosteusrasituksen alentaminen mahdollisuuksien mukaan
- seinärakenteen ilmanpitävyyden parantaminen tarvittaessa
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- rakenteeseen liittyy tavanomaiset uudisrakentamisen riskit, esimerkiksi betonilattian pinnoittaminen liian kosteana

### Energiatehokkuus:

- alapohjan lämmöneristys parantaa rakenteen energiatehokkuutta varsin vähän
- lämmöneristys on kuitenkin oleellinen, jotta maaperä pysyy viileämpänä ja se toimii samalla alapohjalaatan diffuusiovastuksena.

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## B Pintakerrosten uusiminen, kun lattiarakenteeseen on imeytynyt haitallisia yhdisteitä

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian ja seinän liittymäkohtien tiivistyskorjaukset tulee suunnitella erikseen
- alapohjaan tulevan kosteusrasituksen poistaminen tai oleellinen vähentäminen
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- ilmatiiviyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunut materiaali jää rakenteeseen

### Energiatehokkuus:

- alapohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät sinällään vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

## C Betonilattian liitosten ilmatiiviyden parantaminen ja pinnoitteen vaihtaminen vesihöyryä läpäiseväksi, kun rakenteeseen ei ole imeytynyt haitallisia yhdisteitä

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- rakennuksen ulkopuolisen kosteuden tulee olla hallinnassa (salaojitus, kattosadevedet sekä sulamis- ja valumisvedet), jotta korjaustapaa voidaan käyttää
- tiiviyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilmapuoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmapuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän
- vanhan lattiapinnoitteen poistossa tulee ottaa huomioon vanhoissa lattiapinnoitteissa mahdollisesti olevat haitta-aineet, kuten asbesti ja PAH-yhdisteet

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- ulkopuolelta tulevan kosteusrasituksen alentaminen mahdollisuuksien mukaan
- seinärakenteen ilmanpitävyyden parantaminen tarvittaessa
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- vaurion eteneminen ei pysähdy, jos ulkopuolista kosteusrasitusta ei samalla pienennetä
- ilmatiiviyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen

### Energiatehokkuus:

- alapohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät sinällään vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

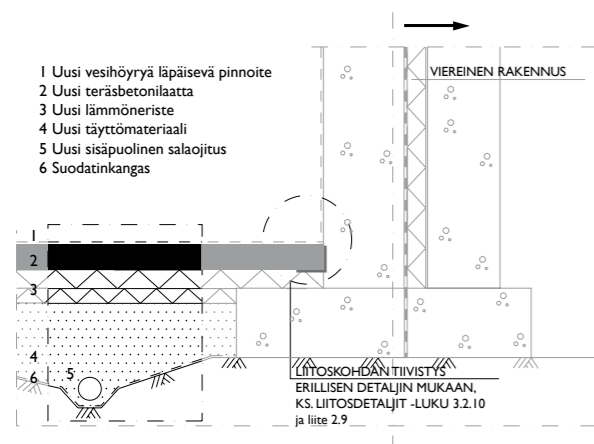
- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

## MAANVASTAISIIIN ALAPOHJIIN LIITTYVÄT ERITYISTAPAUKSET

Erityistapauksina tässä käsitellään:

- sisäpuolisten salaojien rakentaminen
- radonkorjaukset
- vedenpaine-eristetyt alapohjat

### Sisäpuolinen salaojitus



#### Toimenpiteet:

Alapohjarakenne puretaan alustäyttöineen. Tarvittaessa perusmaata kaivetaan syvennälle, jotta saadaan tarvittavat maapohjan kallistuksen sisäpuolisiin salaojiin tehtyä. Kaivuvyvyyden määrittelyssä tulee ottaa huomioon anturoiden sijainti sekä mahdollinen maanpaine esim. kellariseinille.

Uusi salaojaputkisto asennetaan alapohjan alle. Vesien poisjohtamiseksi voi olla tarpeen tehdä rakennuksen sisäpuolelle hälytyksellä varustettu pumppaamo, mikäli salaojavesiä ei ole mahdollista johtaa muuten rakennuksen ulkopuolelle.

Korjausta voidaan soveltaa sekä maanvastaisen että ryömintätilaisen alapohjan yhteydessä. Korjauksen yhteydessä maanvastaiseen alapohjaan suositellaan rakentamaan radonputkisto.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- rakennusjäte ja muu epäpuhtaus on poistettava alustäytöistä
- maanpinta kallistetaan uusiin salaojiin
- kaivutasot valitaan siten, että rakennuksen kantavuus ja stabiliteetti eivät vaarannu
- salaojavedet johdetaan hallitusti pois rakennuksen alta

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- alapohjarakenteen uusiminen
- radonputkiston rakentaminen
- mahdollisesti kapillaarikatkojen tekeminen anturoiden päältä nouseviin pystyrakenteisiin

#### Riskit:

- salaojaputkistoa ei ole mahdollista rakentaa anturatasen alapuolelle, jolloin kapillaarinen vedennousu seiniin voi jatkua edelleen
- rakenteeseen liittyy tavanomaiset uudisrakentamisen riskit

#### Energiätehoisuus:

- ei vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen

#### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

### Radonkorjaukset

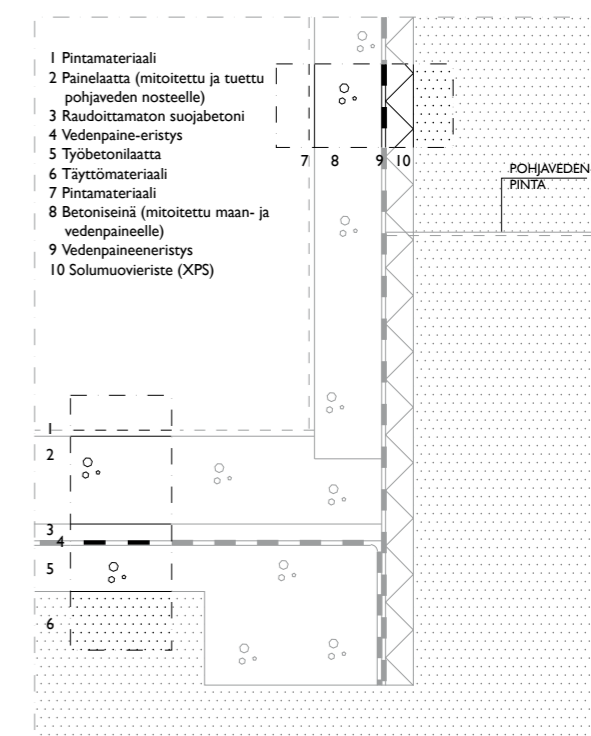
Maanvastaisiin alapohjiin liittyviä erityistapauksia ovat radonkorjaukset. Parannettaessa maata vasten olevien rakenteiden ilmanpitävyyttä kosteus- ja mikrobivauriokorjauksen yhteydessä tulee samalla tarkastella radonkorjauksen tarve. Radonkorjauksiin kuuluu rakenteiden tiivistämistä, ilmanvaihdon tehostamista sekä erikoisrakenteita kuten radonimuri ja radonkaivo. Tehokkaimpia menetelmiä ovat radonimuri ja radonkaivo. Sekä ilmanvaihtoteknisiä toimia että tiivistämistöitä voidaan käyttää tehostamaan radonimurin ja -kaivon vaikutusta. (Pitkäranta (toim.), 2016; Arvela, et al., 2012)

Rakennuksen alla ja ympärillä oleva maaperä on yleisin syy sisäilman kohoamiseen radonpitoisuuteen. Arvioitaessa radonkorjauksen tarvetta tulee ensin selvittää rakennuksen käytönaikainen sisäilman radonpitoisuus. Lisäksi ennen radonkorjauksiin ryhtymistä tulee selvittää radonputkiston olemassaolo ja toiminta, ilmanvaihdon riittävyys sekä ilmanvaihdon alipaineisuus tarkasteltavissa tiloissa. Lähtötiedoiksi tarvitaan myös tiedot rakennuspaikan maaperästä ja sen ilmanläpäisevyydestä.

Radonin vuotopaikkoja alapohjarakenteissa ovat alapohjalaatan ja sokkelin/väliseinien ja pilareiden liitokset sekä alapohjan läpi johtavien putkien ja johtojen läpivientikohdat.

Radonkorjauksiin lisäaineistoa on esitetty Säteilyturvakeskuksen (STUK) verkkosivuilla.

### Vedenpaine-eristetyt alapohjarakenteet



Vedenpaineeneristys on toteutettu yleensä bitumisilla kermieristyksillä, massaeristeillä, bentoniittieristeillä tai vesitiiviillä betonirakenteilla käyttäen. Vedenpaineeneristetyissä rakenteissa tulee välttää läpivientejä ja liikuntasauvoja.

Vedenpaineeneristettyjen alapohjarakenteiden korjaaminen jälkikäteen on erittäin haastavaa. Vedenpaineeneristykseen vuotamisesta aiheutuvat vauriot rakenteissa voivat olla samankaltaisia kuin salaojituksen puutteista aiheutuissa tilanteissa. Rakennetta rasittava vedenpaine on korjausta hankaloittava tekijä ja rakenteeseen kohdistuvan vedenpaineen saaminen pois rakenteelta korjaustyön ajaksi on haastavaa.

## Liite 2.2

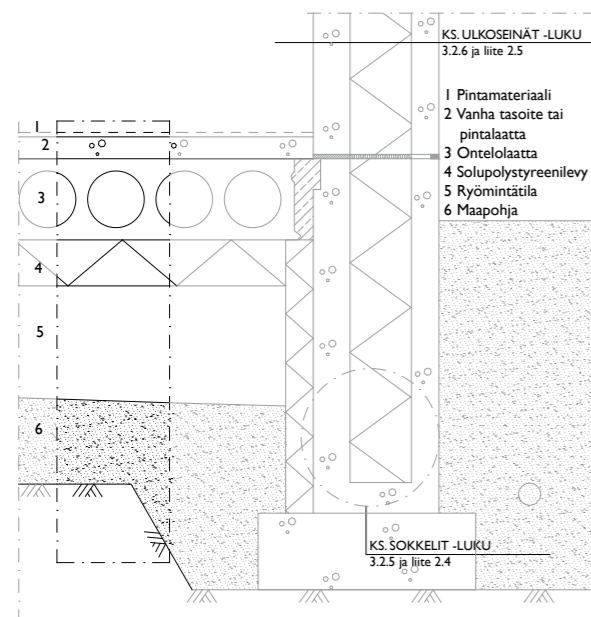
### Ryömintätilaisten alapohjien korjausmenetelmät

Tässä liitteessä käsitellään seuraavat alapohjat:

- Betonirakenteiset ryömintätilaiset alapohjat
  - lämmöneriste kantavan rakenteen alapuolella
  - lämmöneriste kantavan rakenteen yläpuolella
- Puurakenteiset ryömintätilaiset alapohjat
  - alapohja, jossa lämmöneristeenä orgaanista materiaalia (ns. perinteiset tuulettuvat alapohjat)
  - alapohja, jossa lämmöneristeenä epäorgaaninen lämmöneriste tms. moderneja lämmöneristysmateriaaleja (ns. modernit tuulettuvat alapohjat).

#### BETONIRAKENTEISET RYÖMINTÄTILAISET ALAPOHJAT, LÄMMÖNERISTE KANTAVAN RAKENTEEN ALAPUOLELLA

##### Alkuperäinen rakenne

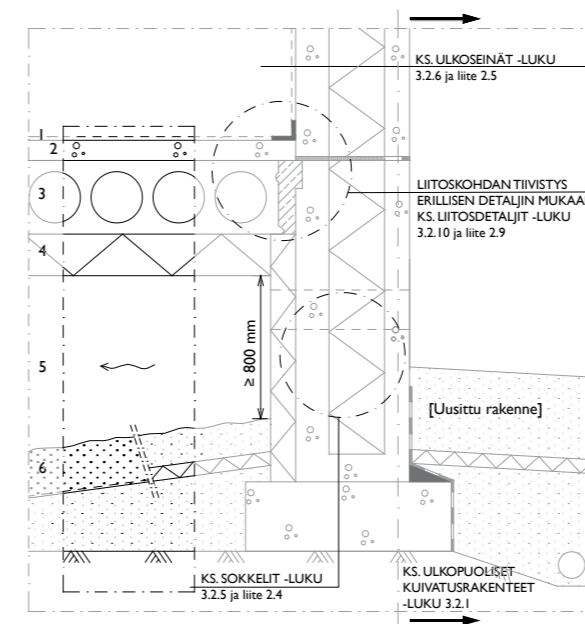


Betonirakenteisessa ryömintätilaisessa alapohjassa betonirakenne itsessään on yleensä ilmatiivis, koska kantava laatta on valettu yhteen perusmuurin kanssa. Ilmavuotokohtia rakenteessa voi esiintyä esimerkiksi ryömintätilan tarkastusluukkujen, talotekniikkaläpivientien sekä ontelolaattojen saumavalujen kohdissa.

##### A Rakenne uusitaan kokonaan

Teräsbetonisen ryömintätilaisen kantavan alapohjan uusiminen kokonaan on käytännössä teknisesti mahdotonta.

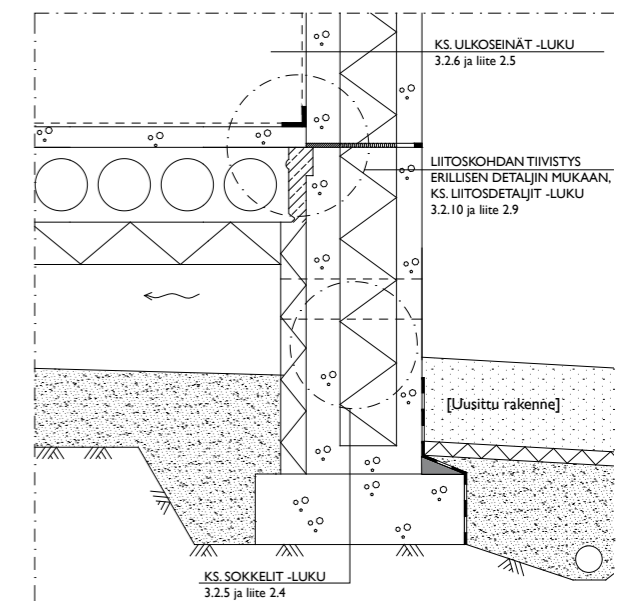
##### B Maapohjan lämmöneristävyuden parantaminen



- 1 Uusi pintamateriaali ja tiivistyskorjaus / vanha pintamateriaali
- 2 Vanha tasoite tai pintalaatta
- 3 Ontelolaatta
- 4 Solupolystyreenilevy
- 5 Korotettu ryömintätila
- 6 Uusi täyttömateriaali (kapillaarikatkosora + routasuojaus tai kevytsora + suodatinkangas)

jatkuu

##### C Lattiarakenteen ilmatiiviyden parantaminen



##### Toimenpiteet:

Betonilaatan ja seinän sekä erilaisten läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Ilmatiiviyden parantamista käytetään tilanteissa, joissa alapohjarakenteessa esiintyy haitallista ilmavuotoa ryömintätilasta sisäilmaan. Epätiiviykskohtien tiivistämisessä materiaaleina käytetään kuhunkin kohteeseen soveltuvia menetelmiä ja käytettävien materiaalien

jatkuu

## B Maapohjan lämmöneristävyyden parantaminen

### Toimenpiteet:

Maapohjasta poistetaan kosteuden vaikutuksesta homehtuva tai lahoava orgaaninen aines, rakennusjäte sekä kapillaarinen maa-aines noin 200 mm paksuudelta. Pohjalle asennetaan esim. kevytsorakerros, joka toimii sekä kapillaarikatkona että lämmöneristeenä tai sepelikerros ja sen päälle lämmöneristeeksi solumuovilevyt (EPS). Solumuovilevyjen päälle asennetaan 100 mm kerros kapillaarikatkosoraa. Rakenteen läpiviennit tiivistetään ryömintätilan puolelta sekä tarkastetaan ja tarvittaessa korjataan lämmöneristys.

Korjauksen päätarkoitus on vähentää oleellisesti maaperästä nousevan kosteuden pääsyä ryömintätilaan ja siten parantaa ryömintätilan olosuhteita. Tarvittaessa alapohjaan asennetaan salaojaputkisto, ks. liite 2.1.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- mahdollinen rakennusjäte ja muu orgaaninen aines on poistettava ryömintätilasta
- liittyvien pystyrakenteiden pinnat tulee puhdistaa huolellisesti
- maaperän lämmöneristys toteutetaan yhtenäisenä
- ryömintätilaan tehdään kulkuyhteys

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian ja seinän liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisuuksien mukaan ulkopuolisen maanpinnan madaltaminen ja kallistus rakennuksesta pois päin
- ryömintätilan ilmanvaihdon parantaminen/toimivuuden varmistaminen
- sokkelihalkaisun vedenpoiston toimivuuden varmistaminen

### Riskit:

- ilmatiiviyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan

### Energiatohokkuus:

- maaperän lämmöneristys viilentää talvella ryömintätilaa, mutta sillä ei ole käytännössä merkitystä rakennuksen energiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin
- ryömintätilan kuntoa tarkkaillaan säännöllisesti

## C Lattiarakenteen ilmatiiviyden parantaminen

vesihöyrynläpäisevyys tulee ottaa huomioon. Tiivistysratkaisu sekä käytettävä pintamateriaali valitaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti.

Rakenteen ilmatiiviyden parantaminen tehdään yleensä lämpimän sisätilan puolelta. Ilmatiiviyttä voidaan parantaa myös ryömintätilan puolella esimerkiksi ruiskuttamalla alapohjan alapinta sekä pystyrakenteet ja näiden liittymät polyuretaanivaahdolla. Materiaalivalinnassa on otettava huomioon palomääräykset. Ratkaisu sopii esimerkiksi silloin, kun betoni on heikkolaatuista tai kun ryömintätila rajoittuu ilmanpitävyydeltään heikoksi todettuun, puhtaaksi muurattuun tiiliseinään. Polyuretaanivaahdotus parantaa myös rakenteen lämmöneristävyyttä ja vesihöyrynvastusta.

Mikäli lattiarakenteessa esiintyy laajoja halkeamia, tulee halkeamien aiheuttaja selvittää ja halkeaman korjausvaihtoehto valita sen mukaan (esim. injektointi).

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- lattiarakenteen tiiviyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilmapuoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmapuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtausia jopa lähtötilannetta enemmän

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisuuksien mukaan ulkopuolisen maanpinnan madaltaminen ja kallistus rakennuksesta pois päin
- ryömintätilan ilmanvaihdon parantaminen/toimivuuden varmistaminen
- sokkelihalkaisun vedenpoiston toimivuuden varmistaminen
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun tilaan

### Riskit:

- ilmatiiviyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan

### Energiatohokkuus:

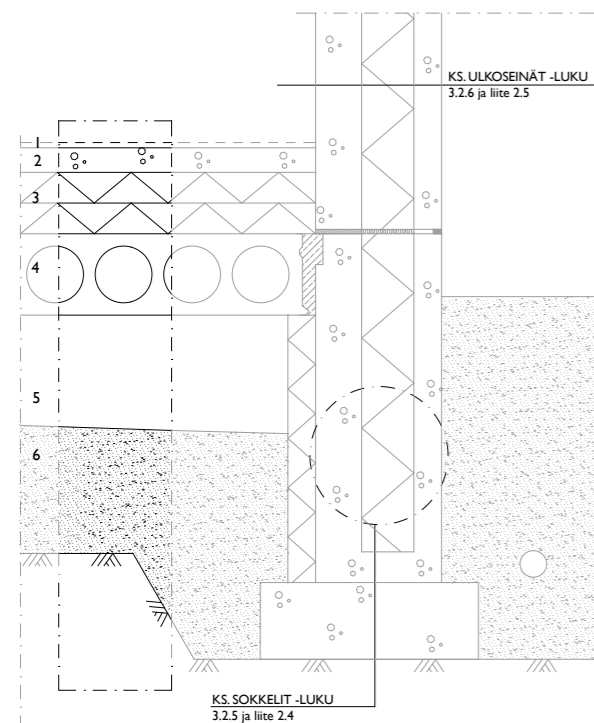
- alapohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät juurikaan vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin
- ryömintätilan kuntoa tarkkaillaan säännöllisesti

## BETONIRAKENTEISET RYÖMINTÄTILAISET ALAPOHJAT, LÄMMÖNERISTE KANTAVAN RAKENTEEN YLÄPUOLELLA

### Alkuperäinen rakenne



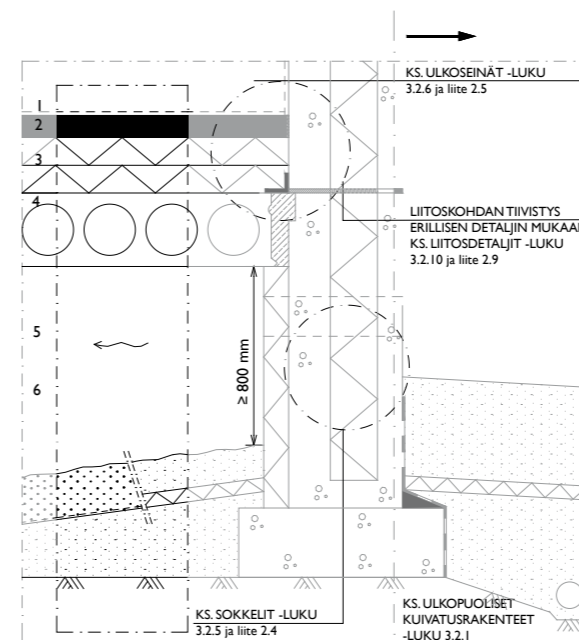
- 1 Pintamateriaali
- 2 Vanha pintalaatta
- 3 Vanhat lämmöneristeet
- 4 Vanha kantava ontelolaattarakenne tai paikalla valettu teräsbetonilaatta
- 5 Ryömintätila
- 6 Maapohja

Betonirakenteisessa ryömintätilaisessa alapohjassa betonirakenne itsessään on yleensä ilmatiivis, koska kantava laatta on valettu yhteen perusmuurin kanssa. Ilmavuotokohtia rakenteessa voi esiintyä esimerkiksi ryömintätilan tarkastusluukkujen, läpivientien sekä ontelolaattojen saumavälissä.

### A Rakenne uusitaan kokonaan

Teräsbetonisen ryömintätilaisen kantavan alapohjan uusiminen kokonaan on käytännössä teknisesti mahdollista.

### B Lattian pintakerroksen uusiminen (pintalaatan ja eristeen purkaminen)



- 1 Uusi pintamateriaali
- 2 Uusi pintalaatta / vanha pintalaatta ja tiivistyskorjaus
- 3 Uusi lämmöneriste
- 4 Vanha kantava ontelolaattarakenne tai paikalla valettu teräsbetonilaatta
- 5 Korjattu ryömintätila
- 6 Uusi täyttömateriaali (kapillaarikatkosora + routasuojaus tai kevytsora + suodatinkangas)

#### Toimenpiteet:

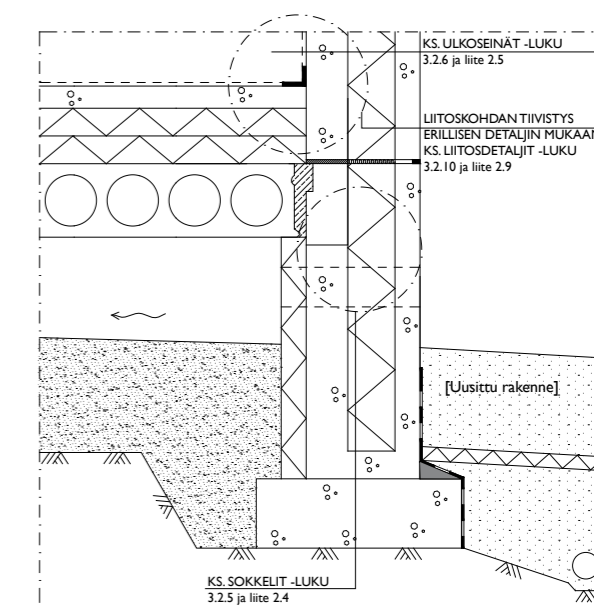
Kantavan betonilaatan päältä puretaan pois vanha pintalaatta ja lämmöneristeet. Kantavan rakenteen kuivatuksen ja pinnan puhdistuksen jälkeen kantavan betonilaatan pinta oikaistaan tarvittaessa. Uusi lämmöneriste asennetaan kuivaan ja puhtaaseen pintaan, minkä jälkeen valetaan uusi pintabetonilaatta. Rakenteen ilmatiiviyys varmistetaan kantavan laatan reuna-alueille, ontelolaatan saumakohtiin ja läpivientien yhteyteen tehtävin tiivistyskorjauksin.

Lattian pintalaatta ja eristeet uusitaan tyypillisesti tilanteissa, joissa rakenteen sisään on päässyt suuri kosteusmäärä esim. putkivuodon seurauksena.

Kantavan laatan yläpuolisten vaurioituneiden materiaalien poistamisen lisäksi korjauksessa voidaan tarpeen mukaan vähentää maaperästä nousevan kosteuden pääsyä ryömintätilaan maapohjan lämmöneristämällä olosuhteiden parantamiseksi.

*jatkuu*

### C Lattiarakenteen ilmatiivyyden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Pintabetonilaatan ja seinän sekä erilaisten läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Lattiarakenteen ilmatiivyyden parantamisen tavoitteena on estää lattiarakenteen liitoksista ja halkeamista tapahtuvat haitalliset ilmavuodot ryömintätilasta ja mahdollisesti mikrobivaurioituneesta eristekerroksesta sisäilmaan. Epätiivyskohtien tiivistämisessä materiaaleina käytetään kuhunkin kohteeseen soveltuvia menetelmiä ja käytettävien materiaalien vesihöyrynläpäisevyys tulee ottaa huomioon. Tiivistysratkaisu sekä käytettävä pintamateriaali valitaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti.

Pintabetonilaatan päälle on mahdollista käyttää myös tiiviitä materiaaleja. Mikäli eristetilassa on runsaasti kosteutta, tulee rakenne suunnitella siten, että valittava lattiapinnoite on kosteutta kestävä ja vesihöyryvoin ja lattiarakenteen läpi huonetilaan päätyvä kosteus poistetaan hallitusti tehokkaalla ilmanvaihdolla. Tiivistysratkaisu sekä käytettävä pintamateriaali valitaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti. Mikäli pintalaatassa esiintyy leveitä halkeamia, tulee halkeamien aiheuttaja selvittää ja halkeaman korjausvaihtoehto valita sen mukaan (esim. injektointi).

*jatkuu*



## B Lattian pintakerrosten uusiminen (pintalaatan ja eristeen purkaminen)

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- kantavat väliseinät on tyypillisesti rakennettu kantavan laatan päältä, jolloin seinien alaosassa voi esiintyä betonilaatasta tai lämmöneristetilasta siirtynyttä kosteutta. Kosteuden nousu väliseinärakenteisiin tulee estää rakenteellisin korjauksin ja mahdolliset jo syntyneet kosteusvauriot korjata
- liittyvien pystyrakenteiden pinnat tulee puhdistaa huolellisesti
- uuden betonilaatan tuoman lisäkosteuden hallittu kuivuminen rakenteesta on otettava huomioon ennen päällystystöitä

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian ja seinän liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisuuksien mukaan ulkopuolisen maanpinnan madaltaminen ja kallistus rakennuksesta pois päin
- ryömintätilan ilmanvaihdon parantaminen/toimivuuden varmistaminen
- sokkelihalkaisun vedenpoiston toimivuuden varmistaminen
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- ilmatiiviyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- rakenteeseen liittyy tavanomaiset uudisrakentamisen riskit, esimerkiksi betonilattian pinnoittaminen liian kosteana

### Energiätehokkuus:

- alapohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät juurikaan vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin
- ryömintätilan kuntoa tarkkaillaan säännöllisesti

## C Lattiarakenteen ilmatiiviyden parantaminen

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- vanhat väliseinät on voitu rakentaa kantavan betonilaatan päältä, jolloin seinien alaosassa voi esiintyä betonilaatasta siirtynyttä kosteutta; kosteuden nousu väliseinärakenteisiin tulee estää rakenteellisin korjauksin ja mahdolliset jo syntyneet kosteusvauriot korjata
- tiiviyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilmapuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmapuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän
- purettavissa rakenteissa otettava huomioon mahdolliset haitta-aineet

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisuuksien mukaan ulkopuolisen maanpinnan madaltaminen ja kallistus rakennuksesta pois päin
- ryömintätilan ilmanvaihdon parantaminen/toimivuuden varmistaminen
- sokkelihalkaisun vedenpoiston toimivuuden varmistaminen
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun tilaan

### Riskit:

- vaurion eteneminen ei pysähdy, jos ulkopuolista kosteusrasitusta ei samalla pienennetä
- ilmatiiviyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen

### Energiätehokkuus:

- alapohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät sinällään vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

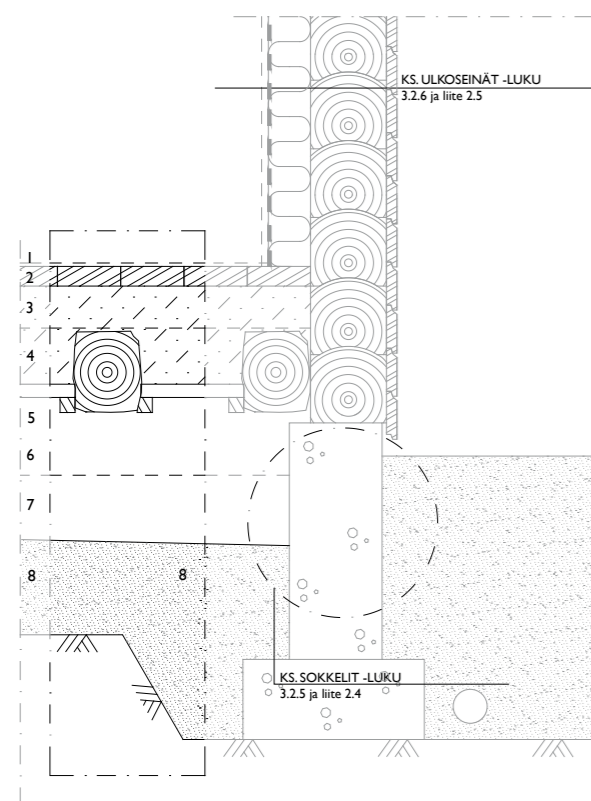
- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin
- ryömintätilan kuntoa tarkkaillaan säännöllisesti

## PUURAKENTEISET RYÖMINTÄTILAISET ALAPOHJAT

Puurakenteisten alapohjien alapinnoissa esiintyy tyypillisesti suuria mikrobipitoisuuksia ja näiden vaikutus sisäilmaan on tarkasteltava joka kerta erikseen kuntotutkijan ja korjaussuunnittelijan toimesta.

### ALAPOHJA, JOSSA LÄMMÖNERISTEENÄ ORGAANISTA MATERIAALIA (NS. PERINTEISET TUULETTUVAT ALAPOHJAT)

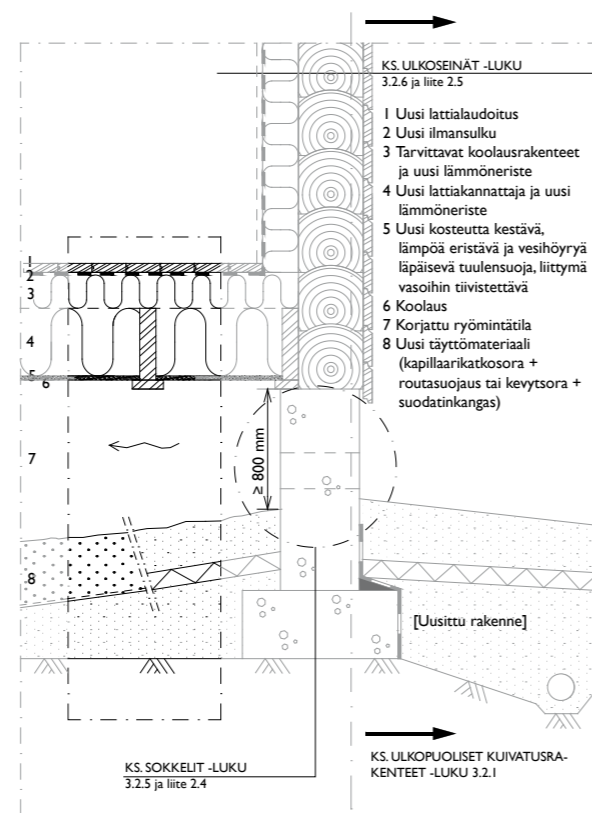
#### Alkuperäinen rakenne



- 1 Vanha pintamateriaali
- 2 Vanhat lattialankut ja vanha tervapaperi
- 3 Vanha koolaus + vanha lämmöneriste, mahdollisesti vanha tervapaperi
- 4 Vanha lattiakannattaja + vanha lämmöneriste (esim. olki, hiekka, turve, sammal, kutterinlastu)
- 5 Lämmöneristettä kannattava aluslaudoitus
- 6 Mahdollinen vanha poikkipalkki
- 7 Ryömintätila
- 8 Maapohja

Puurakenteisten, ns. perinteisten ryömintätilaisten alapohjien ilmatiiviyys on lähtökohtaisesti heikko. Ensijaisena vaihtoehtona on rakenteen purkamisen ja uudelleen rakentamisen, jos alapohjarakenteessa on todettu laaja-alainen kosteus- ja mikrobivaurio sekä kantavissa rakenteissa lahovaurioita.

#### A Rakenteen uusiminen



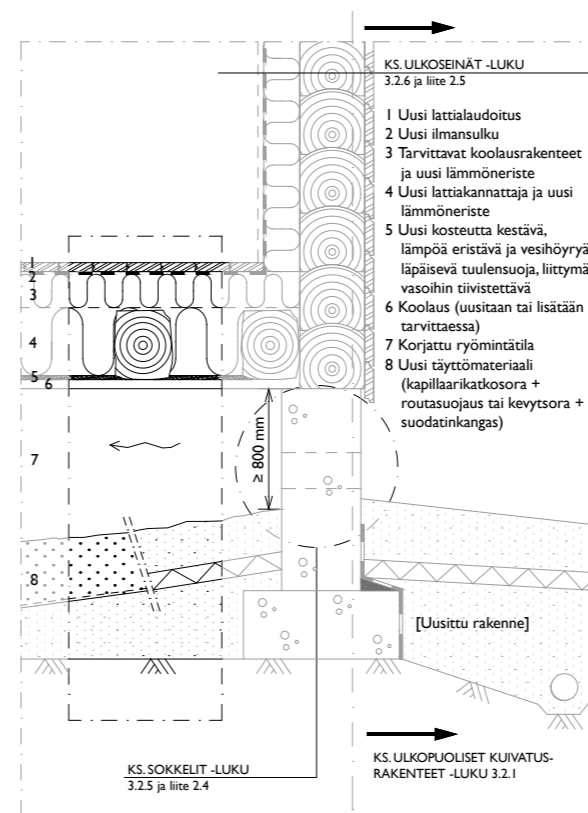
#### Toimenpiteet:

Alapohjarakenne puretaan kokonaisuudessaan lämmöneristeineen ja lattiakannattajineen. Lisäksi maapohjasta poistetaan kaikki homehtuvat tai lahoavat orgaaniset materiaalit, rakennusjätteet sekä vanhat lämmöneristeet. Tarvittaessa ulkopuolista maanpintaa madalletaan mahdollisuuksien mukaan, salaojat uusitaan ja ryömintätilan tuuletusta parannetaan.

Uusimista suunniteltaessa tulee ottaa huomioon liittyvät rakenteet. Kantavia ja jäykistäviä rakenteita purettaessa on suunniteltava niiden työn aikainen tuenta.

*jatkuu*

#### B Rakenteen osittainen korjaaminen



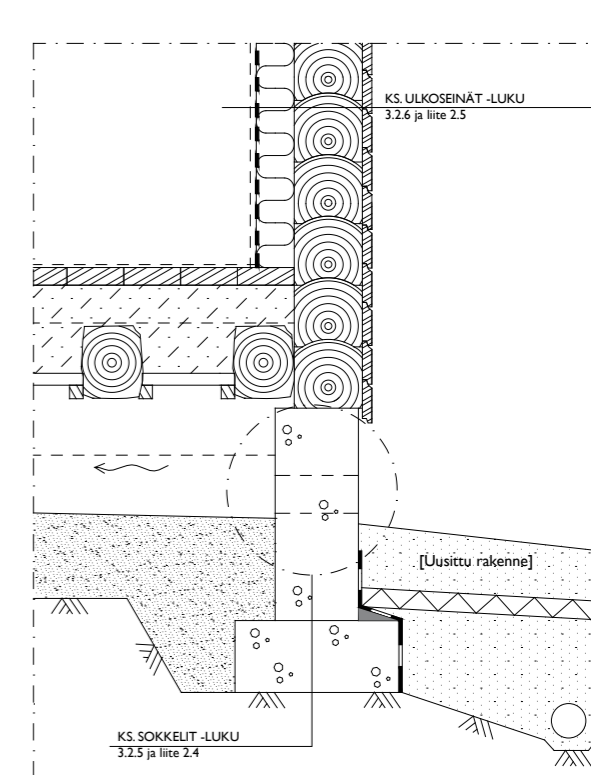
#### Toimenpiteet:

Lattiarakenteesta poistetaan kosteuden vaikutuksesta homehtuvat tai lahoavat orgaaniset materiaalit, rakennusjätteet sekä vanhat lämmöneristeet. Olemassa olevat lattiakannattajat säilytetään ennallaan, mutta ne puhdistetaan mekaanisesti. Paikalliset lahovauriot lattiakannattajissa (esimerkiksi kannattajan ja perusmuurin liittymissä) korjataan uusimalla ne tarvittavilta osin ja poistamalla lahovaurion aiheuttanut syy. Lattiarakenteen ilmanpitävyyttä parannetaan asentamalla lattiarakenteeseen yhtenäisen ilmansulkerakkeen estämään ilmavirtauksia ryömintätalasta sisätilaan.

Korjauksen päätarkoitus on vähentää oleellisesti maaperästä nousevan kosteuden pääsyä ryömintätilaan ja siten

*jatkuu*

#### C Rakenteen ilmatiivyyden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Puurakenteisen ryömintätilaisen alapohjarakenteen ilmatiivyyttä on mahdollista parantaa tiivistämällä mahdollisen höyryn- tai ilmansulkukalvon limityksiä sekä parantamalla läpivientien ilmanpitävyyttä. Lisäksi lattiapinnoitteeksi voidaan vaihtaa ilmatiivis lattiapäällyste. Varsinaisia vedeneristemassoilla tehtäviä tiivistyskorjauksia puurakenteeseen ei suositella, sillä pelkästään rakenteiden liittymäkohtiin tehtävillä tiivistyksillä ei saavuteta koko rakenteen ilmanpitävyyttä. Rakenteen ilmatiivyyden parantamisen tavoitteena on katkaista ryömintätalasta huonetilaan syntyvät ilmavirtaukset.

*jatkuu*

## A Rakenteen uusiminen

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- maapohjasta poistetaan kaikki homehtuvat ja lahoavat materiaalit sekä haitta-aineet
- uusi lattiarakenne on ilmatiivis ja lattiarakenteet liitetään tiiviisti kaikkiin pystyrakenteisiin
- maapohjaan tehdään lämmöneristys
- huolehditaan ryömintätilan tuulettumisesta

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian ja seinän liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisuuksien mukaan ulkopuolisen maanpinnan madaltaminen ja kallistus rakennuksesta pois päin
- ryömintätilan ilmanvaihdon parantaminen/toimivuuden varmistaminen
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- vaurioituneet materiaalit poistetaan, joten rakenteeseen liittyy tavanomaiset uudisrakentamisen riskit

### Energiatohokkuus:

- alapohjan lämmöneristys ja ilmanpitävyys paranevat, joten myös rakennuksen energiatohokkuuden voidaan olettaa paranevan

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## B Rakenteen osittainen korjaaminen

parantaa ryömintätilan olosuhteita sekä poistaa vaurioituneet materiaalit kantavaan rakenteeseen asti.

Alapohjan tuulensuojamateriaalia valittaessa tulee ottaa huomioon levyn vesihöyrynläpäisevyys, levyn jäykkyys sekä kosteudenkestävyys. Lisäksi on suositeltavaa huomioida levyn kestävyys jyrssiä vastaan. Tuulensuojalevy ei saa toimia rakenteessa höyrynsulkuna, sillä se sijaitsee rakenteen kylmässä pinnassa.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- asennettavan ilmansulkukerroksen tulee olla yhtenäinen ja se on nostettava riittävässä määrin ylös seinälle jalkalistan taakse ja kiinnitettävä seinään
- mikäli uudet lämmöneristeet ovat hygroskooppisilta ominaisuuksiltaan huomattavasti heikompia kuin vanhat täytteet, rakenteeseen tarvitaan höyrynsulku
- lattiakannattajissa olevat pinnalliset laho- ja mikrobivauriot poistetaan ja rakenteiden kantavuus tarkastetaan
- alapohjan lämmöneristykseen parantuessa selvästi alkuperäiseen rakenteeseen nähden, ryömintätila on ympärivuotisesti aiempaa kylmempi. Tämä nostaa ryömintätilan suhteellista kosteutta varsinkin kesäaikaan.
- käytettävä tuulensuojamateriaali tulee kiinnittää jokaiselta reunaltaan ja tukea niin, ettei levyyn synny haitallisia taipumia, liittymät tiivistetään

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian ja seinän liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisuuksien mukaan ulkopuolisen maanpinnan madaltaminen ja kallistus rakennuksesta pois päin
- ryömintätilan ilmanvaihdon parantaminen/toimivuuden varmistaminen
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- vaurioituneet materiaalit poistetaan, joten rakenteeseen liittyy tavanomaiset uudisrakentamisen riskit

### Energiatohokkuus:

- alapohjan lämmöneristys ja ilmanpitävyys paranevat, joten myös rakennuksen energiatohokkuuden voidaan olettaa paranevan

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet
- ryömintätilan kuntoa tarkkaillaan säännöllisesti

## C Rakenteen ilmatiivyyden parantaminen

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- puurakennetta ei koskaan saada täysin ilmatiiviiksi (lattian pintarakenteen alle voidaan kuitenkin asentaa ilmansulkukerros huolehtimaan ilmanpitävyydestä)
- asennettavan ilmansulkukerroksen tulee olla yhtenäinen ja se on nostettava riittävässä määrin ylös seinälle jalkalistan taakse ja kiinnitettävä seinään

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- rakennusfysikaalinen toimivuus varmistettava laskelmin
- lattian ja seinän liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisuuksien mukaan ulkopuolisen maanpinnan madaltaminen ja kallistus rakennuksesta pois päin
- ryömintätilan ilmanvaihdon parantaminen/toimivuuden varmistaminen
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- ilmanpitävyys ei välttämättä toteudu ja ryömintätilasta pääsee edelleen epäpuhtauksia sisätilaan

### Energiatohokkuus:

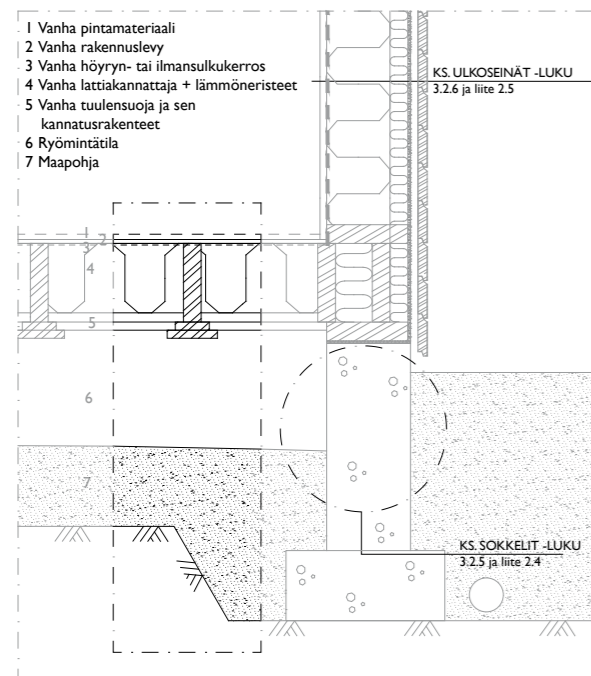
- rakenteen tiivistäminen vähentää ilmavuotoja ja parantaa siten energiatohokkuutta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

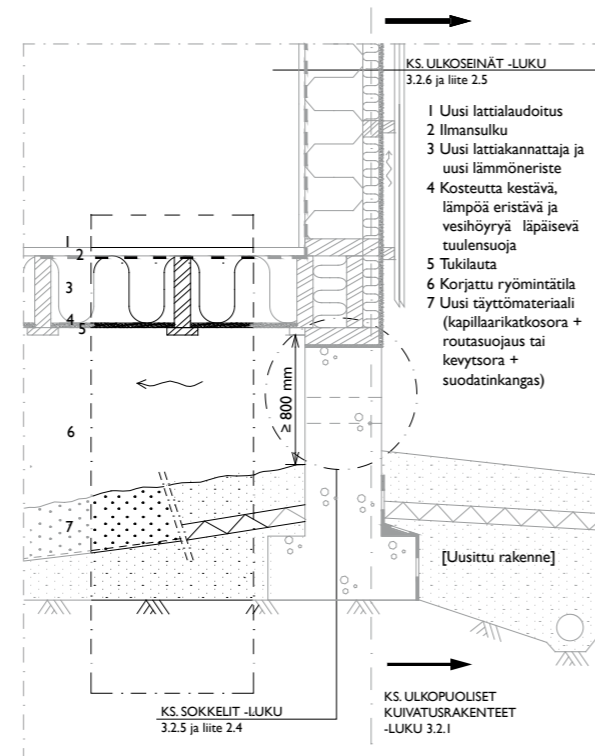
- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

## ALAPOHJA, JOSSA LÄMMÖNERISTEENÄ EPÄORGAANINEN LÄMMÖNERISTE TMS. MODERNEJA LÄMMÖNERISTYSMATERIAALEJA (NS. MODERNIT TUULETTUVAT ALAPOHJAT)

### Alkuperäinen rakenne



### A Rakenteen uusiminen



#### Toimenpiteet:

Lattiarakenne puretaan lämmöneristeineen ja lattiakannattajineen. Lisäksi maapohjasta poistetaan kaikki kosteuden vaikutuksesta homehtuvat tai lahoavat orgaaniset materiaalit, rakennusjätteet sekä vanhat lämmöneristeet. Tarvittaessa ulkopuolista maanpintaa madalletaan mahdollisuuksien mukaan, salaojat uusitaan ja ryömintätilan tuuletusta parannetaan.

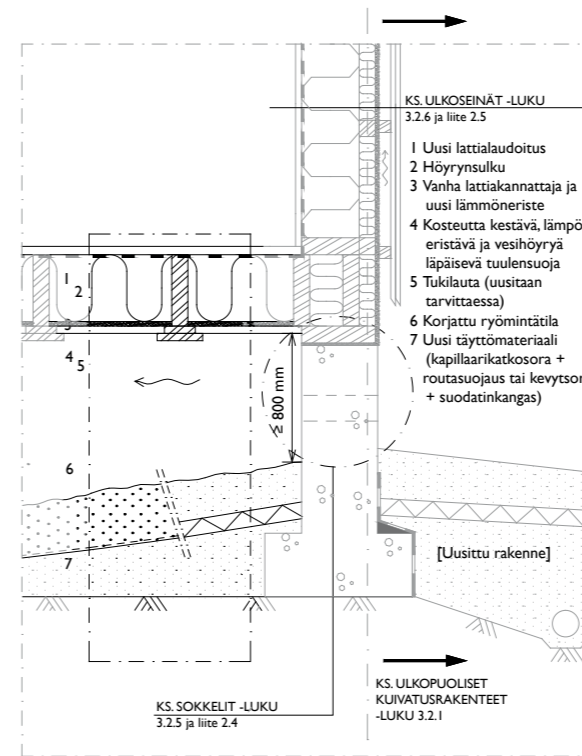
Uusimista suunniteltaessa tulee ottaa huomioon liittyvät rakenteet. Kantavia ja jäykistäviä rakenteita purettaessa on suunniteltava niiden työn aikainen tuenta.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- maapohjasta poistetaan kaikki homehtuvat ja lahoavat materiaalit sekä haitta-aineet
- uusi lattiarakenne on ilmatiivis ja lattiarakenteet liitetään tiiviisti kaikkiin pystyrakenteisiin
- maapohjaan tehdään lämmöneristys
- huolehditaan ryömintätilan tuulettumisesta

*jatkuu*

### B Rakenteen osittainen purku ja uusiminen



#### Toimenpiteet:

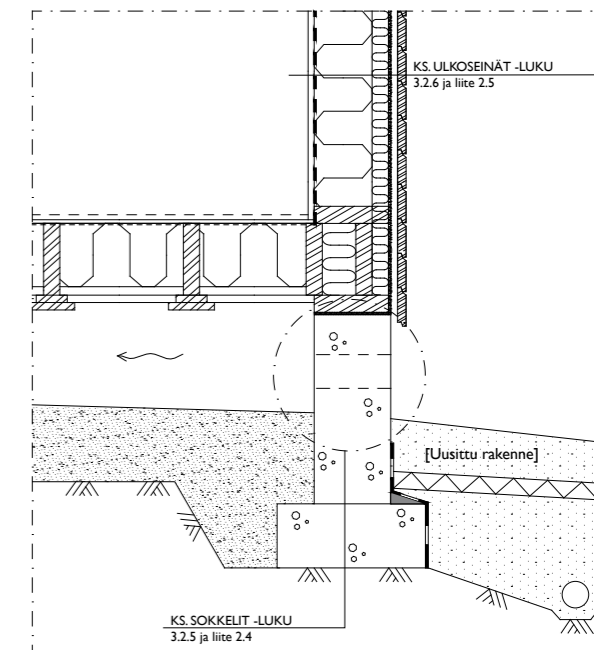
Lattiarakenteesta poistetaan mikrobivaurioituneet materiaalit. Olemassa olevat lattiakannattajat säilytetään ennallaan, mutta ne puhdistetaan mekaanisesti ja imuroidaan. Paikalliset lahovauriot lattiakannattajissa korjataan uusimalla lattiakannattaja tarvittavilta osin ja poistamalla lahovaurion aiheuttanut syy. Lattiarakenteen ilmanpitävyyttä parannetaan asentamalla lattiarakenteeseen yhtenäinen ilman-/höyrynsulkukerros estämään ilmavirtauksia ryömintätalasta sisätilaan.

Korjauksen päätarkoitus on vähentää oleellisesti maaperästä nousevan kosteuden pääsyä ryömintätilaan ja siten parantaa ryömintätilan olosuhteita sekä poistaa vaurioituneet materiaalit kantavaan rakenteeseen asti.

Alapohjan tuulensuojamateriaalia valittaessa tulee ottaa huomioon levyn vesihöyrynläpäisevyys, levyn jäykkyys sekä kosteudenkestävyys. Lisäksi on suositeltavaa huomioida levyn kestävyys jyrssiöitä vastaan. Tuulensuojalevy ei saa toimia rakenteessa höyrynsulkuna, sillä se sijaitsee rakenteen kylmässä pinnassa.

*jatkuu*

### C Rakenteen ilmatiivyyden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Puurakenteisen ryömintätalaisen alapohjarakenteen ilmatiivyyttä on mahdollista parantaa tiivistämällä mahdollisen höyryn- tai ilmansulkukalvon limityksiä sekä parantamalla läpivientien ilmanpitävyyttä. Lisäksi lattiapinnoitteeksi voidaan vaihtaa ilmatiivis lattianpäällyste. Varsinaisia vedenestemassoilla tehtäviä tiivistyskorjauksia puurakenteeseen ei suositella, sillä pelkästään rakenteiden liittymäkohtiin tehtävillä tiivistyksillä ei saavuteta koko rakenteen ilmanpitävyyttä. Rakenteen ilmatiivyyden parantamisen tavoitteena on katkaista ryömintätalasta huonetilaan syntyvät ilmavirtaukset.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- puurakennetta ei koskaan saada täysin ilmatiiviiksi (lattian pintarakenteen alle voidaan kuitenkin asentaa ilmansulkukerros huolehtimaan ilmanpitävyydestä)

*jatkuu*

## A Rakenteen uusiminen

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian ja seinän liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisuuksien mukaan ulkopuolisen maanpinnan madaltaminen ja kallistus rakennuksesta pois päin
- ryömintätilan ilmanvaihdon parantaminen/toimivuuden varmistaminen
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- vaurioituneet materiaalit poistetaan, joten rakenteeseen liittyy tavanomaiset uudisrakentamisen riskit

### Energiatehokkuus:

- alapohjan lämmöneristys ja ilmanpitävyys paranevat, joten myös rakennuksen energiatehokkuuden voidaan olettaa paranevan

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## B Rakenteen osittainen purku ja uusiminen

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- asennettavan ilman-/höyrynsulkukerroksen tulee olla yhtenäinen ja se on nostettava riittävässä määrin ylös seinälle jalkalistan taakse ja kiinnitettävä seinään
- lattiakannattajissa olevat pinnalliset laho- ja mikrobivauriot poistetaan ja rakenteiden kantavuus tarkastetaan
- käytettävä tuulensuojamateriaali tulee kiinnittää jokaiselta reunaltaan ja tukea niin, ettei levyyn synny haitallisia taipumia, liittymät teipataan

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian ja seinän liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisuuksien mukaan ulkopuolisen maanpinnan madaltaminen ja kallistus rakennuksesta pois päin
- ryömintätilan ilmanvaihdon parantaminen/toimivuuden varmistaminen
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- vaurioituneet materiaalit poistetaan, joten rakenteeseen liittyy tavanomaiset uudisrakentamisen riskit

### Energiatehokkuus:

- alapohjan lämmöneristys ja ilmanpitävyys paranevat, joten myös rakennuksen energiatehokkuuden voidaan olettaa paranevan

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## C Rakenteen ilmatiivyyden parantaminen

- asennettavan ilmansulkukerroksen tulee olla yhtenäinen ja se on nostettava riittävässä määrin ylös seinälle jalkalistan taakse ja kiinnitettävä seinään

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- rakennusfysikaalinen toimivuus varmistettava laskelmin
- lattian ja seinän liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan ulkopuolisen maanpinnan madaltaminen ja kallistus rakennuksesta pois päin
- ryömintätilan ilmanvaihdon parantaminen/toimivuuden varmistaminen
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- ilmanpitävyys ei välttämättä toteudu ja ryömintätilasta pääsee edelleen epäpuhtauksia sisätilaan

### Energiatehokkuus:

- rakenteen tiivistäminen vähentää ilmavuotoja ja parantaa siten energiatehokkuutta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

## Liite 2.3

### Maanvastaisten seinien korjausmenetelmät

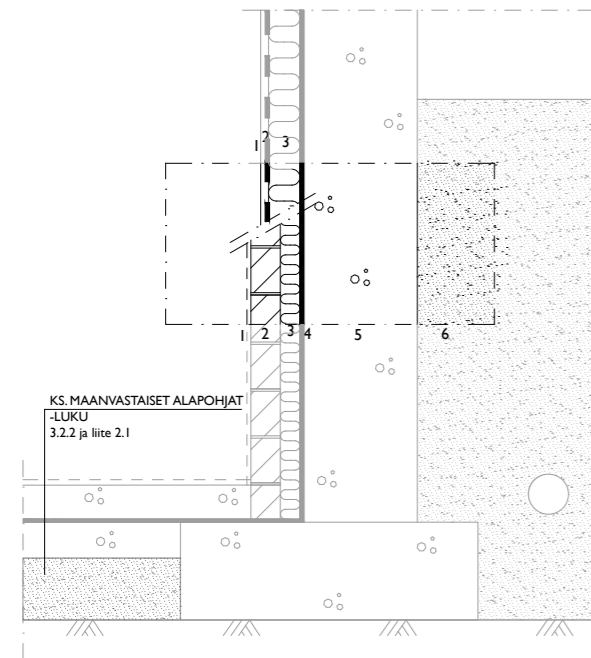
Maanvastaisten tilojen käyttötarkoitus on tärkeää ottaa huomioon suunnitteluratkaisuissa. Yleisesti tavaroiden varastointia maanvastaista seinää vasten tulee välttää.

Tässä liitteessä käsitellään seuraavat maanvastaiset seinät:

- Betoniseinä, jonka sisäpinnassa on alkuperäinen bitumisively, mahdollinen lämmöneriste ja verhomuuraus tai puukoolattu levyverhous
- Maanvastainen betoniseinä, jonka ulkopinnassa on kosteuden- ja lämmöneristys
- Erityistapaukset
  - osittain maan pinnan yläpuolella olevat maanvastaiset seinät
  - kaupunkialueilla katuun rajoittuvat maanvastaiset seinät
  - märkätila maanvastaista betoniseinää vasten
  - salaojittavan lämmöneristeen käyttö.

### BETONISEINÄ, JONKA SISÄPINNASSA ON ALKUPERÄINEN BITUMISIVELY, MAHDOLLINEN LÄMMÖNERISTE JA VERHOMUURAUUS TAI PUUKOOLATTU LEVYVERHOUS

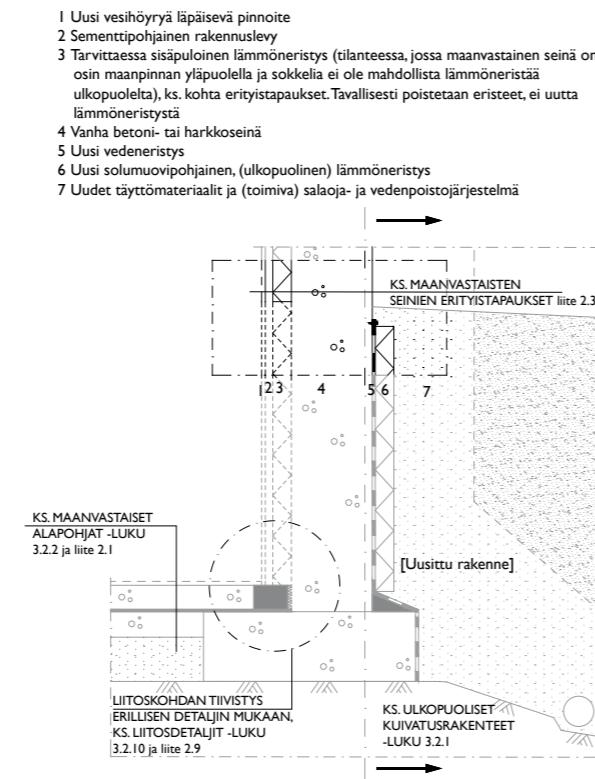
#### Alkuperäinen rakenne



- 1 Vanha puukoolattu levyverhous
- 2 Vanha mahdollinen höyrynsulku
- 3 Vanha mahdollinen lisälämmöneriste
- 4 Vanha bitumisively
- 5 Vanha betoni- tai harkkoseinä
- 6 Vanha perusmuurin vierustäyttö
- 1 Vanha pintäkäsittely
- 2 Vanha verhomuuraus
- 3 Vanha mahdollinen ilmaväli ja mahdollinen lämmöneriste
- 4 Vanha bitumisively
- 5 Vanha betoni- tai harkkoseinä
- 6 Vanha perusmuurin vierustäyttö

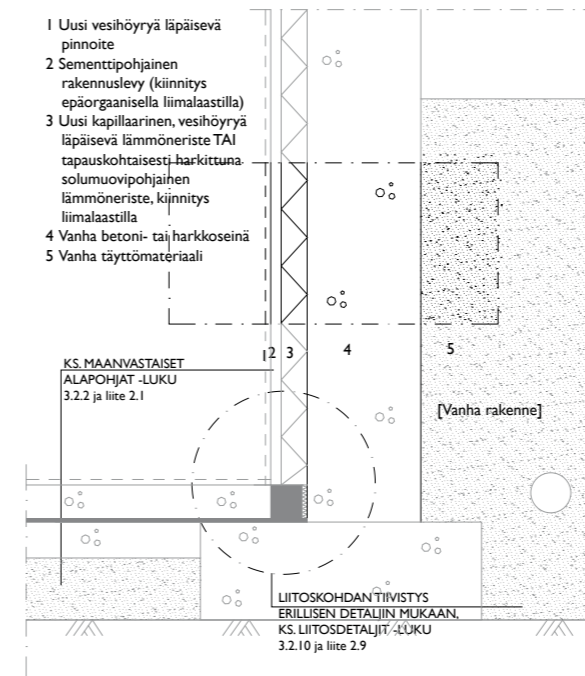
jatkuu

#### A Rakenteen purkaminen sisäpuolelta ja ulkopuolelle tehtävät lämmön- ja vedeneristys



jatkuu

#### B Rakenteen purkaminen kantavaan rakenteeseen saakka, uusi lämmöneristys sisäpuolelle

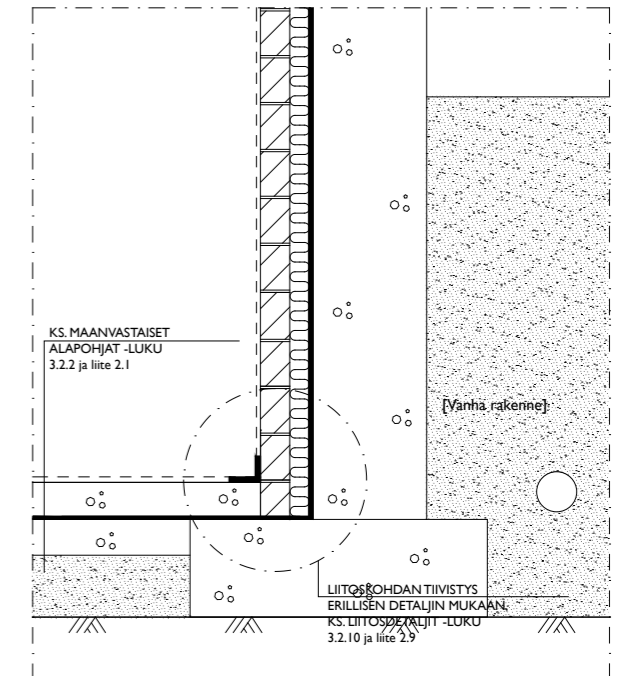


#### Toimenpiteet:

Sisäpuoliset pintarakenteet puretaan kokonaisuudessaan kantavan rakenteen pintaan saakka. Betonin sisäpinnassa oleva bitumisively suositellaan poistettavaksi (selvitettävä mahdolliset PAH-yhdisteet ja asbesti) siinä mahdollisesti esiintyvien PAH-emissioiden tai mikrobikasvustojen vuoksi. Seinärakenne puhdistetaan ja kuivatetaan tarvittavilta osin.

Uudet pintakerrokset valitaan rakenteen kosteusrisitustason ja rakennusfysikaalisten laskelmien perusteella. Korjaukseen soveltuvat materiaalit riippuvat lämmöneristeen jatkua

#### C Seinärakenteen ilmatiiviuden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Pintalaatan ja seinän sekä erilaisten läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Tiilestä muurattu sisäkuori läpäisee ilmavirtauksia halkeamien ja saumojen kautta. Hallitsemattomien ilmavuotojen estämiseksi yleensä koko verhomuurauksen sisäpinta tulee käsitellä esimerkiksi vedeneristysjärjestelmällä, epoksipinnoitteella tai vesihöyryä läpäisevällä pinnoitejärjestelmällä, johon sisällytetään myös kuitukangasvahvi jatkua

## Alkuperäinen rakenne

Yllä olevassa kuvassa on esitetty tyypillinen maanvastainen, tiiliverhottu kellarikerroksen seinä ja tyypillinen seinän liitos alapohjarakenteeseen. Rakenteessa on yleensä käytetty vedeneristeenä bitumisivelyä betonirakenteen sisäpinnassa, lämmöneristeenä mineraalivillaa tai sementtilastuvillalevyä sekä sisäpuolella verhomuurauksena tiiltä. Lämmöneriste ja kuorimuuraus voivat sijaita maanvastaisen laatan päällä tai vaihtoehtoisesti seinän lämmöneristetila ja tiilikuorimuuraus ulottuvat maanvaraisen lattian alapuolelle. Molemmissa tapauksissa maanvastaisen seinän sisäpuoliseen lämmöneristeeseen voi syntyä ajan saatossa mikrobivaurio tyypillisesti vedeneristykseen ikääntymisen ja eristyskyvyn heikkenemisen myötä maaperästä kapillaarisesti nousevan kosteuden vuoksi. Seinässä voi olla mikrobivaurio, vaikka seinärakenteessa ei olisi käytetty lämmöneristettä.

## A Rakenteen purkaminen sisäpuolelta ja ulkopuolelle tehtävät lämmön- ja vedeneristys

### Toimenpiteet:

Rakenteesta puretaan vanha bitumisively, lämmöneriste ja verhomuuraus. Maanvastainen seinä veden- ja lämmöneristetään rakenteen ulkopuolelta. Lisäksi samassa yhteydessä uusitaan salaojitus, sadevesiviemärointi sekä korjataan maanpinnan kallistukset rakennuksesta pois päin. Tällä korjaustavalla estetään ulkopuolisen kosteuden tunkeutuminen rakenteeseen.

Rakennuksen ulkopuolelta kaivetaan maata pois perustustason alapuolelle saakka. Kaivannon luiskauksessa on huomioitava kaivannon syvyys ja kaivettava maalajike, esim. RIL 263-2014 (Kaivanto-ohje) mukaan. Tämän jälkeen rakenteen sisäpuoliset rakenteet puretaan betonipintaan saakka. Säilytettävää seinärakennetta kuivatetaan, jotta ylimääräinen vesi/kosteus saadaan poistettua. Ulkopuolen kaivanto tulee suojata vesisateelta.

Korjaustapa parantaa rakenteen rakennusfysikaalista toimivuutta oleellisesti. Ulkopuolinen korjaus on perusteltua ainakin tapauksissa, joissa kellarikerroksen tilojen käyttöä tarkoitusta muutetaan niin, että se muuttuu olennaisesti alkuperäisestä, joissa maanvastaisiin seiniin kohdistuu voimakas kosteusrasitus maaperästä tai kun kellarikerroksen tiloissa on tai niihin sijoitetaan ensisijaisia käyttötiloja, kuten asuinhuoneita tai luokkatiloja.

Mikäli kyseessä on tasoittamaton harkkomuuri, se ylitasoitetaan. Tasoituksen tulee olla ehjä ja tasainen, jotta vedeneristys ja lämmöneristeet voidaan kiinnittää siihen luotettavasti.

Perusmuuria vasten asennetaan vedeneristys, joka ulotetaan anturan alareunaan saakka. Vedeneristeen ulkopintaan asennetaan solumuovipohjainen lämmöneriste ja kaivanto täytetään salaojasoralla tarvittavilta osin. Ulkopuoliset kuivatusrakenteet on kuvattu tarkemmin luvussa 3.2.1 Rakennuksen kuivatusrakenteet.

Jos osa maanvastaisesta seinästä sijaitsee maanpinnan yläpuolella, on maanpinnan yläpuolisen osan lämmöneristys tarkasteltava erikseen. Tähän liittyvät näkökohdat on esitetty kohdassa Maanvastaisten seinien erityistapaukset tämän liitteen lopussa.

Seinän sisäpinnan pinnoitteena suositellaan käytettäväksi vesihöyryä läpäisevää maalia. Mahdollinen vanha bitumisively tai sen jäämät on poistettava ja poistossa on otettava huomioon materiaalien mahdollisesti sisältämät haitta-aineet.

### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- ulkoseinälle tulevat sähköasennukset tehdään pinta-asennuksina, jotta mahdollinen sisäpuolinen lämmöneristys säilyy yhtenäisenä
- rakenteiden kuivatus ennen lämmöneristeiden asennusta, suunnittelija määrittää tarkastusmenetelmät ja rakenteelta vaadittavat suhteellisen kosteuden enimmäisarvot

*jatkuu*

## B Rakenteen purkaminen kantavaan rakenteeseen saakka, uusi lämmöneristys sisäpuolelle

ja vedeneristeen sijainnista kantavaan rakenteeseen nähden. Kosteuden vaikutuksesta homehtuvia tai lahoavia materiaaleja ei missään tilanteessa tule käyttää, vaan sisäpuoliset lämmöneristeet korvataan paremmin kosteusrasitusta sietävillä materiaaleilla. Tilanteissa, joissa seinärakenteessa ei ole ollenkaan vedeneristystä tai vedeneristys on rakenteen sisäpuolella, on suositeltavinta valita lämmöneristeeksi voimakkaasti kapillaarinen ja hyvin vesihöyryä läpäisevä materiaali, kuten kalsiumsilikaattilevy (eristevahvuus korkeintaan 50 mm) (Heiskanen R., 2017) rakenteen kuivumisen mahdollistamiseksi. Eristevahvuus on tarkasteltava käytettävän kalsiumsilikaattilevyn perusteella.

Maanvastaisissa rakenteissa, joissa vanha vedeneriste sijaitsee rakenteen ulkopinnassa eikä seinän ulkopuolella ole vanhaa lämmöneristettä, rakenteen sisäpuolisena lämmöneristeenä ei tule käyttää materiaaleja, joilla on suuri vesihöyrynvastus (EPS, XPS), vaan sisäpuolisena lämmöneristeenä tulee tässäkin tapauksessa käyttää voimakkaasti kapillaarista ja hyvin vesihöyryä läpäisevää materiaalia, kuten kalsiumsilikaattilevyä (eristevahvuus korkeintaan 50 mm). (Heiskanen R., 2017)

Tilanteissa, joissa vedeneriste ja lämmöneriste sijaitsevat kantavan rakenteen ulkopuolella, voidaan sisäpuolisena lisälämmöneristykseenä käyttää myös solumuovipohjaisia lämmöneristeitä (EPS, XPS), mikäli kantavan rakenteen suhteellinen kosteus on arviointisyvytydellä RH < 80 %. (Heiskanen R., 2017) Lämmöneristeen paksuus riippuu ulkopuolella olevan lämmöneristykseen määrästä, mikä on määritettävä rakennusfysikaalisiin laskelmin.

Käytettävä lämmöneriste sekä sen vesihöyrynvastus tulee tarkastella tapauskohtaisesti rakennusfysikaalisiin laskelmin. Sisäpuolista lämmöneristystä suunniteltaessa on aina otettava huomioon olemassa olevan vedeneristeen paikka (rakenteen sisä- vai ulkopinnassa vai onko sitä ollenkaan) ja tämän vaikutus kastepisteen muodostumiskohtaan sekä kosteuden kulkeutumiseen rakenteessa. Lisäksi vanhan, ulkopuolisen lämmöneristeen vaikutus tulee ottaa huomioon.

Uudet lämmöneristeet kiinnitetään maanvastaiseen seinään epäorgaanisella liimalaastilla, tasoitetyöt tehdään sementtipohjaisilla tuotteilla ja pinta maalataan vesihöyryä läpäisevällä maalilla.

Maanvaraisen laatan ja seinän liitoskohdan tulee olla ilmanpitävä. Liittymässä saattaa olla valukorjaustarvetta ennen sen tiivistämistä.

Maanvastaisessa seinärakenteessa lämmöneristeen asentaminen rakenteen ulkopintaan on aina teknisesti ensisijainen vaihtoehto. Lämmöneristeen asennusta sisäpuolelle tulee harkita vain, jos tämä ei ole mahdollista. Lämmöneristeiden ja sisäkuoren uusiminen tulee kyseeseen tilanteissa, joissa maanvastaisessa seinärakenteessa on useita kosteusteknisiä puutteita ja riskitekijöitä ja/tai vaurioituminen on laaja-alaista/pitkälle edennyttä ja/tai korjaukselta edellytetään pitkää käyttöikää. Lisäksi valintaperusteena voivat olla

*jatkuu*

## C Seinärakenteen ilmatiiviuden parantaminen

ke. Rakenteen läpi huonetilaan päätyvä kosteus poistetaan hallitusti tehokkaalla ilmanvaihdolla. Tiivistysratkaisu sekä käytettävä pintamateriaali valitaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti.

Korjauksen tavoitteena on estää rakenteen liitoksista ja halkeamista tapahtuvat haitalliset ilmapuodot maaperästä ja mahdollisesti mikrobivaurioituneesta eristeestä huoneilmaan. Kerroksellisen, maanvastaisen seinärakenteen eristetilan mahdollinen ilmayhteys viereisiin tiloihin tulee ottaa huomioon ja tiivistää myös esim. lämmöneristetilassa kulkevat putki- tai sähköläpiviennit. Eristetilasta voi olla ilmayhteys myös yläpuolisiin rakenteisiin.

Seinärakenteen ilmatiiviuden parantaminen sopii korjausratkaisuna tilanteisiin, jossa rakenteissa ei ole merkittävästi halkeamia sekä ulkopuolinen sadevedenpoisto ja salaojitus ovat toimivia. Lisäksi seinärakenteeseen kohdistuva ulkopuolinen kosteusrasitus on lähinnä vesihöyrynä (diffuusiolla) maaperästä kulkeutuvaa kosteutta eikä rakenteessa esiinny mikrobivaurioita. Käytettävä ratkaisu ei sovi tilanteisiin, jossa seinän vierustäytyttö on märkää (kapillaarinen kosteusrasitus) tai seinä kastuu esim. anturan kautta tapahtuvan kosteuden nousun vuoksi.

Seinärakenteen ilmatiiviuden parantamisen yhteydessä kellarikerroksen ikkunoiden uusiminen on suositeltavaa. Tällä voidaan entisestään parantaa tiivistyskorjauksen onnistumisen todennäköisyyttä sekä rakennuksen energia- tehokkuutta. Tiivistyskorjausten yhteydessä on aina huolehdittava korjattavan tilan ilmanvaihdon toimivuudesta korjauksen jälkeisessä tilanteessa, sillä vanhoja korvausilmareittejä rakenteiden liittymien läpi on korjauksessa tiivistetty ilmanpitäväksi.

Tiivistyskorjausta ei suositella tehtävän levyrakenteisiin kellarikerroksen seiniin, koska rakenneratkaisu on jo alunperin rakennusfysikaalisesti toimimaton. Tiivistämisellä heikennetään tilannetta, kun levyrakenne kostuu entistä nopeammin maata vasten olevien kosteiden rakenteiden kautta.

### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen
- vanhojen salaoja- ja sadevesijärjestelmien toimivuuden varmistaminen
- varmistetaan, ettei tiivistettävän rakenteen takana olevasta ilmatilasta ei ole ilmayhteyttä sisätilaan (piilossa olevat läpiviennit)

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- ulkopuolelta tulevan kosteusrasituksen alentaminen mahdollisuuksien mukaan
- lattiarakenteen ilmanpitävyyden parantaminen tarvittaessa

*jatkuu*

## A Rakenteen purkaminen sisäpuolelta ja ulkopuolelle tehtävät lämmön- ja vedeneristys

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian ja seinän liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisen sokkelihalkaisun vedenpoiston toimivuuden varmistaminen
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun tilaan

### Riskit:

- maaperäkosteus nousee anturan kautta seinän alaosaan.

### Energiatehokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyys paranee
- ilmanvaihdon tasapainotuksella voi olla joko energiatehokkuutta parantava tai heikentävä vaikutus lähtötilanteesta riippuen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät tarkastukset
- materiaalien varastointia seinää vasten on vältettävä

## B Rakenteen purkaminen kantavaan rakenteeseen saakka, uusi lämmöneristys sisäpuolelle

rakennussuojelulliset tai muut painavat, ulkonäölliset syyt eli ulkopuolista korjausta ei voida tehdä tai rakennepaksuutta kasvattaa tai se on kustannusten tai kaivuolosuhteiden vuoksi mahdotonta. Korjaustavan valintakriteerejä on, että maanvastaisten seinien ulkopuoliset rakenteet (lämmöneristeet, täytöt, salaojitus sekä maanpinnan tasaukset) ovat ehjiä ja toimivia, mutta maaperän lämpenemisen seurauksena difuusiovirta on maaperästä sisätilaan. Mikäli rakennuspohjan kuivatusrakenteissa on uusimistarve, valitaan korjausvaihtoehto A. Mikäli seinä on osittain maan pinnan yläpuolella, voi seinän ulkopuolelle olla tarpeen tehdä paksunnos lämmöneristeellä (ks. luku 3.2.5 Sokkelit).

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- lämmöneriste tulee kiinnittää huolellisesti alustaan, jotta eristeen ja seinän väliin ei muodostu ilmapäliä
- käytettäessä kalsiumsilikaattilevyjä on huomioitava, että levyjen laaduissa on huomattavia eroja ja kaikki markkinoilla olevat kalsiumsilikaattilevyt eivät sovellu sisäpuoliseen lämmöneristämiseen; materiaalia valittaessa on varmistettava, että levyjen kapillaarinen vedeneristys sekä vesihöyrynläpäisevyys ovat riittävät; ohjeistus levyn valintaan mm. R. Heiskanen, 2017
- seinän eri liitosten (lattia, ikkunat yms.) korjaustapa tulee tarkastella erikseen (ks. luku 3.2.10 Liitosdetaljit ja läpiviennit)
- ulkoseinälle tulevat sähköasennukset tehdään pintasennuksina

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian ja seinän liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisen sokkelihalkaisun vedenpoiston toimivuuden varmistaminen
- mahdollisuuksien mukaan ulkopuolisen maanpinnan kallistus rakennuksesta pois päin
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun tilaan

### Riskit:

- lisälämmöneristysten ja seinän väliin voi jäädä ilmapäliä, jolloin se toimii ilmayhteysreitteinä (epäpuhtauksien kulkeutumisreitteinä) sisätiloihin
- salaoja- ja sadevesijärjestelmien vaurioituminen

### Energiatehokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyys paranee hieman, koska uusilla eristeillä on parempi lämmöneristyskyky kuin alkuperäisillä
- ilmanvaihdon tasapainotuksella voi olla joko energiatehokkuutta parantava tai heikentävä vaikutus lähtötilanteesta riippuen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## C Seinärakenteen ilmatiiviuden parantaminen

- mahdollisen sokkelihalkaisun vedenpoiston toimivuuden varmistaminen
- mahdollisuuksien mukaan ulkopuolisen maanpinnan kallistus rakennuksesta pois päin
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- ilmatiiviuden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan, kaikkien ilmayhteyksien havaitsematta jääminen.
- vaurioitunut materiaali jää rakenteeseen
- vanhojen salaoja- ja sadevesijärjestelmien vaurioituminen ja maaperäkosteuden nousu

### Energiatehokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyys pysyy samana
- korjauksen yhteydessä tehtävä ikkunoiden uusiminen parantaa hieman rakenneosan energiatehokkuutta
- ilmanvaihdon tasapainotuksella voi olla joko energiatehokkuutta parantava tai heikentävä vaikutus lähtötilanteesta riippuen

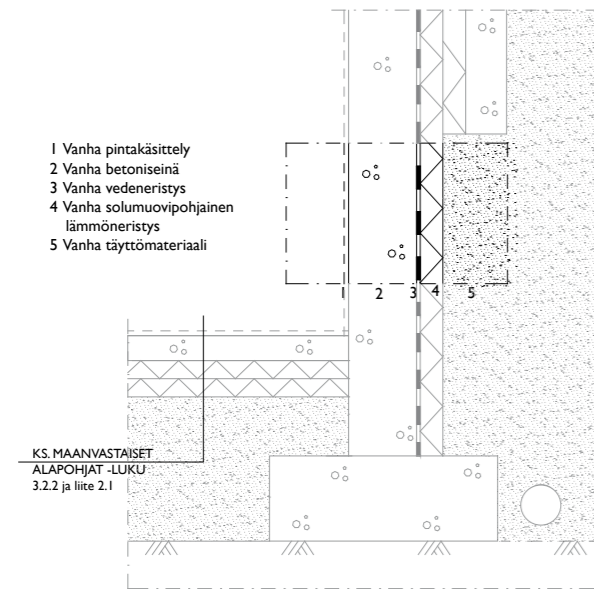
### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- korjauksen toimivuus koko käyttöajan tulee varmistaa säännöllisesti tehtävillä seurantamittauksilla (esim. merkkiainekokeella)
- materiaalien varastointia seinää vasten on vältettävä



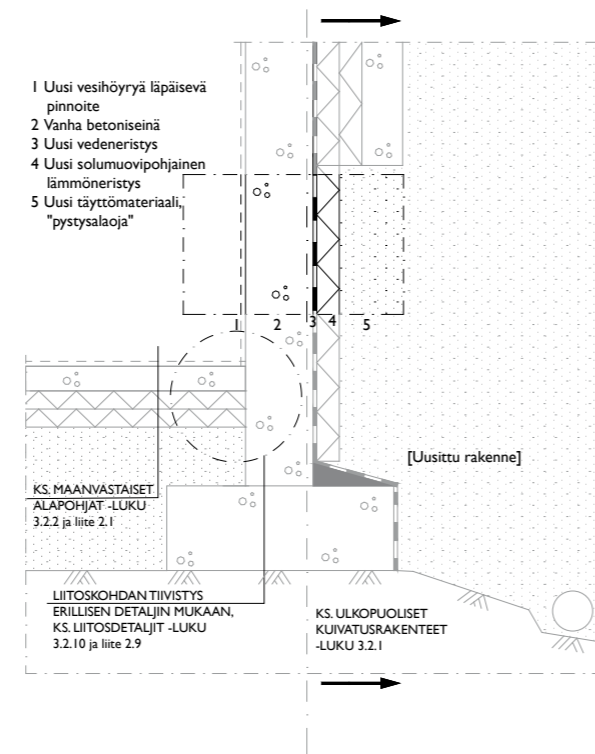
## MAANVASTAINEN BETONISEINÄ, JONKA ULKOPINNASSA ON KOSTEUDEN- JA LÄMMÖNERISTYS

### Alkuperäinen rakenne



Yllä olevassa kuvassa on esitetty tyypillinen maanvastainen betoniseinä, jonka ulkopinnassa on kosteuden- ja lämmöneristys. Rakenteessa tyypillinen vaurio on perusmuurin vedeneristyksessä ilmenevät puutteet (vedeneristys vuotaa esimerkiksi betonielementtien saumojen kohdalta), salaajituksen tai sadevedenpoiston puutteet, joista aiheutuu rakenteeseen kosteusvaurioita.

### A Rakenteen perusteellinen uusiminen ulkopuolelta



#### Toimenpiteet:

Rakenteen vedeneristys poistetaan ja ulkopuoliset kuivatusrakenteet uusitaan sekä asennetaan uusi vedeneristys. Samalla ulkopuolista lämmöneristykseen rakennepaksuutta voidaan kasvattaa rakenteen U-arvon parantamiseksi. Rakennuksen ulkopuolelta kaivetaan maata pois perustustason alapuolelle saakka. Tämän jälkeen rakenteen sisäpuoliset rakenteet puretaan betonipintaan saakka. Säilytettävää seinärakennetta kuivataan, jotta ylimääräinen vesi/kosteus saadaan poistettua. Ulkopuolen kaivanto tulee suojata vesisateelta.

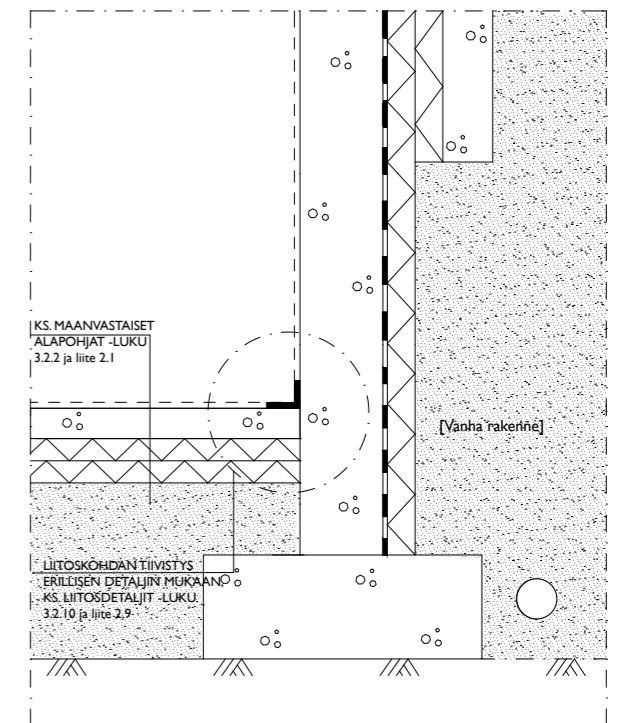
Perusmuuria vasten asennetaan vedeneristys, joka vietään anturan alareunaan saakka. Tarvittaessa anturan päälle tehdään kallistusvalu. Vedeneristeen ulkopintaan asennetaan solumuovipohjainen lämmöneriste ja kaivanto täytetään salaojasoralla tarvittavilta osin. Sisäpinnan pinnoitteena suositellaan käytettäväksi vesihöyryä läpäisevää maalia.

*jatkuu*

### B Osittainen korjaus

Osittaista korjausvaihtoehtoa ei ole, sillä suuremmissa kosteusvaurioissa ulkopuolisia kuivatusrakenteita uusitaan, jolloin korjaus luokitellaan luokkaan A.

### C Seinärakenteen liitosten ilmatiivyyden parantaminen ja rakenteen pinnoitteen vaihtaminen vesihöyryä läpäiseväksi



#### Toimenpiteet:

Seinän sisäpinnan tiiviit rakennekerrokset puretaan ja seinärakenne kuivataan ja puhdistetaan.

Tasoitetyöt tehdään sementtipohjaisilla tuotteilla ja pinta maalataan vesihöyryä läpäisevällä maalilla. Maanvaraisen laatan ja seinän sekä erilaisten läpivientien liitiskohtien tulee olla ilmanpitävä. Tarvittaessa liitokset tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä.

Betonirakenteisen kellariseinän tyypillinen vaurio johtuu rakenteen sisäpinnan liian tiiviistä pinnoitteesta, jolloin rakenteen kosteuspitoisuus ulkopuolisen kosteusrasituksen diffuusion vaikutuksesta kasvaa. Vähitellen saavutetaan kriittinen kosteuspitoisuus, jossa näkyviä kosteusvaurioita alkaa ilmaantua. Maalipinta hilseilee ja tasoitteet vaurioituvat. Lisäksi maaperästä saattaa esiintyä haitallisia ilmapuuttoja, joiden mukana sisäilmaan kulkeutuu mikrobiperäisiä epäpuhtauksia. Tässä korjausvaihtoehdossa rakennuspuhdistus ja kuivatusrakenteiden ja maanpinnan kallistukset ovat lähtötilanteessa toimivia.

Rakenne suunnitellaan siten, että seinäpinnoite on vesihöyryavoin ja rakenteiden läpi huonetilaan diffuusion vaikutuksesta päätyvä kosteus poistetaan hallitusti tehokkaalla ilmanvaihdolla.

*jatkuu*

## A Rakenteen perusteellinen uusiminen ulkopuolelta

### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- huolellinen veden- ja lämmöneristyksen toteutus kaivannossa
- elementtisaumojen ja rakenteen halkeamien tiivistäminen bitumilla/bitumikermikaistoin.

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisen sokkelihalkaisun vedenpoiston toimivuuden varmistaminen

### Riskit:

- -

### Energiatehokkuus:

- ei vaikutusta rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## C Seinärakenteen liitosten ilmatiiviyden parantaminen ja rakenteen pinnoitteen vaihtaminen vesihöyryä läpäiseväksi

Mikäli seinärakenteessa esiintyy laajoja halkeamia, tulee halkeamien aiheuttaja selvittää ja halkeaman korjausvaihtoehto valita sen mukaan (esim. injektointi). Korjauksessa tulee tiivistää lisäksi aina elementtisaumat. Tiivistys voidaan suorittaa esim. vedeneristysmassalla.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- rakennuksen ulkopuolisen kosteusrasituksen tulee olla hallinnassa (kattosadevedet sekä sulamis- ja valumisvedet) ja salaoituksen kunnossa, jotta korjaustapaa voidaan käyttää
- materiaalivalinnoissa tulee ottaa huomioon maapohjassa oleva jatkuva kosteus
- seinärakenteen ilmatiiviyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilmapuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmapuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän
- lattia- ja seinäpinnoitteita puretaan ja uusitaan vähintään tiivistyskorjattavien alueiden läheisyydestä (otettava huomioon mahdolliset asbesti- ja haitta-aineet)

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- ulkopuolelta tulevan kosteusrasituksen alentaminen mahdollisuuksien mukaan
- lattiarakenteen ilmanpitävyyden parantaminen tarvittaessa
- mahdollisen sokkelihalkaisun vedenpoiston toimivuuden varmistaminen
- mahdollisuuksien mukaan ulkopuolisen maanpinnan kallistus rakennuksesta pois päin
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- ilmatiiviyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurion aiheuttaja ei poistu korjauksessa

### Energiatehokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyys pysyy samana

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistetyn rakenteen toimintaa tulee seurata säännöllisin väliajoin (3–5 vuoden välein) uusittavalla merkkiainekokeella

## MAANVASTAISIIIN SEINIIN LIITTYVÄT ERITYISTAPAUKSET

Erityistapauksina tässä käsitellään

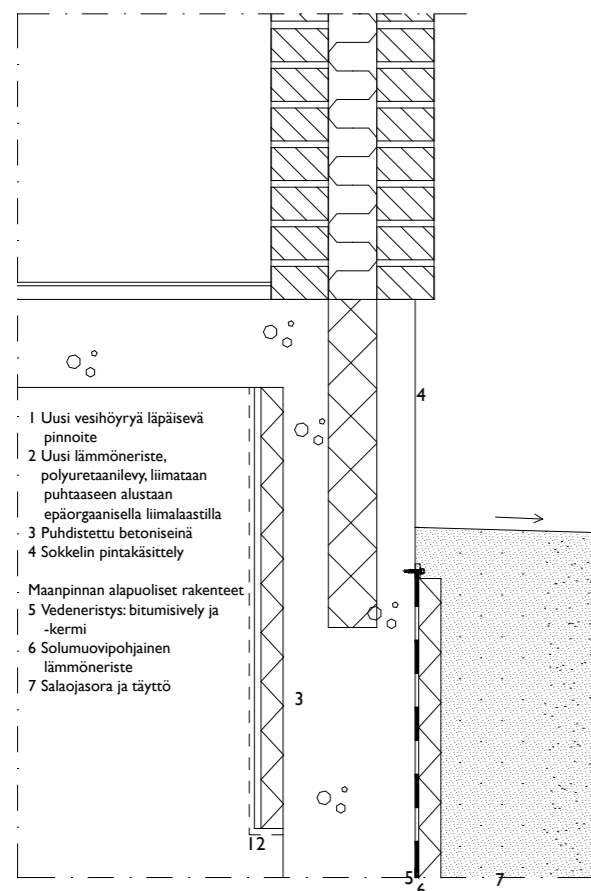
- Osittain maan pinnan yläpuolella olevat maanvastaiset seinät
- Kaupunkialueilla katuun rajoittuvat maanvastaiset seinät
- Märkätila maanvastaista betoniseinää vasten
- Salaojittavan lämmöneristeen käyttö

### Osittain maan pinnan yläpuolella olevat maanvastaiset seinät

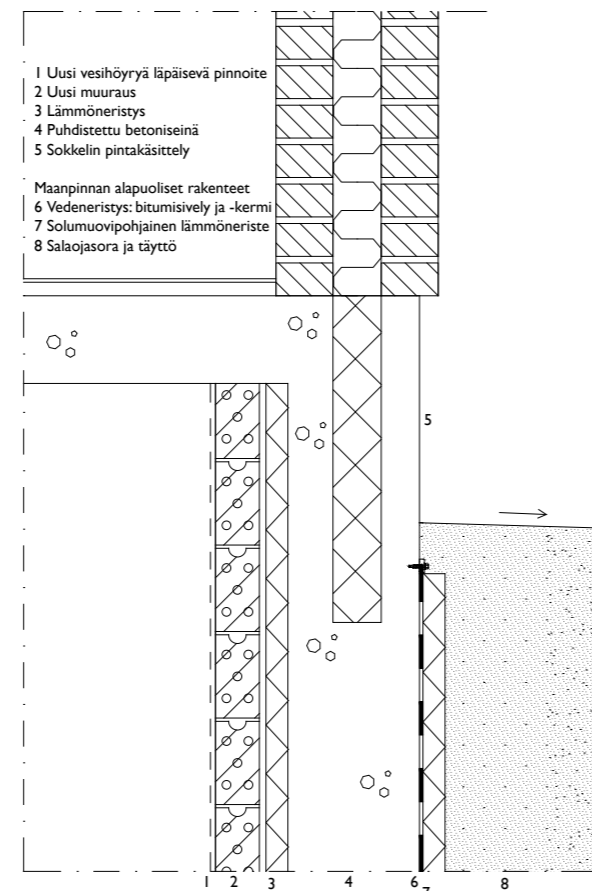
Tilanteessa, jossa maanvastainen seinä sijaitsee vain osittain maan alla, maanpäällisen osan tulee olla lämmöneristetty. Mikäli maanpäällinen osa on lämmöneristämätön, muodostuu betoniseinän sisäpintaan kastepiste. Osittain maanpinnan yläpuolella olevaa maanvastaista seinää ei aina voida lämmöneristää ulkopuolelta maanpäällisiltä osilta esimerkiksi rakennussuojelluksista syistä (muuttaa rakennuksen

ulkonäköä, koska sokkelirakenne tulisi julkisivua paksu-  
maksiksi) tai kulutuskestävyysvaatimuksista johtuen (mm.  
koulut). Tällöin maanvastainen seinä on lämmöneristettävä  
sisäpuolelta. Ratkaisuksi soveltuvat mm. maanvastaisen  
seinän sisäpuolisten rakenteiden purku ja niiden korvaami-  
nen kalsiumsilikaatti- tai solumuovipohjaisilla lämmöneris-  
teillä tai muurauksella. Sisäpuolisen lämmöneristeen käyttö  
edellyttää, että ulkopuolinen vedenpoisto salaojituksineen  
on kunnossa.

### Osittain maanpinnan yläpuolella sijaitseva maanvastainen seinä, korjaustapa 1



### Osittain maan pinnan yläpuolella sijaitseva maanvastainen seinä, korjaustapa 2



Maanvastaisen seinän lämmöneristäminen sisäpuolelta siirtää kylmäsillan ulkoseinän ja välipohjan liitokseen. Tämä voi aiheuttaa mikrobivaurion riskin välipohjarakenteeseen, mikäli välipohjassa on mikrobivaurioherkkiä materiaaleja, kuten puurakenteita.

Sisäpuoliset lämmöneristeet tulee asentaa huolellisesti alustaa vasten, jottei lämmöneristeen ja seinän väliin muodostu ilmaväliä. Näiden rakenteiden kunto vaatii jatkuvaa tarkkailua. (Asikainen ja Peltola, 2008).

Seuraavissa kuvissa on esitetty korjaustavat tilanteisiin, joissa maanvastainen seinä sijaitsee vain osittain maan alla eikä ulkopuolista lämmöneristystä voida käyttää.

Maanvastaisen seinän näkyvä osa tulee pinnoittaa sadevettä pidättävällä, mutta vesihöyryä läpäisevällä pinnoitteella (4), jotta sadevesi ei pääse imeytymään seinärakenteeseen.

### Kaupunkialueilla katuun rajoittuvat maanvastaiset seinät

Kaupunkialueilla maanvastaisten seinien kosteusteknisten korjausten tekeminen rakennuksen ulkopuolella on usein kallista ja joskus käytettävästä tilasta johtuen lähes mahdotonta. Tällaisissa tapauksissa korjausvaihtona on käytettävä sisäpuolisia korjausmenetelmiä. Korjausmenetelminä käytetään esimerkiksi vedentiivistys- ja muita erikoislaasteja aktiivisiin vesivuotokohtiin sekä erilaisia injektointi- ja mekaanisia ratkaisuja veden kapillaarista nousua vastaan. Nämä käsitellään tarkemmin luvussa 3.3.7 Kosteuden ja epäpuhtauksien siirtymistä rajoittavat korjausmenetelmät. Myös näissä korjaustavoissa maanvastainen seinä tulee pinnoittaa vesihöyryä läpäisevällä pinnoitteella ja tilan ilman vaihtuvuudesta tulee huolehtia.

### Märkätila maanvastaista betoniseinää vasten

Ensisijaisesti tulisi välttää märkätilojen sijoittamista maanvastaista seinää vasten. Märkätilan sijaitessa maanvastaista betoniseinää vasten, sijaitsee seinärakenteessa kosteuden kulkua estävä kerros molemmissa pinnoissa, kun maanvastainen seinä on asianmukaisesti ulkopuolelta eristetty. Tällöin märkätilan kosteus ei pääse poistumaan ulospäin. Tapauskohtaisesti on harkittava, voiko vedeneristystä ja pintarakenteita asentaa suoraan maanvastaista seinää vasten vai tarvitseeko rakenteeseen tehdä pystysuora tuuletusväli (RIL 255-2014), joka tuulettuu ylhäältä ja sivuilta viereiseen tilaan ja jonka tuulettuminen varmistetaan tarvittaessa koneellisella tuuletuksella. Myös märkätiloissa pintamateriaaleiksi tulisi valita vesihöyryä hyvin läpäiseviä materiaaleja siellä, missä se on mahdollista. Märkätilojen rakenteita on käsitelty tarkemmin luvussa 3.2.9 Märkätilat.

### Salaojittavan lämmöneristeen käyttö

Maanvastaisen kivirakenteisen seinän korjaustapana voidaan käyttää myös ulkopuolista korjausta, jossa perusmuurin ulkopuolelle asennetaan salaojittava lämmöneriste. Käytettäessä salaojittavaa lämmöneristettä seinärakenne harvenee ulospäin, jolloin seinärakenteen on mahdollista kuivua myös maaperään päin. Salaojittava lämmöneriste katkaisee kapillaarisen kosteuden nousun ja perusmuurin viereen kulkeutuva vesi ohjautuu pitkin lämmöneristettä salaojiin. On huomattava, että salaojittava lämmöneriste ei toimi rakenteen vedeneristeenä. Käytettäessä salaojittavaa lämmöneristettä on varmistuttava siitä, että pohjavedenpinnan on pysyttävä selvästi rakenteiden alapuolella eikä seinän viereen saa kulkeutua suuria määriä vettä (RT 83-10955). Tämä edellyttää, että sadevedenpoistorakenteet ovat kunnossa.

## Liite 2.4

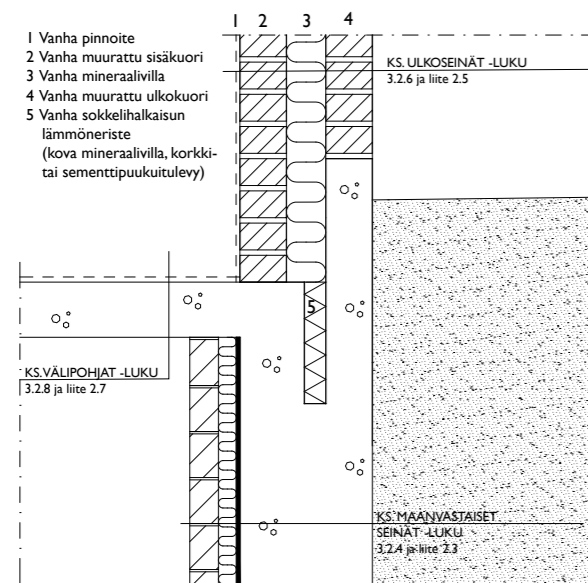
### Sokkeleiden korjausmenetelmät

Tässä liitteessä käsitellään seuraavat sokkelit:

- Sokkelihalkaisut
- Valesokkelit

#### SOKKELIHALKAISUT

##### Alkuperäinen rakenne



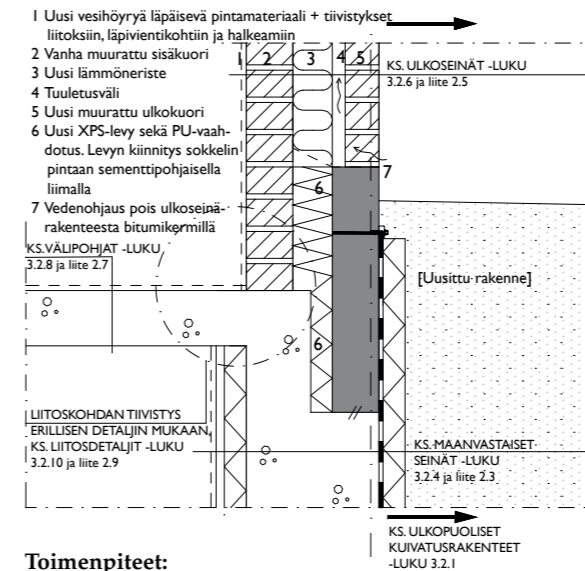
Yllä olevassa kuvassa on esitetty tyypillinen tiili-villa-tiilirakenteisen ulkoseinärakenteen sokkelirakenne kellarillisen rakennuksen maanvastaisessa seinässä. Sokkelin lämmön-eristemateriaalina on tyypillisesti käytetty mineraalivillaa, korkki- tai sementtilastuvillalevyä. Sokkelihalkaisu on tuuletumaton rakenne ja kastuessaan se mikrobivaurioituu helposti.

Seuraavassa esitettävät korjausvaihtoehdot ovat sovellettavissa myös kellarittomaan rakennukseen, jossa sokkelirakenne on yhteydessä maanvastaiseen anturaan.

##### A Sokkelirakenteen purku ja uusiminen

Sokkelirakennetta ei ole mahdollista purkaa kokonaan purkamatta ulkoseinän lämmön-eristettä ja ulkokuorta.

##### B Lämmön-eristeen poistaminen ja korvaaminen uudella



##### Toimenpiteet:

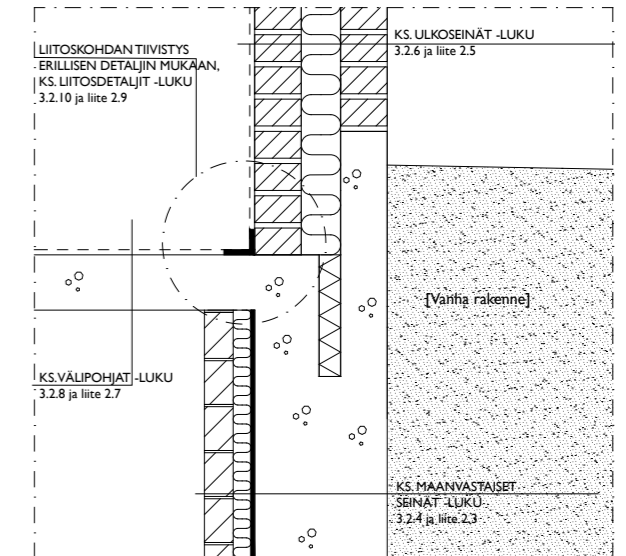
Matalissa yksi- ja kaksikerroksisissa rakennuksissa sokkelihalkaisun eristeen poistaminen on luontevinta tehdä ulkokautta siten, että koko ulkoverhous, sokkelin ulkokuori sekä lämmön-eristeet puretaan ja rakennetaan uudelleen.

Toisena, huomattavasti työläämpänä ja epävarmempana vaihtoehtona on sokkelin lämmön-eristeen poistaminen sahausaukkojen kautta. Tällöin betonisokkeliin tehdään sahausaukkoja eli sokkelirakenteeseen jätetään kaistoja, joista muodostuu pilareita ja palkkimaisia rakenteita kannattamaan ulkoseinää. Sopiva kaistaväli tulee suunnitella huomioiden sokkelin kannattelemat kuormat. Tämä korjaustapa sopii lähinnä paikallisten, pienialaisten vaurioiden korjaamiseen. Mikrobivaurioitunut lämmön-eriste poistetaan sahausaukkojen kautta. Jäävät betonipinnat puhdistetaan hiekkapuhaltamalla tai teräsharjauksella ja imuroidaan. Desinfiointiaineiden käyttöä ei suositella.

Vanha lämmön-eriste korvataan suulakepuristetulla polystyreenilevyllä, joka liimataan alustaan sementtipohjaisella laastilla sokkelin pinnan epätasaisuuden vuoksi. Levyjen liitokset sekä tyhjät ontelot täytetään PU-vaahdotuksella. Sahausaukot voidaan valaa umpeen betonilla tai aukot voidaan täyttää kevytsoraharkoilla. Sokkelin ulkopinta oikaistaan ja pintaan asennetaan tarvittavat vedeneristeet, tarvittaessa lämmön-eristys sekä routasuojaus.

Vaihtoehtoisesti sokkelihalkaisun lämmön-eristys voidaan poistaa myös sisäkautta. Ulkoseinärakenne avataan noin jatkuu

##### C Rakenteen ilmanpitävyyden parantaminen



##### Toimenpiteet:

Betonilaatan ja sokkelin sekä erilaisten läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Tiilestä muurattu sisäkuori läpäisee ilmavirtauksia halkeamien ja saumojen kautta. Hallitsemattomien ilmavuotojen estämiseksi yleensä koko sisäkuorimuurin sisäpinta tulee käsitellä esimerkiksi vedeneristejärjestelmällä, epoksinnoitteella tai vesihöyryä läpäisevällä pinoitejärjestelmällä, johon sisällytetään myös kuitukangasvahvike. Tapauskohtaisesti myös tavallinen tasoitus ja maalaus voi olla riittävä käsittely. Rakenteen läpi huonetilaan päätyvä kosteus poistetaan hallitusti tehokkaalla ilmanvaih dolla. Tiivistysratkaisu sekä käytettävä pintamateriaali valitaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti.

Korjauksen tavoitteena on estää rakenteen liitoksista, läpivientikohdista ja halkeamista tapahtuvat haitalliset ilmavuodot maaperästä ja mahdollisesti mikrobivaurioituneesta eristeestä huoneilmaan. Korjaustavassa rakenteen vaurioitumismekanismi ei poistu, ja mikrobivaurioitunut materiaali jää rakenteeseen paikoilleen.

jatkuu

## B Lämmöneristeen poistaminen ja korvaaminen uudella

1 metrin korkeuteen ja ulkoseinärakenteeseen asennetaan tarvittavat väliaikaiset tuennat. Lämmöneriste poistetaan mekaanisesti kaapimalla sekä imuroiden eristekolon välillä tyhjäksi. Uutena lämmöneristeenä käytetään PU-vaahdolla tiivistettyä jäykkää suulakepuristettua polystyreenilevyä.

Sokkelihalkaisun mikrobivaurioituneiden lämmöneristeen poistaminen tehdään tyypillisesti, kun korjaukselta tavoitellaan rakennuksen peruskorjaukselle tyypillistä käyttöikä. Tällä korjaustavalla rakenteen rakennusfysikaalinen toiminta paranee olennaisesti lähtötilanteeseen nähden. Lisäksi estetään kosteuden tunkeutuminen rakenteeseen jatkossa.

Sokkelihalkaisun korjaamisen yhteydessä tulee rakentaa rakennuksen salaoja- sekä sadevesijärjestelmä tai uusia toimimaton järjestelmä. Myös liittyvän alapohjarakenteen kosteustekninen toimivuus tulee korjauksen yhteydessä ottaa huomioon. Alapohjarakenne ei saa aiheuttaa omalta osaltaan sokkelirakenteen kastumista esim. kapillaarisen kosteuden nousun kautta.

### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- rakenteiden kuivatus ennen lämmöneristeen asennusta tulee tehdä huolella
- vanha lämmöneriste tulee saada kokonaan pois sokkelihalkaisusta ja pinnat puhdistettua
- uusi lämmöneristys tulee saada asennettua koko halkaisun matkalle, jotta rakenteeseen ei synny kylmäsiltaa
- pelkkä sokkelihalkaisun korjaus ei poista rakennuksen muita kosteuslähteitä ja myös ne tulee korjauksin saada hallintaan

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian ja sokkelin liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisuuksien mukaan liian korkealla olevan maanpinnan laskeminen
- sokkelihalkaisun vedenpoiston toimivuuden varmistaminen
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun tilaan

### Riskit:

- rakenteeseen voi jäädä mikrobivaurioitunutta materiaalia, mikäli eristeen poistoa ja pintojen puhdistusta ei tehdä huolellisesti
- rakenteeseen voi muodostua kylmäsiltoja, mikäli uutta lämmöneristettä ei asenneta huolellisesti

### Energiatohokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyys paranee
- ilmanvaihdon tasapainotuksella voi olla joko energiatehokkuutta parantava tai heikentävä vaikutus lähtötilanteesta riippuen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## C Rakenteen ilmanpitävyyden parantaminen

Tiivistyskorjausten yhteydessä on aina huolehdittava korjattavan tilan ilmanvaihdon toimivuudesta korjauksen jälkeisessä tilanteessa, sillä vanhoja korvausilmareittejä rakenteiden liittymien läpi on korjauksessa tiivistetty ilmanpitäväksi. Sokkeliin kohdistuvan ulkopuolisen kosteusrasitustason alentamiseksi maanpintaa muotoillaan siten, että sadevedet ohjataan rakennuksesta pois päin ja syöksytorvilta vesi johdetaan hallitusti pois rakennuksen viereltä.

### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- korjauksen onnistumisen todentaminen merkkiaine-kokein
- ulkopuolisen kosteusrasitustason alentaminen

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian ja sokkelin liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisuuksien mukaan liian korkealla olevan maanpinnan laskeminen
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun tilaan

### Riskit:

- ilmatiiviiden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunut materiaali jää rakenteeseen

### Energiatohokkuus:

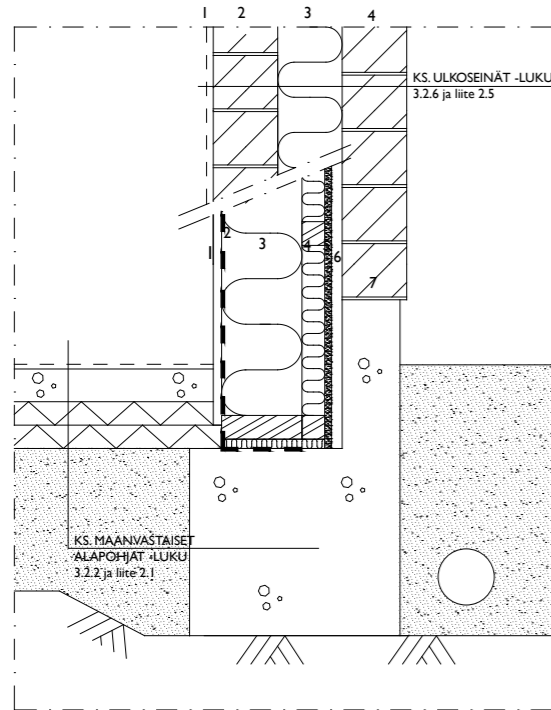
- rakenteen lämmöneristävyys pysyy samana
- ilmanvaihdon tasapainotuksella voi olla joko energiatehokkuutta parantava tai heikentävä vaikutus lähtötilanteesta riippuen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- korjauksen toimivuus käyttöajan ajan tulee varmistaa säännöllisesti tehtävillä seurantamittauksilla (esim. merkkiainekokeella)

## VALESOKKELIT

### Alkuperäinen rakenne



- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| <b>PUURUNKOINEN SEINÄ</b>                  | <b>TIILIRUNKOINEN SEINÄ</b> |
| 1 Vanha rakennuslevy ja pintakäsittely     | 1 Vanha pinnoite            |
| 2 Vanha ilman- ja höyrynsulku              | 2 Vanha tiiliverho          |
| 3 Vanha kantava puurakenne ja lämmöneriste | 3 Vanha lämmöneriste        |
| 4 Vaakakoolaus ja lämmöneriste             | 4 Vanha tiiliverho          |
| 5 Vanha tuulensuojalevy                    |                             |
| 6 Ilmaväli (muurausvara)                   |                             |
| 7 Vanha tiiliulkoverho                     |                             |

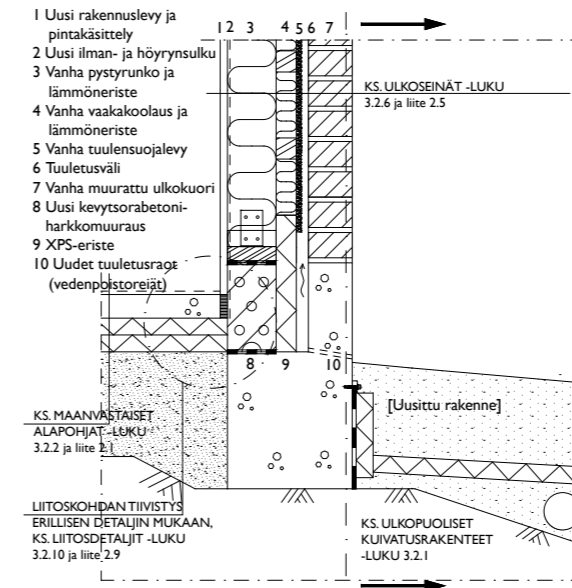
Valesokkeli tai nk. piilosokkeli on perustusrakenne, jossa rakennuksen ulkopuolella perusmuurissa on näkyvässä noin 300 mm betoni- tai kevytsorabetoniharkkorakennetta ja sisäpuolella sokkelirakenteen yläpinta on lähellä maanpinnan tasoa. Tällöin kantavan ulkoseinän tai sisäkuoren alaosa sijaitsevat usein n. 100–200 mm lattia- ja maanpinnan alapuolella. Seinärakenteessa kosteus- ja mikrobivaurioille alttiita kohtia ovat erityisesti ulkoseinän alaosa, sillä kasutuessaan rakenne ei pääse kuivumaan tehokkaasti. Sokkelin ilmaväli on usein myös ummessa. Yllä olevassa kuvassa on esitetty tyypillinen valesokkelirakenne puurunkoisessa rakennuksessa ja seuraavassa kuvassa tiilirunkoisessa rakennuksessa.

### A Sokkelirakenteen purku ja uusiminen

Sokkelirakennetta ei ole mahdollista purkaa kokonaan purkamatta muuta rakennusta.

## B Vaurioituneiden materiaalien poisto ja uusiminen

### Puurunkoinen seinä



Ulkoseinän mikrobivaurioituneiden lämmöneristeiden poistaminen tulee tehdä aina. Tällä korjaustavalla rakenteen rakennusfysikaalinen toiminta paranee olennaisesti lähtötilanteeseen nähden. Tällä korjaustavalla estetään kosteuden tunkeutuminen rakenteeseen jatkossa.

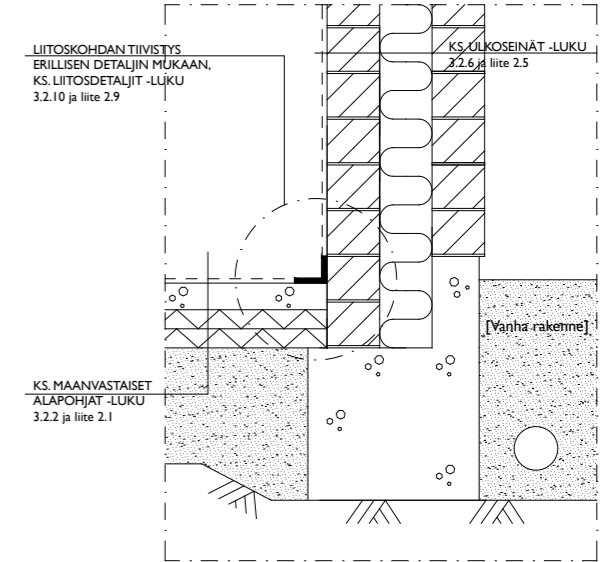
#### Toimenpiteet:

Puurunkoisessa seinässä poistetaan vaurioituneiden lämmöneristeiden lisäksi myös puurunkojen alaosa sekä alasidepuu ja ne korvataan kevytsoraharkolla. Korjaus on tarkemmin selostettu Liitteessä 2.9 Liitosdetaljit, sokkeli-alapohjaliitos.

Vaurioituneiden materiaalien poisto rakenteesta tehdään yleensä sisäkautta. Rakenteen kantavuus korjauksen aikana tulee ottaa huomioon, joten runkotolppien alaosa ja alasidepuun uusiminen tehdään osissa. Puurunkoisissa rakennuksissa sisäverhoilevyt toimivat jäykistävänä rakenteena. Korjauksessa sisäpuolinen levytys tai tiiliverho poistetaan lattiapinnasta noin 500–700 mm korkeuteen saakka riippuen siitä, kuinka korkealle rakenteet ovat vaurioituneet. Märkätilan kohdalla on varauduttava uusimaan runkotolppia yli 1,5 metrin korkeudelle. Runkotolpat tuetaan työnaikaisesti tolppiin kiinnitettävällä palkkirakenteella sekä tarvittavalla pystyrakenteiden vahvistuksella. Puurakenteessa pystytolpat katkaistaan riittävän korkealta siten, että lahovaurioituneet puumateriaalit saadaan kauttaaltaan poistettua. Alasidepuu poistetaan kokonaan ja korvataan osissa uudella. Korjauksessa olennaista on poistaa kaikki mikrobivaurioitunut materiaali. Korjauksessa on huomioitava alasidepuun jäykistävä vaikutus rakenteessa ja huolehdittava, että se ei heikenny korjauksen myötä.

*jatkuu*

## C Rakenteen ilmanpitävyyden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Betonilaatan ja sokkelin sekä erilaisten läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Tiilestä muurattu sisäkuori läpäisee ilmavirtauksia halkeamien ja saumojen kautta. Hallitsemattomien ilmavuotojen estämiseksi yleensä koko sisäkuori-muurin sisäpinta tulee käsitellä esimerkiksi vedeneristejärjestelmällä, epoksinnoitteella tai vesihöyryä läpäisevällä pinnoitejärjestelmällä, johon sisällytetään myös kuitukan-gasvahvike. Rakenteen läpi huoneeseen päätyvä kosteus poistetaan hallitusti tehokkaalla ilmanvaihdolla. Tiivistysratkaisu sekä käytettävä pintamateriaali valitaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti.

Korjauksen tavoitteena on estää rakenteen liitoksista, läpivientikohdista ja halkeamista tapahtuvat haitalliset ilmavuodot maaperästä ja mahdollisesti mikrobivaurioituneesta eristeestä huoneilmaan. Korjaustavassa rakenteen vaurioitumismekanismi ei poistu, ja mikrobivaurioitunut materiaali jää rakenteeseen paikoilleen.

Tiivistyskorjausten yhteydessä on aina huolehdittava korjattavan tilan ilmanvaihdon toimivuudesta korjauksen jälkeisessä tilanteessa, sillä vanhoja korvausilmareittejä rakenteiden liittymien läpi on korjauksessa tiivistetty ilmanpitäväksi. Sokkeliin kohdistuvan ulkopuolisen kosteus- rasiustason alentamiseksi maanpintaa muotoillaan siten, että sadevedet ohjataan rakennuksesta pois päin ja syöksytorvilta vesi johdetaan hallitusti pois rakennuksen viereltä.

#### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- korjauksen onnistumisen todentaminen merkkiainekokein
- ulkopuolisen kosteusrasitustason alentaminen

*jatkuu*

## B Vaurioituneiden materiaalien poisto ja uusiminen

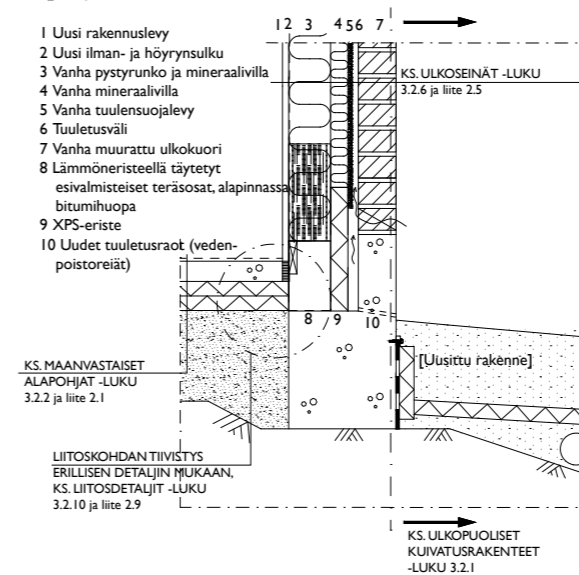
Seinän alaosa korjataan muuraamalla seinän alaosa kevytsorabetoniharkoilla. Harkon ulkopuolelle asennetaan solumuovilämmöneriste (EPS, XPS) ja tuulettumista varten sokkeliin lämmöneristykseen taakse jätetään n. 25 mm väli. Sen tuulettuminen on varmistettava esim. poraamalla sokkeliin tuuletusreiät ulkopuolelta yläviistoon.

Seinän sisäpinnat korjataan yleensä alkuperäisen mukaiseksi. Höyrynsulun yhtenäisyys varmistetaan viemällä höyrynsulkumuovi betonilaatan ja harkon väliseen liitokseen, joka tiivistetään esim. polyuretaanivaahdolla. Höyrynsulkumuovin riittävästä kiinnittämisestä sekä kiinnityksen tiivyydestä alustaan on varmistuttava.

Seinän alaosa voidaan korjata myös ns. "kengittämällä" seinä erilaisin teräskappalein, jotka on täytetty esimerkiksi solumuovilämmöneristeellä.

Valesokkelin uusimisen yhteydessä on suositeltavaa harkita seinien lisälämmöneristämistä sisäpuolelta esimerkiksi 50 mm mineraalivillalla. Tällöin seinälevy ja vanha höyrynsulku puretaan kokonaan pois kattoon / välipohjaan saakka.

Sokkelihalkaisun korjaamisen yhteydessä tulee rakentaa rakennuksen salaoja- sekä sadevesijärjestelmä tai uusia toimimaton järjestelmä. Myös liittyvän alapohjarakenteen kosteustekninen toimivuus tulee korjauksen yhteydessä ottaa huomioon siten, että kosteudennousua sokkeliin ei esiinny alapohjarakenteen kautta.



### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- rakenteiden kuivatus ennen lämmöneristeiden asennusta tulee tehdä huolella
- vanha lämmöneriste tulee saada kokonaan pois sokkelihalkaisusta ja puhdistaa pinnat
- uusi lämmöneristys tulee saada asennettua koko halkaisun matkalle, jotta rakenteeseen ei synny kylmäsiltaa

*jatkuu viereisellä palstalla*

## C Rakenteen ilmanpitävyyden parantaminen

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian ja sokkelin liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- sokkelihalkaisun vedenpoiston toimivuuden varmistaminen
- mahdollisuuksien mukaan liian korkealla olevan maanpinnan laskeminen
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun tilaan

### Riskit:

- ilmatiiviyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunut materiaali jää rakenteeseen

### Energiatohokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyys pysyy samana
- ilmanvaihdon tasapainotuksella voi olla joko energiatehokkuutta parantava tai heikentävä vaikutus lähtötilanteesta riippuen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- korjauksen toimivuus käyttöajan ajan tulee varmistaa säännöllisesti tehtävillä seurantamittauksilla (esim. merkkiainekokeella)

*jatkoa edelliseltä palstalta*

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian ja sokkelin liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- sokkelihalkaisun vedenpoiston toimivuuden varmistaminen
- mahdollisuuksien mukaan liian korkealla olevan maanpinnan laskeminen
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun tilaan

### Riskit:

- rakenteeseen voi jäädä mikrobivaurioitunutta materiaalia, mikäli eristeen poistoa ja pintojen puhdistusta ei tehdä huolellisesti
- rakenteeseen voi muodostua kylmäsiltoja, mikäli uutta lämmöneristettä ei asenneta huolellisesti
- uuden lämmöneristeen pysyminen paikoillaan / tuuletusvälin tukkeutuminen

### Energiatohokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyys paranee; mikäli seinät lisäksi lämmöneristetään samalla, lämmöneristävyys koko seinän osalla paranee olennaisesti
- ilmanvaihdon tasapainotuksella voi olla joko energiatehokkuutta parantava tai heikentävä vaikutus lähtötilanteesta riippuen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät tarkastukset

## Liite 2.5

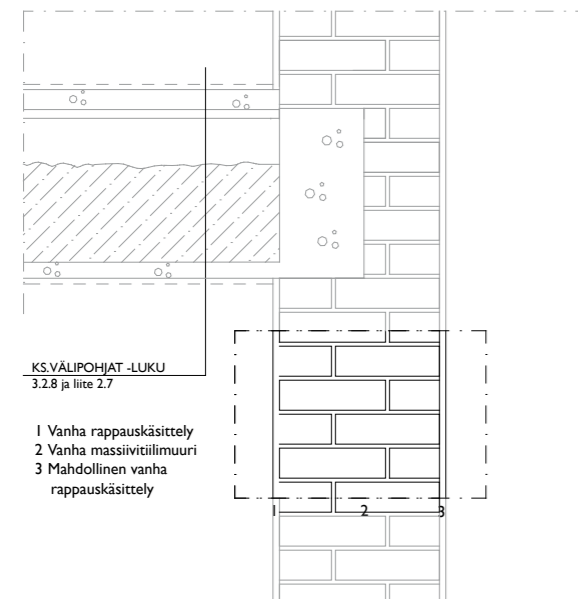
### Ulkoseinien korjausmenetelmät

Tässä liitteessä käsitellään seuraavat ulkoseinät:

- Massiivinen ulkoseinärakenne
- Tiili-villa-tiili ja tiili-villa-betoniseinä ilman tuuletusväliä
- Tuuletusraollinen seinä, jossa erillinen ulkoverhous
- Puurunkoinen seinä, jossa on kuorimuuri tai kevyt verhous
- Betonisandwich-elementtiseinä
- Hirsiseinä
- Teräspintainen sandwich-elementti (pelti-lämmöneriste-pelti-rakenne).

#### MASSIIVINEN ULKOSEINÄRAKENNE

##### Alkuperäinen rakenne



Muurattu massiiviseinä on tehty poltetuista savitiilistä, kalkkikiiekkakivistä tai muista muurauskappaleista (kevyt-betoni- tai kevytsorabetoniharkoista).

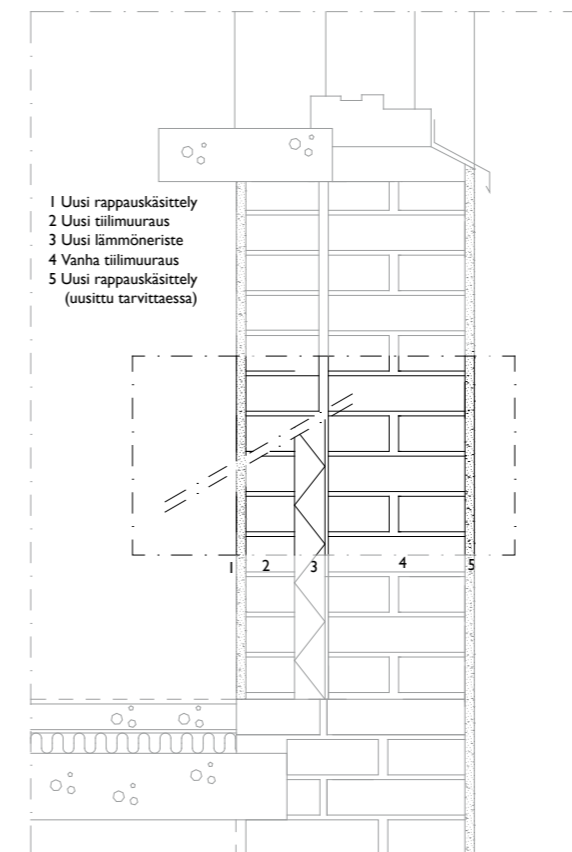
Massiivisissa ulkoseinärakenteissa esiintyy hyvin harvoin diffuusion vuoksi rakenteisiin tiivistyvää kosteutta. Massiivisilla ulkoseinärakenteilla on yleensä hyvin suuri kosteudensitomiskyky. Viistosade voi imeytyä syvälle seinärakenteen sisään aiheuttamatta vauriota, sillä lämpötila- ja kosteusolosuhteiden ollessa kuivumiselle suotuisat kosteus poistuu seinän sisästä aiheuttamatta vauriota. Massiivisten ulkoseinärakenteiden halkeilun rajoittamiseen tulee kiinnittää huomiota paikallisten ilmavuotojen ja sadevesivuotojen estämiseksi. (Pentti et al., 1999).

*jatkuu*

##### A Rakenteen uusiminen

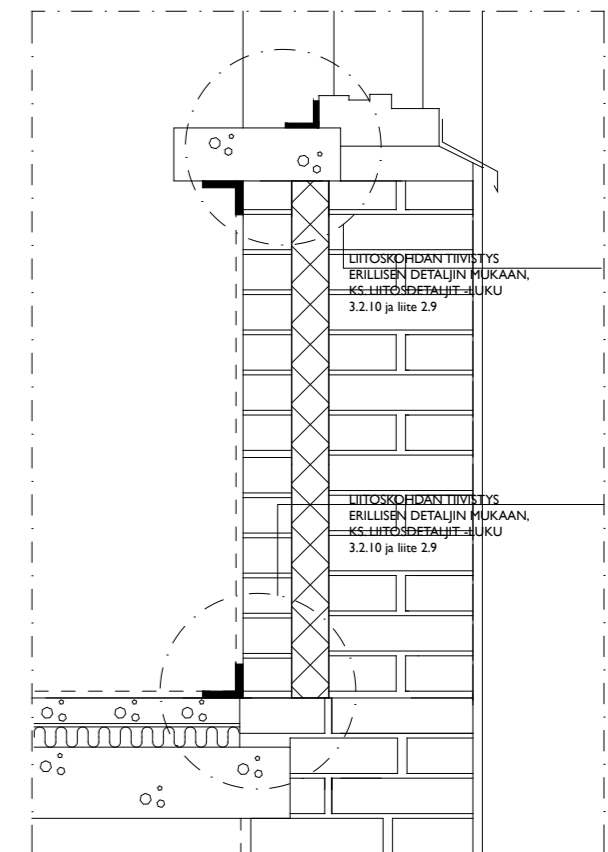
Massiivitiiliseinän kokonaan purkamisen johtaa myös välipohjien purkamiseen. Massiivitiiliseinien purkamisen pelkäästään kosteus- tai mikrobivaurioiden vuoksi ei ole perusteltua.

##### B Vaurioituneen lämmöneristeen poistaminen patterisyvennyksen kohdalla ja korvaaminen uudella



*jatkuu*

##### C Seinärakenteen tiivistyskorjaus patterisyvennyksen kohdalla



*jatkuu*



## Alkuperäinen rakenne

Massiivisissa ulkoseinärakenteissa vaurioita esiintyy lähinnä rakenteen kylmäsiltojen kohdalla tai esimerkiksi patterisyvennyksissä olevissa kosteuden vaikutuksesta vaurioituvissa lämmöneristemateriaaleissa (esim. sementtilastuvillalevy, korkki) tai ovi- ja ikkuna-aukkojen ylityspalkkien yhteydessä. Eristeen taustalla on saatettu käyttää mahdollisesti PAH-yhdisteitä sisältävää bitumisivelyä. Bitumisivelyjä on voitu käyttää myös välipohjien kantavissa rakenteissa, jotka on upotettu seinän sisään. Joskus massiivitiiliseinien sisäpintaan on tehty lisälämmöneristys, mikä madaltaa ulkoseinän ulkopinnan lämpötilaa ja tästä johtuen tiilimuuraus saattaa altistua pakkasvaurioille ja sisäpuolisen lämmöneristykseen koolausrakenteet ja lämmöneristeet kosteusvaurioille (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016). Yleensä massiivitiiliseinissä ei esiinny laajoja kosteus- ja mikrobivaurioita, jotka edellyttäisivät rakenteen kokonaisvaltaista purkua. Massiivisen ulkoseinärakenteen purkamistarve liittyy yleensä seinärakenteeseen rakennuksen käyttötavan vuoksi imeytyneisiin haitta-aineisiin (esim. öljyhiilivedyt konepajoissa), joita ei ole mahdollista poistaa rakenteesta tai niitä ei voida luotettavasti kapseloida rakenteen sisään.

Tässä liitteessä käsitellään massiivitiiliseinästä patterisyvennysten mikrobivaurioituneiden eristeiden korjausperiaatteet. Leukapalkit, aukkojen ylityspalkit, julkisivuun upotetut syöksytorvet yms. on käsitelty liitteessä 2.9 Liitosdetaljit.

## B Vaurioituneen lämmöneristeen poistaminen patterisyvennyksen kohdalla ja korvaaminen uudella

### Toimenpiteet:

Ennen purkamista patterit on otettava pois paikoiltaan. Patterisyvennyksestä puretaan kuorimuuraus sekä vanhat eristeet ja mahdolliset bitumisivelyt. Purkamisen jälkeen vanhat pinnat puhdistetaan ja tarvittaessa kuivatetaan. Uusi lämmöneriste asennetaan tiilimuurausta vasten, kiinnitys joko liimalaastilla tai mekaanisilla kiinnikkeillä. Lämmöneristeen tulee olla hyvin kosteutta sietävää esim. solumuovipohjaista materiaalia. Patterisyvennyksen pintaan muurataan uusi kuorimuuri, jonka pinta rapataan ja maalataan.

Vaihtoehtoisesti patterisyvennys voidaan muuttaa kokonaan yksiaineiseksi, eli rakenteiden purkamisen jälkeen tila muurataan täyteen tiilillä.

Tämä korjaustapa soveltuu silloin, kun mikrobivauriot patterisyvennyksissä ovat yleisiä koko ulkoseinällä tai kun rakennuksessa on käynnissä kattava peruskorjaus.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- alusta puhdistetaan huolellisesti purkutyön jälkeen
- alusta oikaistaan lämmöneristeiden kiinnitysalustaksi

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun ja ikkunoihin liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun tilaan

### Riskit:

- ei merkittäviä riskejä, sillä kaikki vaurioitunut materiaali poistetaan rakenteesta

### Energiatohokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyys paranee hieman, mutta se ei ole merkittävää koko rakennuksen näkökulmasta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## C Seinärakenteen tiivistyskorjaus patterisyvennyksen kohdalla

### Toimenpiteet:

Patterit irrotetaan paikoiltaan ja patterisyvennyksen liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Tiilestä muurattu sisäkuori läpäisee ilmavirtauksia halkeamien ja saumojen kautta. Hallitsemattomien ilmavuotojen estämiseksi yleensä koko verhomuurauksen sisäpinta tulee käsitellä esimerkiksi vedeneristejärjestelmällä, epoksi-pinnoitteella tai vesihöyryä läpäisevällä pinnoitejärjestelmällä, johon sisällytetään myös kuitukangasvahvike. Rakenteen läpi huonetilaan päätyvä kosteus poistetaan hallitusti tehokkaalla ilmanvaihdolla. Tiivistysratkaisu sekä käytettävä pintamateriaali valitaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti. Patterisyvennyksiä tiivistettäessä on erittäin olennaista tiivistää kaikki liitoskohdat sekä liittyvät ikkunarakenteet, jotta ilmanpitävyys saavutetaan kauttaaltaan.

Korjauksen tavoitteena on estää rakenteen liitoksista, läpivientikohdista ja halkeamista tapahtuvat haitalliset ilma- vuodot mahdollisesti mikrobivaurioituneesta eristeestä huoneilmaan.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- tiiviyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilma- vuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmavuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisuuksien mukaan julkisivuun ja ikkunoihin liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan (tai painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuden varmentaminen)

### Riskit:

- vaurion eteneminen ei pysähdy, jos ulkopuolista kosteusrasitusta ei samalla pienennetä
- ilmatiiviyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen

### Energiatohokkuus:

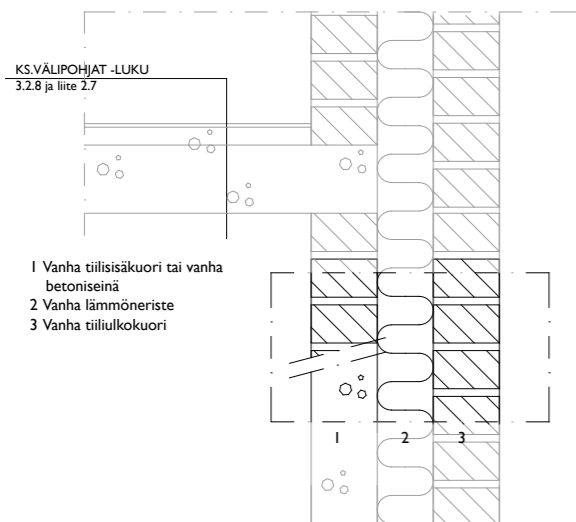
- rakenteen lämmöneristävyys pysyy samana, ilmatiiviyden parantaminen voi parantaa hieman energiatehokkuutta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistetyn rakenteen toimintaa tulee seurata merkki- ainekokeella säännöllisin väliajoin

## TIILI-VILLA-TIILI- JA TIILI-VILLA-BETONISEINÄ ILMAN TUULETUSVÄLIÄ

### Alkuperäinen rakenne



### A Rakenne uusitaan kokonaan

Kantavan tiili-villa-tiiliseinän kokonaan purkaminen johtaa usein myös välipohjien purkamiseen. Tiili-villa-tiiliseinien purkaminen pelkäästään kosteus- tai mikrobivaurioiden vuoksi ei yleensä ole perusteltua.

Tiiliverhotuissa ulkoseinärakenteissa ei ennen 1980-lukua ole käytetty tuuletusväliä julkisivuverhouksen takana. Rakenteen kuivuminen sateen jälkeen on hyvin hidasta tuuletusvälin puuttumisen vuoksi. Tuulettumattomissa tiili-villa-tiili/betoni-rakenteisissa seinissä on tyypillisesti käytetty lämmöneristeenä mineraalivillaa. Ikkunoiden apukarmit sijaitsevat myös tyypillisesti mineraalivillakerroksessa.

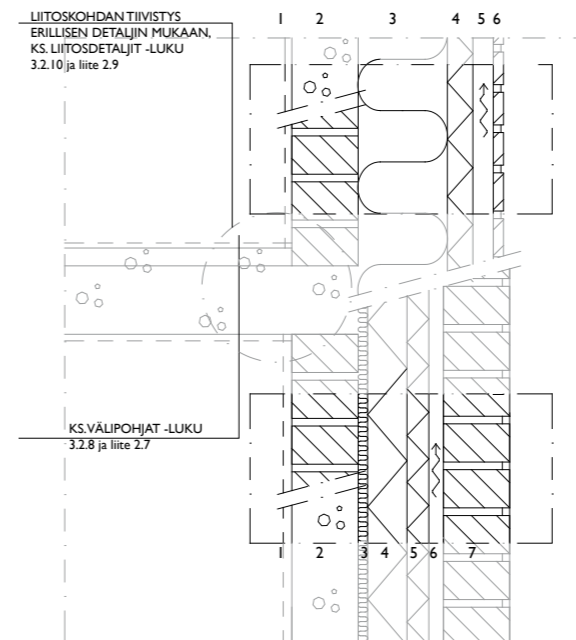
Kun viistosade on niin voimakas ja pitkäaikainen, että tiiliverhous ei kykene enää imemään kaikkea vettä itseensä, syntyy tiiliverhouksen pintaan tuulen ja gravitaation vaikutuksesta liikkuva vesikalvo. Sadevettä voi ohjautua julkisivun epätiiviykskohdista rakenteen sisään. Tiili-villa-tiili/betonirakenteen heikosta kuivumiskyvystä johtuen ulkokuoren saumoista ja ikkunaliittymistä kulkeutuneet vuotovedet ovat tyypillisesti aiheuttaneet kosteus- ja mikrobivaurioita lämmöneristeisiin, ikkunan apukarmeihin ja tilkkeisiin sekä ikkunan karmirakenteisiin.

Ilman tuuletusväliä toteutetuissa tiili-villa-tiili/betoniseiniissä seinän alaosa ei ole avoin, jolloin ulkokuoren taustapinnalla alaspäin valuva vesi jää pitkäksi aikaa kostuttamaan lämmöneriste-, runko- ja sokkelirakenteita.

Tyypillisesti rakenteen ilmanpitävyys on ollut heikko johtuen epätiiviyksistä ikkuna- ja oviliittymistä. Lisäksi puhtaaksimuuratun tiiliseinän saumojen ilmanpitävyys on tyypillisesti heikko.

Tiili-villa-tiili/betoniseinien korjauksessa tulee varmistaa, että lämmöneristetilaa pääsevä vuotovedet pääsevät poistumaan rakenteesta haittaa aiheuttamatta.

### B Rakenteen uusiminen ulkopuolelta



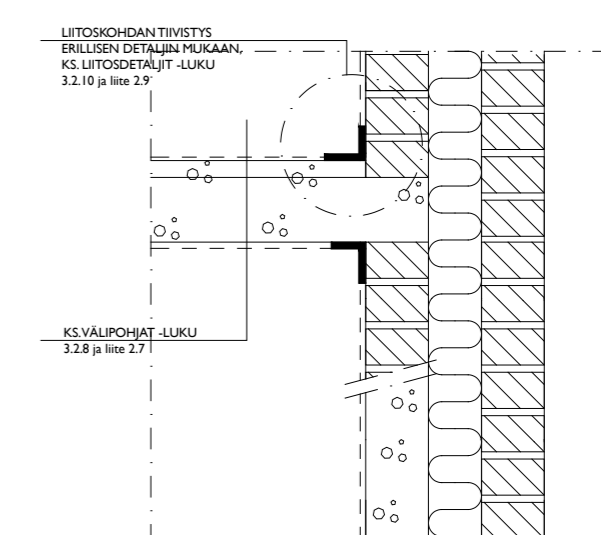
- 1 Sisäpinnan mahdolliset tiivistyskorjaukset
- 2 Vanha tiilisäkuori tai vanha betoniseinä
- 3 Uusi lämmöneriste
- 4 Uusi myös tuulensuojana toimiva lämmöneriste, pinta palomääräysten mukaan
- 5 Tuuletusväli (min. voimassa olevien määräysten ja ohjeiden mukaan)
- 6 Julkisivulevy, esim. tiililaattalevy (kannakointi rungosta otettava huomioon)
- 7 Uusi puhtaaksimuuratun tiili tai muu julkisivumateriaali (kannakointi rungosta otettava huomioon)

- 1 Vanha pintakäsittely ja tarvittaessa sisäpinnan tiivistyskorjaus/kapselointi
  - 2 Vanha tiilisäkuori tai vanha betoniseinä
  - 3 Alustan tasaus, esim. pehmeä mineraalivillamatto tai oikaisulaasti
  - 4 Uusi lämmöneriste, polyuretaanilevy (saumojen vaahdotus ja teippaus) tai mineraalivilla
  - 5 Uusi palosuojaja-/tuulensuojamateriaali tarvittaessa
  - 6 Tuuletusväli (min. voimassa olevien määräysten ja ohjeiden mukaan)
  - 7 Uusi puhtaaksimuuratun tiili tai muu julkisivumateriaali (kannakointi rungosta otettava huomioon)
- HUOM! Ilmaa läpäisevillä lämmöneristeillä rakenteen ilmatiiviyys toteutetaan sisäkuoren ja sen liittymien tiiviyksellä
- HUOM! Polymeeripohjaisilla lämmöneristeillä rakenteen ilmatiiviyys toteutetaan lämmöneristekerroksella

Korjauspäätöksen tulee perustua kokonaisvaltaiseen tarkasteluun vaurion laajuus ja vakavuus huomioon ottaen. Lämmöneristeiden ja ulkokuoren uusiminen tulee kyseenalaisissa tilanteissa, joissa ulkoseinärakenteessa on useita kosteusteknisiä puutteita ja vaurioituminen on laaja-alaista/pitkälle edennyt ja/tai korjaukselta edellytetään pitkää käyttöikää. Tällaisia tekijöitä ovat mm. puutteelliset ikkuna- ja räystäspellitukset, rakenteessa sijaitseva merkittävän kylmäsilan muodostava leukapalkki ja sen raudoitteiden korroosiovauriot, heikko ulkokuoren pakkasenkestävyys ja tekninen kunto sekä ulkoseinärakenteisiin ohjautuvat sadevedet puutteellisesti toteutettujen sadevedenpoistojärjestelmien vuoksi.

jatkuu sivulla 168

### C Seinärakenteen ilmatiivyyden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Pintalaatan ja seinän sekä erilaisten läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoituksen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Tiilestä muurattu sisäkuori läpäisee ilmavirtauksia halkeamien ja saumojen kautta. Hallitsemattomien ilmapuottojen estämiseksi yleensä koko verhomuurauksen sisäpinta tulee käsitellä esimerkiksi vedeneristejärjestelmällä, epoksinnoitella tai vesihöyryä läpäisevällä pinnoitejärjestelmällä, johon sisällytetään myös kuitukangasvahvike.

Betonirakenne sisäpintana on yleensä ilmatiivis ja vain merkittävä (luokkaa > 0,3 mm) rakenteen läpi ulottuva halkeilu heikentää sen ilmatiiviyttä. Betonirakenteeseen sisäkuoreen tiivistykset tehdään lähinnä seinärakenteen ja vaakasuuntaisten rakenteiden liitoksiin sekä ikkunan ja ulkoseinän liitoskohtiin ja pilari-palkkirungoissa sisäkuoren ja pilareiden väliseen saamaan. Myös läpiviennit, kuten lämmityspatterien kiinnikkeet, sekä liikuntasaumot tulee ottaa huomioon. Ikkunan ja ulkoseinän liitoskohtien tiivistys on käsitelty tarkemmin luvuissa 3.2.10 Liitosdetaljit ja 3.3.3 Rakennusosien ilmatiivyyden parantaminen

Mikäli tiili- tai betoniseinässä esiintyy laajoja, leveydeltään yli 0,3 mm rakenteen läpi ulottuvia halkeamia, tulee halkeamien aiheuttajaa selvittää ja halkeaman korjausvaihtoehto valitaan sen mukaan (esim. injektointi).

Rakenteen läpi huonetilaaan päätyvä kosteus poistetaan hallitusti tehokkaalla ilmanvaihdolla. Tiivistysratkaisu sekä käytettävä pintamateriaali valitaan kuitenkin aina tapaus-

jatkuu

## B Rakenteen uusiminen ulkopuolelta

Korjausvaihtoehdossa ratkaisun rakennusfysikaalinen toimivuus tulee tarkastella materiaaleja valittaessa. Palo- luokkaan P1 ja P2 kuuluvissa rakennuksissa seinärakenteen ulkopinnan pintarakenteiden on suojattava lämmöneristet- tä palolta niin, että suojaus vastaa EI 30 (EI 15) rakennusosaa tai tuuletusvälin sisäpinta on varustettava K2 30 (K2 10), A2-s1, d0 luokan suojaverhouksella.

Uuteen ulkoseinärakenteeseen lisättävän tuuletusvälin tulee olla avoin tuuletusilman sisäänvirtaus- ja poistumis- kohtien välillä. Tuuletusväli toimii myös ulkoverhouksen taakse päässeän veden poistumisreitillä. Tuuletusväliin rajoitettujen rakenteiden on kestävä ulkoverhouksen taakse päässeän veden aiheuttama kosteusrasitus.

Lämmöneristeen ja ulkokuoren uusimisessa korjausta- van valinta voidaan jaotella seuraaviin kahteen, toisistaan periaatteellisesti eroavaan päävaihtoehtoon/kriteeriin:

1. Rakennuksen ulkonäkö (=verhousmateriaali) ja raken- nepaksuudet saavat muuttua.
2. Rakennuksen julkisivun ulkonäkö ja mittasuhteet eivät esimerkiksi rakennussuojellillisista syistä tai liittyvien rakenteiden vuoksi saa muuttua, jolloin olemassa ole- via rakennepaksuuksia ja/ tai julkisivumateriaalia ei saa muuttaa.

Korjaustapa on mahdollinen myös rajatulle alueelle seinä- rakenteessa, eli se soveltuu myös paikallisten vaurioiden korjaamiseen.

### Toimenpiteet:

Vanha julkisivumuuraus ja lämmöneristeet puretaan sekä poistetaan muuratun sisäkuoren laastipurseet ja muuraus- siteet. Samalla puretaan lahonneet ja mikrobivaurioituneet rakenteet, kuten ikkunan apukarmirakenteet (tämä edellyt- tää myös ikkunoiden irrottamista). Uusi lämmöneristemate- riaali valitaan tavoiteltavan U-arvon ja käytettävissä olevan rakennepaksuuden mukaan. Ulkoverhoukseksi asennetaan joko alkuperäisen ulkoverhouksen kaltainen rakenne tai ko- konaan uuden tyyppinen verhous. Korjauksessa on otettava huomioon uuden julkisivurakenteen kannakointi sisäkuo- resta / rakennuksen rungosta. Detaljisuunnittelussa huomi- ota tulee kiinnittää julkisivun tuuletuksen järjestämiseen.

Rakenteen ilmanpitävyys voidaan toteuttaa solumuovi- pohjaisilla lämmöneristeillä. Tällöin on kiinnitettävä erityis- tä huomiota lämmöneristelevyjen kiinnitykseen rakennuk- sen runkoon sekä eristelevyjen tiivistämiseen toisiinsa sekä liittyviin rakennusosiin. Tyypillisesti lämmöneristeiden ja liittyvien rakennusosien raot tiivistetään polyuretaanivaah- dolla ja lisäksi saumapinnat teipataan tiivistämiseen tarkoi- tetuilla teipeillä.

Ilmaa läpäisevillä lämmöneristeillä toteutetussa korja- uksessa rakenteen ilmanpitävyys toteutetaan tiivistämällä sisäkuori joko sisäpinnasta tai lämmöneristetilasta. Sisäpin- nasta tehtävä tiivistys voidaan tehdä erilaisilla tiivistys- ja

*jatkuu seuraavalla sivulla*

kapselointijärjestelmillä. Lämmöneristepinnasta tehtävä tii- vistys tehdään yleensä rappaamalla. Tiivistyksessä on oleel- lista, että myös liittymät välipohjiin sekä ikkunarakenteisiin tms. ovat tiiviitä.

Julkisivun tuuletusvälin tulee olla alhaalta ylös suuntau- tuva ja avoin molemmista reunoistaan myös ikkuna- ja ovi- aukkojen kohdalla. Palomääräysten vuoksi tuuletusväliin voi olla tarve suunnitella vaakasuuntaisia palokatkoja, mikä on otettava huomioon tuuletusjärjestelyjen suunnittelussa.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- lämmöneristykseen asennusalan puhdistus ja oikaisu
- rakenteen ilmatiiviyden varmistaminen:
- jäykän lämmöneristeen ja sisäkuoren välissä ei saa olla hallitsemattomia tuuletusrakojia (konvektio estetty)
- sisäpinnan ilmatiiviyden parantamistarpeen tarkastelu
- tuuletusvälin yhtenäisyys ja riittävä pinta-ala (levyjul- kisivuilla  $\geq 200 \text{ cm}^2/\text{m}$ , tiilijulkisivuilla  $\geq 400 \text{ cm}^2/\text{m}$ )
- käytettäessä julkisivutiilenä 85 mm tiiliä yli 10 metriä korkeissa rakennuksissa, on kiinnitettävä erityistä huo- miota viistosaderasitukseen sekä sen poistamiseen mm. tarkastelemalla mahdollisuus käyttää leveitä räystäitä

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvien pellitysten ja sadevedenpoiston toteutus siten, että estetään tai ainakin vähennetään sei- nän kastumista
- lattian ja seinän liitoksen ilmanpitävyyden varmistami- nen
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/ tai korjaaminen /järjes- täminen korjattuun tilaan

### Riskit:

- ei merkittäviä riskejä, sillä kaikki vaurioitunut mate- riaali poistetaan rakenteesta ja parannetaan rakenteen ilmanpitävyyttä
- sisäkuoren pintojen käsittelystä aiheutuvat kustannuk- set voivat olla merkittäviä
- tiilen ja laastin yhteensopivuus; sadevesitiiviyden saa- vuttamiseksi on ratkaisevaa, kuinka hyvin laasti on tart- tunut tiileen

### Energiatohokkuus:

- kun seinärakenteen paksuutta ei ole rajoitettu ulkosei- närakenteen lämmöneristävyttä voidaan olennaisesti parantaa entisistä
- rakennepaksuuksien pysyessä alkuperäisenä ei toden- näköisesti saavuteta rakennuksen lämpöhäviöiden las- kennassa käytettävän lämmönläpäisykertoimen vertai- luarvoa, mutta lämmöneristävyys kuitenkin paranee entisistä, koska uudet lämmöneristeet ovat vanhoja parempia
- korjauksen yhteydessä tehtävä ikkunoiden uusiminen parantaa korjauksen energiatohokkuutta
- lämmitysjärjestelmän säätö parantaa energiatohok- kuutta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon sisältyvät toimet

## C Seinärakenteen ilmatiiviyden parantaminen

kohtaisesti. Tiivistyskorjauksen yhteydessä ikkunoiden uusimismahdollisuus on suositeltavaa tarkastella. Ikku- noiden uusimisella voidaan parantaa sekä rakennuksen energiatehokkuutta että tiivistyskorjauksen onnistumista. Korjauksen tavoitteena on estää rakenteen liitoksista ja hal- keamista tapahtuvat haitalliset ilmavuodot mahdollisesti mikrobivaurioituneesta eristeestä huoneilmaan.

Ilmatiiviyden parantamiskorjauksissa muun muassa sadevesikourut ja -syöksytorvet sekä räystä- ja ikkunapel- litykset tulee korjata siten, että vesivuotoja seinärakenteen sisään ei esiinny.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- tiiviyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan il- mavuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäl- jelle jääneiden vuotopaikkojen ilmavuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisuuksien mukaan julkisivuun ja ikkunoihin liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähenne- tään seinän kastumista
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/ tai korjaaminen /järjes- tääminen korjattuun rakennukseen tai tilaan (tai painovoii- maisen ilmanvaihdon toimivuuden varmentaminen)

### Riskit:

- vaurion eteneminen ei pysähdy, jos ulkopuolista kos- teusrasitusta ei samalla pienennetä
- ilmatiiviyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen

### Energiatohokkuus:

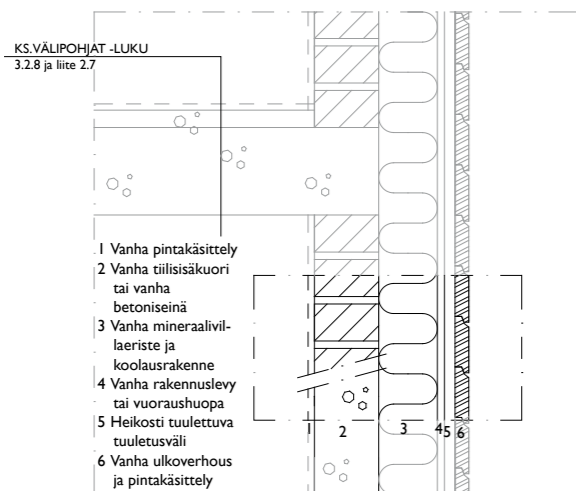
- rakenteen lämmöneristävyys pysyy samana, ilmatiivi- yden parantaminen voi parantaa hieman energiatehok- kuutta
- korjauksen yhteydessä tehtävä ikkunoiden uusiminen parantaa korjauksen energiatohokkuutta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

## TUULETUSRAOLLINEN SEINÄ, JOSSA ERILLINEN ULKOVERHOUS

### Alkuperäinen rakenne



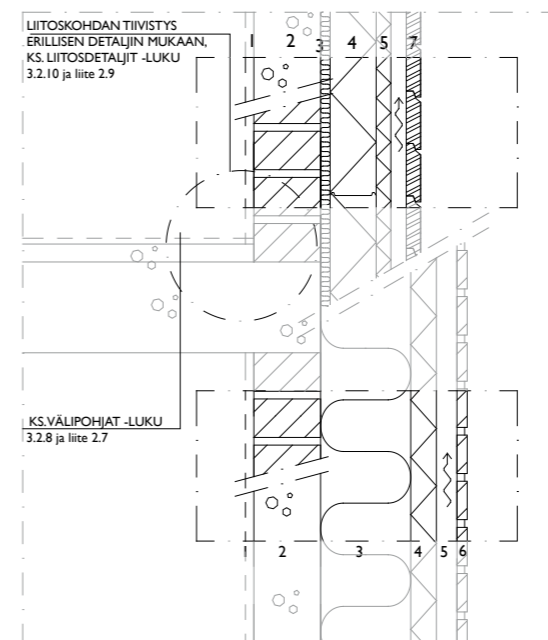
Yllä olevassa kuvassa on esitetty tyypillinen tiilisäkuoresta kannatettu tuuletusvälillä varustettu lautaverhottu seinä. Rakenteen sisäkuori voi olla myös betonia ja julkisivumateriaalina julkisivulevy. Seuraavassa esitettävät korjaustavat sopivat molempiin tilanteisiin.

Tuuletusvälillä varustetuissa ulkoseinärakenteissa esiintyy usein puutteita tuuletusvälin toteutuksessa. Tuuletusvälit ovat vanhoissa rakenteissa kapeita, eivätkä ne aina ole avoimia sekä ylhäältä että alhaalta. Lisäksi ongelmana on, että ulkoverhouksen saumoista, läpivienneistä erilaisista liittymistä, jne. rakenteeseen voi ohjautua rakenteen vikaistoisuuden kannalta liikaa vettä tuuletusväliin. Erityisen riskialttiita kohtia ovat ulkoseinän alaosan puurakenteet sekä ikkunarakenteisiin liittyvät puurakenteet.

### A Rakenne uusitaan kokonaan

Kantavan tiili- tai betoniseinän kokonaan purkaminen johtaa usein myös välipohjien purkamiseen. Tiili- tai betoniseinän purkaminen pelkästään kosteus- tai mikrobivaurioiden vuoksi ei yleensä ole perusteltua. Myös ei-kantavissa seinissä rakenteen kokonaan purkaminen pelkästään kosteus- tai mikrobivaurioiden vuoksi on yleensä ylimitoitettu toimenpide.

### B Rakenteen uusiminen ulkopuolelta

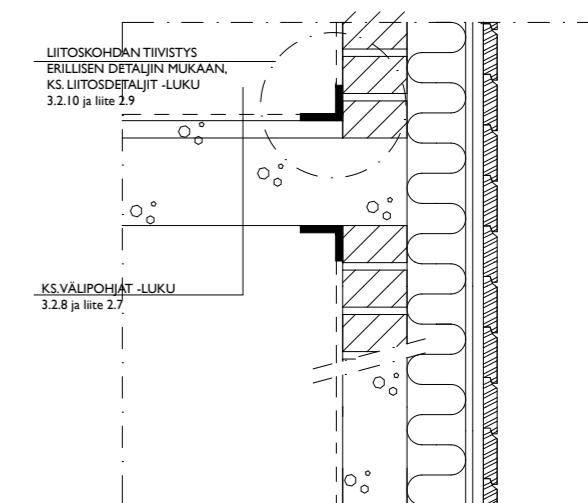


- |  |  |
|--|--|
| 1 Uusi vesihöyryä läpäisevä pintamateriaali (tarvittaessa)                             | 1 Sisäpinnan mahdollinen tiivistyskorjaus  |
| 2 Vanha tiilisäkuori tai vanha betoniseinä   | 2 Vanha tiilisäkuori tai vanha betoniseinä   |
| 3 Alustan tasaus, esim. pehmeä mineraalivillamatto tai oikaisulaasti                   | 3 Uusi lämmöneriste  |
| 4 Uusi palosuojamateriaali tarvittaessa  | 4 Uusi myös tuulensuojana toimiva lämmöneriste, pinta palomääräysten mukaan            |
| 5 Uusi palosuojamateriaali tarvittaessa  | 5 Tuuletusväli (min. voimassa olevien määräysten ja ohjeiden mukaan) ja koolausrakenne |
| 6 Tuuletusväli (min. voimassa olevien määräysten ja ohjeiden mukaan) ja koolausrakenne | 6 Julkisivulevy, esim. tiili-laattalevy, kannakointi rungosta on otettava huomioon     |
| 7 Uusi alkuperäisen kaltainen julkisivuverhouk   | 7 Uusi alkuperäisen kaltainen julkisivuverhouk   |
- HUOM! Polymeeripohjaisilla lämmöneristeillä rakenteen ilmatiiviyys toteutetaan lämmöneristekerroksella
- HUOM! Ilmaa läpäisevillä lämmöneristeillä rakenteen ilmatiiviyys toteutetaan sisäkuoren ja sen liittymien tiivistyksellä

Korjauspäätöksen tulee perustua kokonaisvaltaiseen tarkasteluun vaurion laajuus ja vakavuus huomioon ottaen. Lämmöneristeiden ja ulkokuoren uusiminen tulee kyseenalaisissa tilanteissa, joissa ulkoseinärakenteessa on useita kosteusteknisii puutteita ja /tai vaurioituminen on laaja-alaista /pitkälle edennyt ja /tai korjaukselta edellytetään pitkää käyttöikää. Tällaisia tekijöitä ovat mm. puutteelliset ikkunaja räystäspellitykset sekä ulkoseinärakenteisiin ohjautuvat sadevedet puutteellisesti toteutettujen sadevedenpoistojärjestelmien vuoksi. Ulkokuoren uusimisessa tulee ottaa huomioon myös julkisivun kunto, vaurioaste sekä jäljellä oleva tekninen käyttöikä.

Korjausvaihtoehdossa ratkaisun rakennusfysikaalinen toimivuus tulee tarkastella materiaaleja valittaessa. Palo-

### C Seinärakenteen ilmatiivyyden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Pintalaatan ja seinän sekä erilaisten läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoituksen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Tiilestä muurattu sisäkuori läpäisee ilmavirtauksia halkeamien ja saumojen kautta. Hallitsemattomien ilma-voutojen estämiseksi yleensä koko verhomuurauksen sisäpinta tulee käsitellä esimerkiksi vedeneristämällä, epoksinnoitteella tai vesihöyryä läpäisevällä pinnoitejärjestelmällä, johon sisällytetään myös kuitukangasvahvike.

Betonirakenne sisäpintana on yleensä ilmatiivis ja vain merkittävä (luokkaa > 0,3 mm) rakenteen läpi ulottuva halkeilu heikentää sen ilmatiivyyttä. Betonirakenteeseen sisäkuoreen tiivistykset tehdään lähinnä seinärakenteen ja vaakasuntaisten rakenteiden liitoksiin sekä ikkunan ja ulkoseinän liitoskohtiin ja pilari-palkkirungoissa sisäkuoren ja pilareiden väliseen saamaan. Myös läpiviennit, kuten lämmityspatterien kiinnikkeet, sekä liikuntasaumit tulee ottaa huomioon. Ikkunan ja ulkoseinän liitoskohtien tiivistys on käsitelty tarkemmin luvussa 3.2.10 Liitosdetaljit ja 3.3.3 Rakennusosien ilmatiivyyden parantaminen.

Mikäli tiili- tai betoniseinärakenteessa esiintyy laajoja, leveydeltään yli 0,3 mm rakenteen läpi ulottuvia halkeamia, tulee halkeamien aiheuttajaa selvittää ja halkeaman korjausvaihtoehto valitaan sen mukaan (esim. injekointi).

Rakenteen läpi huonetilaan päätyvä kosteus poistetaan hallitusti tehokkaalla ilmanvaihdolla. Tiivistysratkaisu sekä käytettävä pintamateriaali valitaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti. Tiivistyskorjauksen yhteydessä ikkunoiden uusi-

jatkuu sivulla 172

jatkuu

## B Rakenteen uusiminen ulkopuolelta

luokkaan P1 ja P2 kuuluvissa rakennuksissa seinärakenteen ulkopinnan pintarakenteiden on suojattava lämmöneristettä palolta niin, että suojaus vastaa EI 30 (EI 15) rakennusosaa tai tuuletusvälin sisäpinta on varustettava K2 30 (K2 10), A2-s1, d0 luokan suojaverhouksella.

Uuteen ulkoseinärakenteeseen tehtävän aiempaa leveämmän tuuletusvälin tulee olla avoin tuuletusilman sisäänvirtaus- ja poistumiskohtien välillä. Tuuletusväli toimii myös ulkoverhouksen taakse päässeän veden poistumisreitteinä. Tuuletusväliin rajoittuvien rakenteiden on kestävä ulkoverhouksen taakse päässeän veden aiheuttama kosteusrasitus.

Lämmöneristeen ja ulkoverhouksen uusimisessa korjaustavan valinta voidaan jaotella seuraaviin kahteen, toisistaan periaatteellisesti eroavaan päävaihtoehtoon/kriteeriin:

1. Rakennuksen ulkonäkö (=verhousmateriaali) ja rakenepaksuudet saavat muuttua.
2. Rakennuksen julkisivun ulkonäkö ja mittasuhteet eivät esimerkiksi rakennussuojelullisista syistä tai liittyvien rakenteiden vuoksi saa muuttua, jolloin olemassa olevia rakenepaksuuksia ja/tai julkisivumateriaalia ei saa muuttaa.

Korjaustapa on mahdollinen myös rajatulle alueelle seinärakenteessa, eli se soveltuu myös paikallisten vaurioiden korjaamiseen.

### Toimenpiteet:

Vanha julkisivumateriaali kannatus- ja kiinnitysrakenteineen ja lämmöneristeet puretaan sekä poistetaan muuratun sisäkuoren laastipurseet (tai betoniseinän valupurseet). Samalla puretaan lahonneet ja mikrobivaurioituneet rakenteet, kuten ikkunan apukarmirakenteet (tämä edellyttää myös ikkunoiden purkamista). Uusi lämmöneristemateriaali valitaan tavoiteltavan U-arvon ja käytettävissä olevan rakenepaksuuden mukaan. Ulkoverhoukseksi asennetaan alkuperäisen ulkoverhouksen kaltainen rakenne tai kokonaan uudentyyppinen verhous. Korjauksessa on otettava huomioon uuden julkisivurakenteen kannakointi sisäkuoresta/rakennuksen rungosta. Detaljisuunnittelussa huomiota tulee kiinnittää julkisivun tuuletuksen järjestämiseen.

Ilmaa läpäisevillä lämmöneristeillä toteutetussa korjauksessa ilmanpitävyys toteutetaan tiivistämällä sisäkuori joko sisäpinnasta tai lämmöneristetilasta. Sisäpinnasta tehtävä tiivistys voidaan tehdä erilaisilla tiivistys- ja kapselointijärjestelmillä. Lämmöneristepinnasta tehtävä tiivistys tehdään yleensä rappaamalla. Tiivistyksessä on oleellista, että myös liittymät välipohjiin sekä ikkunarakenteisiin tms. ovat tiiviitä.

Rakenteen ilmanpitävyys voidaan toteuttaa vaihtoehtoisesti solumuovipohjaisilla lämmöneristeillä. Tällöin on

*jatkuu seuraavalla sivulla*

kiinnitettävä erityistä huomiota lämmöneristelevyjen kiinnitykseen rakennuksen runkoon sekä eristelevyjen tiivistämiseen toisiinsa sekä liittyviin rakennusosiin. Tyypillisesti lämmöneristeiden ja liittyvien rakennusosien raot tiivistetään polyuretaanivaahdolla ja lisäksi saumapinnat teipataan tiivistämiseen tarkoitetuilla teipeillä.

Levyverhouksissa tuuletusvälin tulee olla alhaalta ylös suuntautuva ja avoin molemmista reunoistaan myös ikkuna- ja oviaukkojen kohdalla (aukkojen kohdalla minimipinta-ala 150 cm<sup>2</sup>/m). Tuuletusvälin vähimmäisleveys on 25 mm ja poikkipinta-ala 200 cm<sup>2</sup>/m. Palomääräysten vuoksi tuuletusväliin voi olla tarve suunnitella vaakasuuntaisia palokatkoja, mikä on otettava huomioon tuuletusjärjestelyjen suunnittelussa.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- lämmöneristeen asennusalan puhdistus ja oikaisu
- rakenteen ilmatiivyyden varmistaminen:
- jäykän lämmöneristeen ja sisäkuoren välissä ei saa olla hallitsemattomia tuuletusrakojia (konvektio estetty)
- sisäpinnan ilmatiivyyden parantamistarpeen tarkastelu
- tuuletusvälin yhtenäisyys ja riittävä pinta-ala (≥ 200 cm<sup>2</sup>/m)

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvien pellitysten ja sadevedenpoiston toteutus siten, että estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- lattian ja seinän liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun tilaan

### Riskit:

- ei merkittäviä riskejä, sillä kaikki vaurioitunut materiaali poistetaan rakenteesta ja parannetaan rakenteen ilmanpitävyyttä
- sisäkuoren pintojen käsittelystä aiheutuvat kustannukset voivat olla merkittäviä

### Energiatohokkuus:

- kun seinärakenteen paksuutta ei ole rajoitettu ulkoseinärakenteen lämmöneristävyttä voidaan olennaisesti parantaa entisestä
- rakenepaksuuksien pysyessä alkuperäisenä ei todennäköisesti saavuteta rakennuksen lämpöhäviöiden laskennassa käytettävän lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa, mutta lämmöneristävyys kuitenkin paranee entisestä, koska uudet lämmöneristeet ovat vanhoja parempia
- korjauksen yhteydessä tehtävä ikkunoiden uusiminen parantaa korjauksen energiatohokkuutta
- lämmöneristyskyvyn parantuessa lämmitysjärjestelmän säätö parantaa energiatohokkuutta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon sisältyvät toimet

## C Seinärakenteen ilmatiivyyden parantaminen

mismahdollisuus on suositeltavaa tarkastella. Ikkunoiden uusimisella voidaan parantaa sekä rakennuksen energiatehokkuutta että tiivistyskorjauksen onnistumista. Korjauksen tavoitteena on estää rakenteen liitoksista, läpivientikohdista ja halkeamista tapahtuvat haitalliset ilmavuodot mahdollisesti mikrobivaurioituneesta eristeestä huoneilmaan.

Ilmatiivyyden parantamiskorjauksissa muun muassa sadevesikourut ja -syöksytorvet sekä räystäs- ja ikkunapellitykset tulee korjata siten, että vesivuotoja seinärakenteen sisään ei esiinny.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- tiivyyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilma-vuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmavuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisuuksien mukaan julkisivuun ja ikkunoihin liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan (tai painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuden varmentaminen)

### Riskit:

- vaurion eteneminen ei pysähdy, jos ulkopuolista kosteusrasitusta ei samalla pienennetä
- ilmatiivyyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen

### Energiatohokkuus:

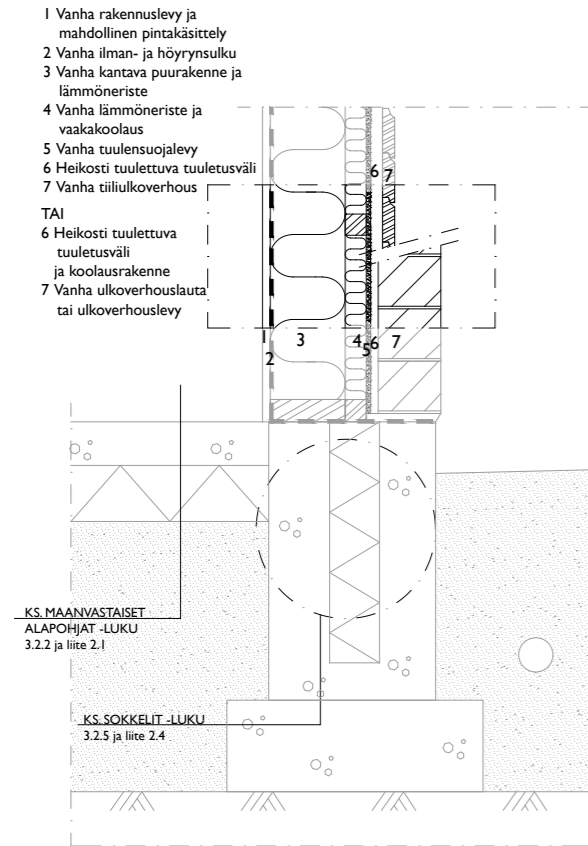
- rakenteen lämmöneristävyys pysyy samana, ilmatiivyyden parantaminen voi parantaa hieman energiatehokkuutta
- korjauksen yhteydessä tehtävä ikkunoiden uusiminen parantaa korjauksen energiatohokkuutta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

## PUURUNKOINEN SEINÄ, JOSSA ON KUORIMUURI TAI KEVYT VERHOUS

### Alkuperäinen rakenne



Yllä olevassa kuvassa on esitetty tyypillinen puurunkoinen seinärakenne, jossa julkisivuna on joko kuorimuuri tai kevyt verhous. Kosteusvaurioituneissa puurunkoisissa tiiliverhouksissa ulkoseinärakenteissa laastipurseet ovat tyypillisesti tukkineet tuuletusvälin. Nämä laastipurseet ja mahdollisesti sisäänpäin viettävät muuraussiteet voivat johtaa kosteutta julkisivurakenteesta tuulensuojalevyn pintaan ja edelleen lämmöneristetilaa aiheuttaen näin mikrobikasvun riskin. Vesi voi laastipurseita pitkin myös imeytyä kapillaarisesti tuulensuojalevvyyn ja siitä edelleen runkorakenteisiin.

Puuverhouksen laho- ja homevauriot alkavat yleensä kohdistua, joissa vesi pääsee lautojen poikkipintojen kautta imeytymään puurakenteen sisään. Lisäksi tyypillinen ongelmatilanne syntyy, kun puu- tai levyverhouksen epätiiviyttä liitos- tai saumakohdista vesi päätyy tuuletusväliin ja puutteellisesti toteutettujen vedenpoistorakenteiden vuoksi tuuletusväli ei pääse kuivumaan. Tällöin seinän alaosan rakenteet voivat mikrobivaurioitua.

### A Rakenne uusitaan kokonaan

#### Toimenpiteet:

Tässä vaihtoehdossa rakenne uusitaan vaurioituneilta alueilta kokonaan eli julkisivuverhous ja kantavat rakenteet puretaan ja rakenne tehdään voimassa olevien määräysten ja ohjeiden mukaisesti. Korjaus edellyttää korjauksen aikaisista ala-, väli- ja yläpohjan tuentaa. Uutta ulkoseinärakennetta valittaessa vaihtoehtoja voi olla useita, ja valinta tehdään rakennuksen käyttötarkoituksen ja arkkitehtonisten tavoitteiden perusteella.

Uusimista suunniteltaessa tulee ottaa huomioon liittyvät rakenteet. Kantavia ja jäykistäviä rakenteita purettaessa on suunniteltava työaikainen tuenta. Rakenteen uusiminen soveltuu lähinnä paikallisten rajattujen vaurioiden korjaamiseen. Vaurioiden ollessa laaja-alaisia voi hyvinkin olla kustannustehokkaampaa purkaa koko rakennus.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- liittyvien rakenteiden työaikainen tukeminen ja rakenteiden jäykistyksen varmistaminen
- vaurioituneiden materiaalien poistaminen kokonaisuudessaan ja jäljelle jäävien rakenteiden kuivattaminen
- rakennusfysikaalisen toimivuuden varmistaminen
- liitosten ilmatiivyyden toteutuminen kokonaisuudessaan

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvien pellitysten ja sadevedenpoiston toteutus siten, että estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- lattian ja seinän liitoksen ilmatiivyyden varmistaminen
- ilmanvaihdon tasapainotus ja / tai korjaaminen / järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan (tai painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuden varmentaminen)

#### Riskit:

- vaurioitunutta materiaalia voi jäädä rakenteeseen
- tavanomaiset uudisrakentamiseen liittyvät riskit, kuten työmaa-aikaisen kosteudenhallinnan pettäminen

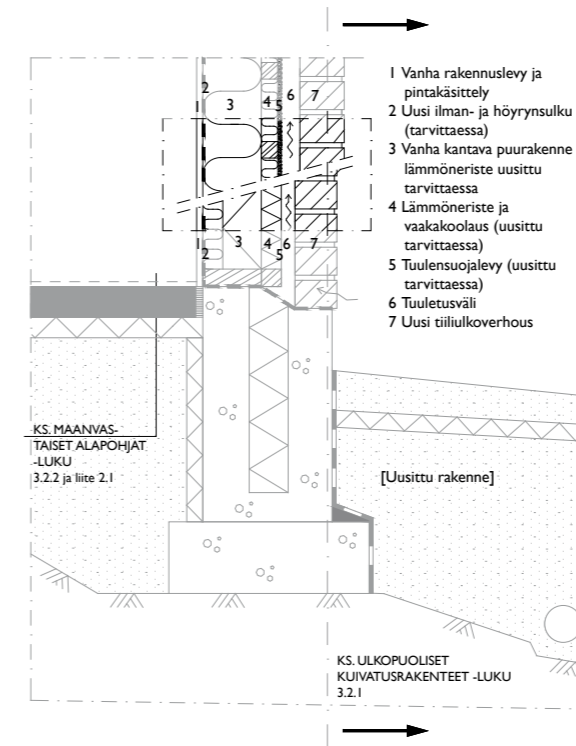
#### Energiatoteutus:

- seinän lämmöneristävyyden vastaus uusituilla alueilla uuden rakennuksen lämpöhäviöiden laskennassa käytettävää lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa

#### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon sisältyvät toimet

### B Rakenteen uusiminen ulkopuolelta



Kuorimuurin uusiminen tulee kyseeseen tilanteissa, joissa ulkoseinärakenteessa on useita kosteusteknisiä puutteita ja / tai vaurioituminen on laaja-alaista / pitkälle edennyt ja / tai korjaukselta edellytetään pitkää käyttöikä. Tällaisia tekijöitä ovat mm. puutteelliset ikkuna- ja räystäspellitykset sekä ulkoseinärakenteisiin ohjautuvat sadevedet puutteellisesti toteutettujen sadevedenpoistojärjestelmien vuoksi. Ulkokuoren uusimisessa tulee ottaa huomioon myös julkisivun kunto, vaurioaste sekä jäljellä oleva tekninen käyttöikä. Valesokkelin tapauksessa tulee lisäksi tarkastella sokkelirakenteen sekä runkorakenteiden uusimistarve erikseen (ks. sokkelit- ja liitosdetaljit -luvut).

### C Seinärakenteen ilmatiivyyden parantaminen

#### Toimenpiteet:

Kevytrunkoisessa ulkoseinärakenteessa ilmanpitävänä rakennekerroksena toimii joko höyrynsulkumuovi tai ilmansulkupaperi ja sisäverhouslevy. Seinärakenteen ilmanpitävyyttä ei suositella parannettavaksi tiivistysjärjestelmäratkaisuin, sillä levyalustan kosteus- ja lämpötilavaihteluista aiheutuvat liikkeet ovat verraten suuria, jolloin tiivistysjärjestelmän ehjänä pysyminen voi vaarantua.

Rankarunkoisen seinän ilmanpitävyyttä voidaan parantaa tiivistämällä höyrynsulkumuovien limityksiä ja liitoskohtia ja parantamalla läpivientien ilmanpitävyyttä. Osana ilmansulkurakennetta voi toimia myös sisäverhouslevy, jonka saumakohdat on tehty ilmatiiviisti (esim. kipsikartonkilevyjärjestelmät). Rankarunkoisten ulkoseinärakenteiden ilmanpitävyyden parantamiskorjauksissa sisäverhouslevyt on yleensä purettava pois. Ulkoseinän ala- ja yläpohjan liitosten ilmatiivyyteen tulee myös kiinnittää erityistä huomiota.

Ilmatiivyyden parantamisen yhteydessä voidaan tarvittaessa vaihtaa lämmöneristeitä paikallisesti tai laajemmin sekä tehdä tarvittavat korjaukset runkorakenteisiin. Myös vaurion aiheuttanut tekijä tulee korjauksessa poistaa.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- tiivyyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilmavuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmavuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisuuksien mukaan julkisivuun ja ikkunoihin liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- ilmanvaihdon tasapainotus ja / tai korjaaminen / järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan (tai painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuden varmentaminen)

#### Riskit:

- vaurion eteneminen ei pysähdy, jos ulkopuolista kosteusrasitusta ei samalla pienennetä
- ilmatiivyyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen

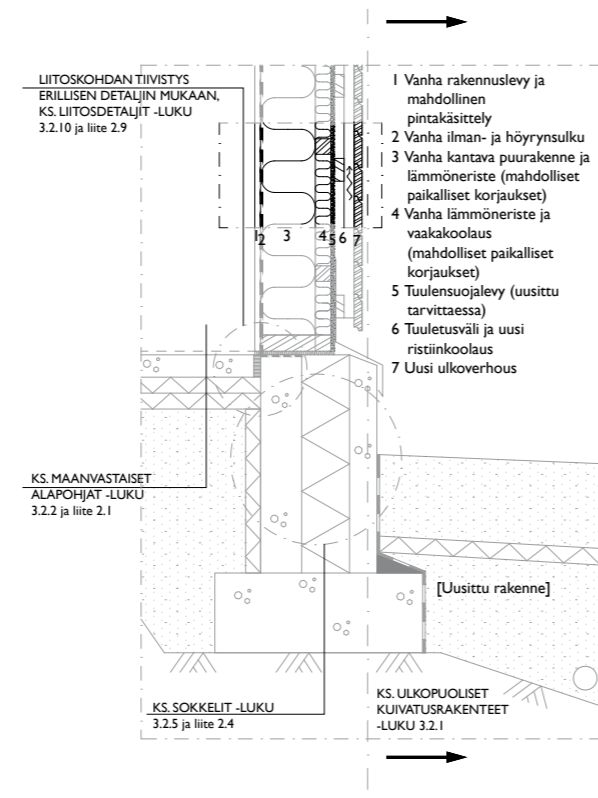
#### Energiatoteutus:

- rakenteen lämmöneristävyyden pysyminen samana, ilmatiivyyden parantaminen voi parantaa hieman energiatehokkuutta
- korjauksen yhteydessä tehtävä ikkunoiden uusiminen parantaa korjauksen energiatehokkuutta

#### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

## B Rakenteen uusiminen ulkopuolelta



Puurunkoisen ulkoseinän tapauksessa rakenteessa on oltava aina tuuletusväli julkisivun ja tuulensuojakerroksen välissä. Uuteen ulkoseinärakenteeseen tehtävän aiempaa leveämmän tuuletusvälin tulee olla avoin tuuletusilman sisäänvirtaus- ja poistumiskohtien välillä. Tuuletusväli toimii myös ulkoverhouksen taakse päässeän veden poistumisreitteinä. Tuuletusväliin rajoittuvien rakenteiden on kestävä ulkoverhouksen taakse päässeän veden aiheuttama kosteusrasitus.

Lämmöneristeen ja ulkokuoren uusimisessa korjaustavan valinta voidaan jaotella seuraaviin kahteen, toisistaan periaatteellisesti eroavaan päävaihtoehtoon/kriteeriin:

1. Rakennuksen ulkonäkö (= verhouksmateriaali) ja rakennepaksuudet saavat muuttua.
2. Rakennuksen julkisivun ulkonäkö ja mittasuhteet eivät esimerkiksi rakennussuojelullisista syistä tai liittyvien rakenteiden vuoksi saa muuttua, jolloin olemassa olevia rakennepaksuuksia ja/tai julkisivumateriaalia ei saa muuttaa.

### Toimenpiteet:

Korjauksessa nykyinen julkisivuverhous ja mikrobivaurioituneet materiaalit puretaan. Mahdollisesti uusittava lämmöneristemateriaali valitaan tavoiteltavan U-arvon

*jatkuu seuraavalla sivulla*

ja käytettävissä olevan tilan mukaan. Ulkoverhoukseksi asennetaan joko alkuperäisen ulkoverhouksen kaltainen rakenne tai kokonaan uudentyypinen verhous. Detaljisuunnittelussa huomiota tulee kiinnittää julkisivun tuuletuksen järjestämiseen. Sisäpinnan ilmatiivyyden parantamistarve ja -mahdollisuudet (= höyrynsulun korjaukset) tulee myös tarkastella.

Puurunkoisessa seinässä vuotovesien ohjaaminen pois tuuletusraosta on tarkasteltava erityisen huolellisesti, sillä puurakenteen on herkempi kosteusvaurioille kuin tiili- tai betonirakenne. Vettä seinärakenteesta pois johtava ja sokkelirakenteesta veden nousun estävä kerros (yleisimmin bitumihuopakaista) tulee puurakenteisessa seinässä ulottaa sokkelin yläpinnassa koko seinärakenteen leveydelle, mikäli mahdollista. Julkisivumuuraus voidaan porrastaa muuta seinärakennetta ja puurungon alasidepuuta alemmalle tasolle vuotovesien hallitun poisjohtamisen varmistamiseksi. Myös uuden julkisivumuurausten yhteydessä tulee huolehtia, että laastipurseet eivät tuki tuuletusväliä. Tuuletusvälin vähimmäisleveys on 40 mm ja poikkipinta-ala 400 cm<sup>2</sup>/m.

Puuverhouksen alareunan tulee sijaita vähintään 400 mm etäisyydellä maanpinnasta, 300 mm etäisyydellä vaakapinnasta (esim. terassista) ja 25 mm etäisyydellä vesipelistä. Pystyverhouksessa päittäisjatkoksia tulee mahdollisuuksien mukaan välttää. Verhouslaudat ja listojen alapääät viistotaan ja maalataan taustapintaan saakka, jotta lautoja pitkin alaspäin valuva vesi tippuu ulkopinnasta pois.

Ulkoverhouksen taakse joutuneiden vuotovesien poistumisesta tulee huolehtia. Erikseen suunniteltavia liitoksia ovat ikkuna- ja oviliitokset, eri julkisivumateriaalien liitoskohdat sekä seinärakenteen ja perusmuurin liitokset. Sisäpinnan ilmatiivyyden parantamistarve ja -mahdollisuudet (= höyrynsulun korjaukset) tulee myös tarkastella.

Korjaustavassa alasidepuun kuivuminen tulee varmistaa. Valesokkelin tapauksessa tulee lisäksi tarkastella sokkelirakenteen sekä runkorakenteiden uusimistarve erikseen (ks. sokkelit- ja liitosdetaljit -luvut).

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- rakenteen ilmatiivyyden varmistaminen:
- lämmöneristeen ja seinäpinnan välissä ei saa olla hallitsemattomia tuuletusrakoja (konvektio estetty)
- sisäpinnan ilmatiivyyden parantamistarpeen tarkastelu
- tuuletusvälin yhtenäisyys ja riittävä pinta-ala (≥ 400 cm<sup>2</sup>/m)

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvien pellitysten ja sadevedenpoiston toteutus siten, että estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- lattian ja seinän liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- lämmitysjärjestelmän säätö lämmöneristyskyvyn parantamiseksi
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun tilaan

### Riskit:

- ei merkittäviä riskejä, koska poistetaan vaurioitunut materiaali ja parannetaan rakenteen ilmanpitävyyttä

### Energiatohokkuus:

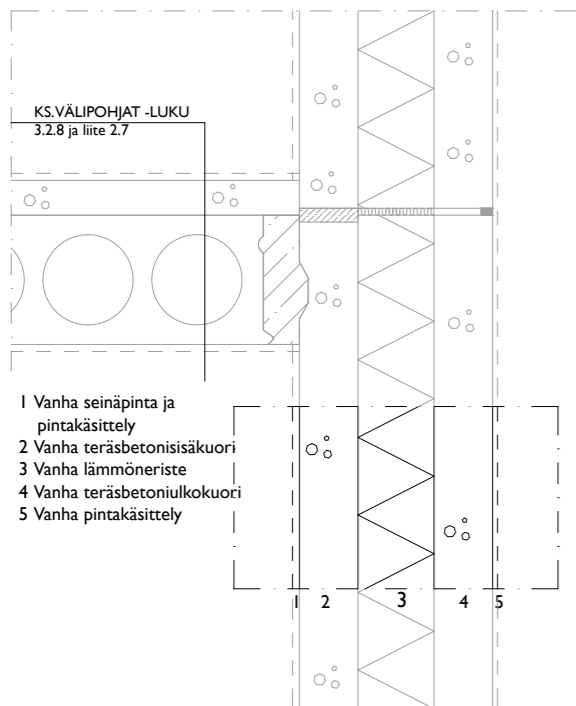
- korjauksen yhteydessä tehtävä ikkunoiden uusiminen parantaa korjauksen energiatehokkuutta
- lämmitysjärjestelmän säätö parantaa energiatehokkuutta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon sisältyvät toimet

## BETONISANDWICH-ELEMENTTISEINÄ

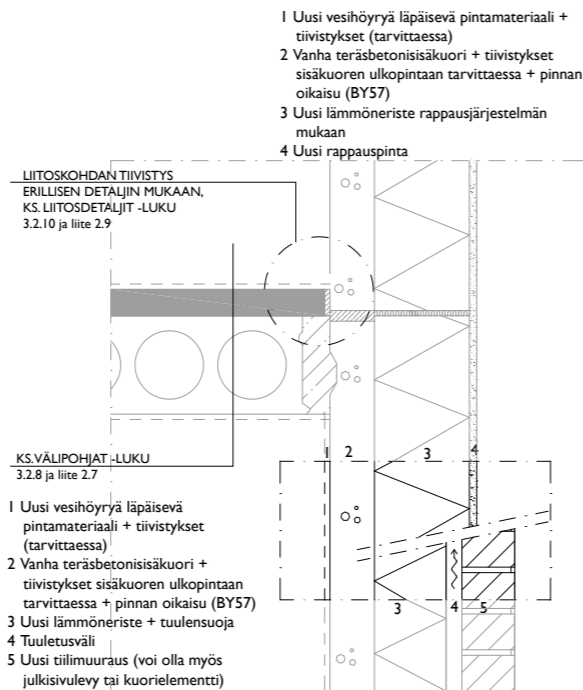
### Alkuperäinen rakenne



Betonisandwich-elementtien korjaustarpeet liittyvät yleensä julkisivun korroosio- ja pakkasrapautumavaurioihin, joita ei käsitellä tässä oppaassa. Betonisandwich-elementtien lämmöneristetilä ei tutkimusten (Pessi et al., 1999) mukaan ole suotuisa kasvualusta mikrobeille. Elementtien eristetilään syntyy mikrobivaurio lähinnä silloin, kun ulkokuoren vesitiivyydessä on erittäin merkittäviä puutteita, esimerkiksi elementtien väliset vuotavat saumat ja liittymärakenteet. Purkukorjaus mikrobivaurion poistossa poistaa vauriot aina, mutta se voi olla ylimitoitettu korjaus julkisivun muuhun vauriutilanteeseen (korroosio, pakkasrapautuma) nähden.

Rakennuksen sisäilman kannalta betonisandwich-elementtiseinissä ongelmakohtia ovat tyypillisesti elementtien väliset liitokset, joiden kautta rakenteissa olevat epäpuhtaudet voivat kulkeutua ilmavirtausten mukana sisäilmaan. Tällaisia kohtia ovat muun muassa puutteellisesti toteutetut, erityisesti vaakasaumojen juotosvalut sekä ikkuna- ja oviliitokset. Lisäksi ongelmallisia kohtia voivat olla läpiviennit.

### A Ulkokuoren ja lämmöneristeen purku



#### Toimenpiteet:

Sandwich-elementin ulkokuori, vanhat lämmöneristeet ja ansaat sekä ikkunat ja ovet puretaan. Sisäkuoren ulkopinta puhdistetaan lämmöneristeistä ja muista epäpuhtauksista sekä pinta oikaistaan tarvittaessa lämmöneristeiden alustan tasaisuusvaatimusten mukaisesti. Elementin sisäkuoren saumat tiivistetään tapauskohtaisesti ulkopuolelta soveltuvalla tekniikalla. Uutta ulkoseinä rakennetta valittaessa vaihtoehtoja voi olla useita, ja valinta tehdään rakennuksen käyttötarkoituksen ja arkkitehtonisten tavoitteiden perusteella. Uusimista suunniteltaessa tulee ottaa huomioon liittyvät rakenteet.

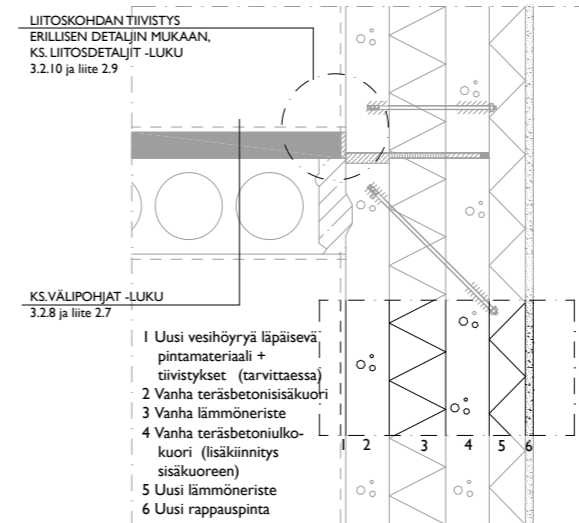
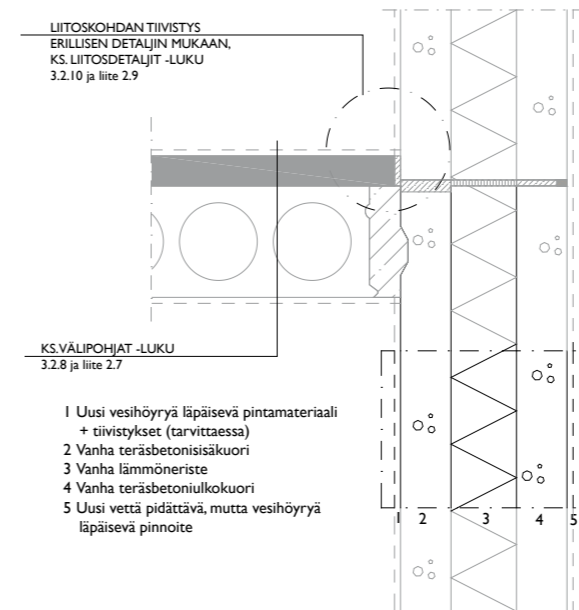
Ulkokuoren ja lämmöneristeen purku tulee kyseeseen lähinnä tilanteissa, joissa elementin ulkokuoreessa on pitkälle edennyttä ja laaja-alaisia korroosiovaurioita ja/tai pakkasrapautumaa. Myös laaja-alaiset mikrobivauriot voivat aiheuttaa tarpeen ulkokuoren ja lämmöneristeen purkamiselle.

#### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- sisäkuoren ulkopinnan puhdistus ja oikaisu ennen uuden lämmöneristeiden asennusta tulee tehdä huolella

*jatkuu*

### B Ulkopuolisen kosteusrasituksen alentaminen (saumojen uusiminen, pinnoituksen uusiminen)

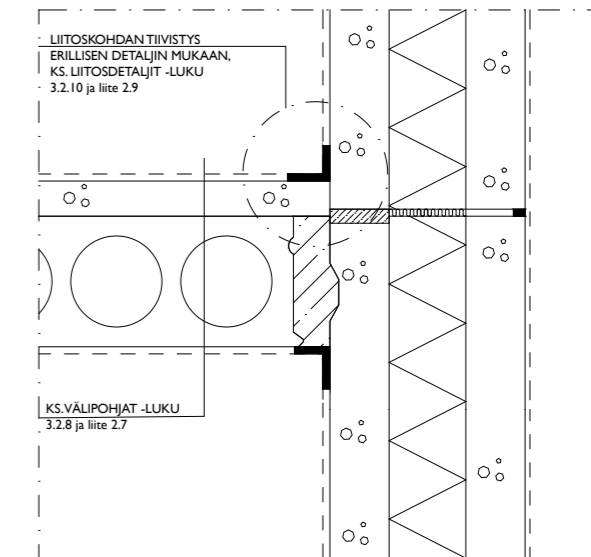


#### Toimenpiteet:

Julkisivupinnasta poistetaan maalikerrokset sekä epäpuhtaudet. Lisäksi poistetaan elementtien väliset elastiset saumamassat ja tartuntapinnat puhdistetaan. Julkisivuissa olevat yksittäiset korroosio- tai rapautumavauriot paikataan ja julkisivut ylitasoitetaan tarvittaessa. Julkisivut pinnoitetaan kauttaaltaan vesihöyryä läpäisevällä, mutta sadevettä pidättävällä pinnoitteella. Elementtisaumat tehdään uudelleen.

*jatkuu*

### C Seinärakenteen ilmatiivyyden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Ulkoseinä- ja välipohjaelementtien sekä erilaisten läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Ehjä betoniseinä on yleisesti hyvin ilmatiivis, mutta > 0,3 mm levyiset sisäkuoren läpimenevät halkeamat tulee tiivistää esim. injektoimalla tai soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä.

Seinä rakenteen ilmatiivyyden parantaminen soveltuu korjausratkaisuna tilanteisiin, joissa seinärakenteen liittämissä (juotosvalut, ikkuna- ja ovikarmit) esiintyy haitallista ilmavuotoa. Mikäli betonirakenteessa esiintyy leveitä halkeamia, tulee halkeamien syy selvittää ja valita sauman tiivistykseen soveltuva menetelmä halkeamatyyppin mukaisesti.

Rakennuksen sisäpuolisen ilmatiivyyden parantamisen yhteydessä tulee tarkastella myös tarve uusien ulkoseinän elementtisaumien tiivistyskorjauksen yhteydessä ikkunoiden uusimistarve ja -mahdollisuus on suositeltavaa tarkastella. Ikkunoiden uusimisella voidaan parantaa sekä rakennuksen energiatehokkuutta että tiivistyskorjauksen onnistumista.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- tiivyyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilmavuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmavuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän

*jatkuu*



## A Ulkokuoren ja lämmöneristeen purku

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- betonisäkuoren liitosten tiivistys
- lämmitysjärjestelmän säätö lämmöneristyksen parantamiseksi
- ilmanvaihdon tasapainotus ja / tai korjaaminen / järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan (tai painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuden varmentaminen)

### Riskit:

- tavanomaiset uudisrakentamisen riskit

### Energiatehokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyys paranee
- uudet ikkunat ja ovet sekä lämmitysjärjestelmän tasapainotus parantavat energiatehokkuutta merkittävästi
- ilmanvaihdon tasapainotuksella voi olla joko energiatehokkuutta parantava tai heikentävä vaikutus lähtötilanteesta riippuen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## B Ulkopuolisen kosteusrasituksen alentaminen (saumojen uusiminen, pinnoituksen uusiminen)

Toisena vaihtoehtona on elementtijulkisivun lisälämmöneristys ja uuden julkisivuverhouksen tekeminen. Tämä on perusteltua silloin, kun elementeissä on kauttaaltaan laaja-alaista korjaustarvetta korroosio- tai rapautumavaurioiden vuoksi. Uudella julkisivuverhouksella ja lisälämmöneristyksellä saadaan vanhan rakenteen lämpötilaa nostettua ja siten kuivuminen on mahdollista, koska vanha rakenne ei jatkossa enää kastu.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- verhoukorkorjauksissa rakenteen kosteustekniseen toimivuuteen on kiinnitettävä huomiota, jotta rakenteeseen ei pääse muodostumaan uudelleen haitallisia kosteuskertymiä
- tiiviiden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilma- vuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmavuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- ikkunoiden uusiminen lisälämmöneristyksen yhteydessä parantaa rakenteen ilmanpitävyyttä
- lämmitysjärjestelmän säätö lämmöneristyksen parantamiseksi
- ilmanvaihdon tasapainotus ja / tai korjaaminen / järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan (tai painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuden varmentaminen)

### Riskit:

- ilmatiiviiden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- uusi julkisivurakenne ja lisälämmöneristys poistavat mikrobien vaatimat kasvuolosuhteet vanhassa eristeessä, mutta kuivunut kasvusto jää jäljelle
- ilman lisälämmöneristystä rakenne kuivuu huomattavasti hitaammin ja kasvustoa jää rakenteeseen

### Energiatehokkuus:

- saumojen uusimisessa ja suojaavassa pinnoituksessa rakenteen lämmöneristävyys pysyy samana, mutta ilmanpitävyyden paraneminen sekä rakenteen kuivuminen parantavat hieman energiatehokkuutta
- uusi julkisivurakenne lisälämmöneristyksellä parantaa energiatehokkuutta
- ilmanvaihdon tasapainotuksella voi olla joko energiatehokkuutta parantava tai heikentävä vaikutus lähtötilanteesta riippuen
- korjauksen yhteydessä tehtävä ikkunoiden uusiminen parantaa korjauksen energiatehokkuutta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## C Seinärakenteen ilmatiiviiden parantaminen

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisuuksien mukaan julkisivuun ja ikkunoihin liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- ilmanvaihdon tasapainotus ja / tai korjaaminen / järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan (tai painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuden varmentaminen)

### Riskit:

- vaurion eteneminen ei pysähdy, jos ulkopuolista kosteusrasitusta ei samalla pienennetä
- ilmatiiviiden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia voi jäädä rakenteeseen

### Energiatehokkuus:

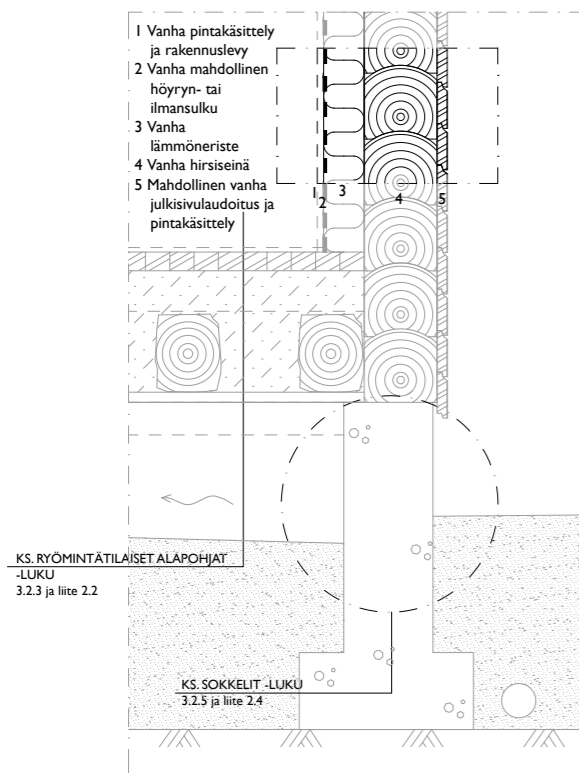
- rakenteen lämmöneristävyys pysyy samana, ilmatiiviiden parantaminen voi parantaa hieman energiatehokkuutta
- korjauksen yhteydessä tehtävä ikkunoiden uusiminen parantaa korjauksen energiatehokkuutta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

## HIRSISEINÄ

### Alkuperäinen rakenne



Hirsiulkoseinän tyypillisiä vaurioita ovat alimman hirsikerran lahovauriot, vesivuodoista johtuvat ikkunan alapuolisten hirsien lahovauriot sekä mahdollisen julkisivuverhouksen lahovauriot. Vaurioita voivat aiheuttaa myös virheellisesti tehty sisäpuolinen lisälämmöneristys, minkä seurauksena hirren sisäpintaan tiivistyy kosteutta ja käytettyihin lisälämmöneristeisiin tai hirsirakenteisiin syntyy mikrobivaurio.

Pääperiaatteena lisälämmöneristämättömien hirsirakennusten korjauksissa on, että lahonneet puuosat korvataan uudella puurakenteella. Tässä oppaassa keskitytään tilanteisiin, joissa hirsiseinän sisäpuolinen lisälämmöneristys on mikrobivaurioitunut. Kohteessa, jossa ei ole alun perin ollut lisälämmöneristystä, voidaan soveltaa myös tässä esitettyjä korjaustapoja.

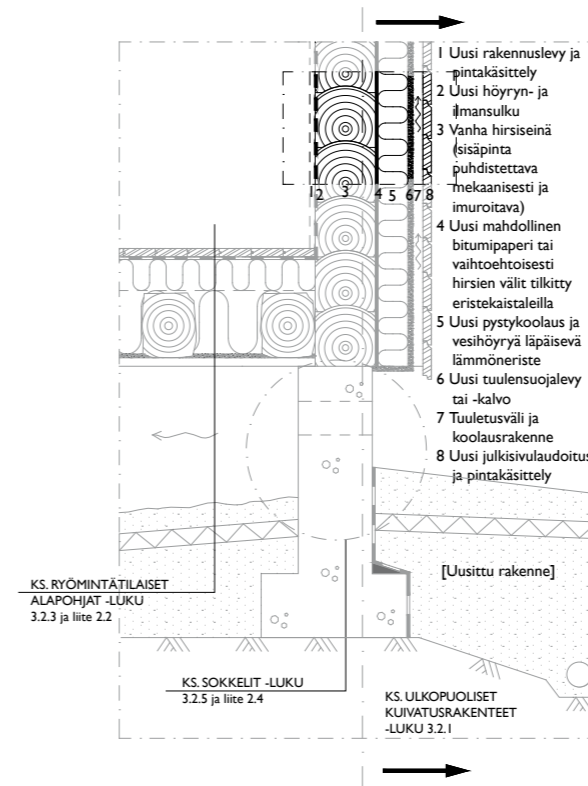
### A Ulkoseinärakenteen uusiminen

Laaja-alaisena korjaustapana tämä ei ole mahdollinen, sillä se tarkoittaa samalla koko rakennuksen purkamista. Paikallisten vaurioiden uusiminen on mahdollista ja tarkasteltava tapauskohtaisesti.

### B Sisäpuolisen lämmöneristeen purku ja uusiminen

Hirsiseinät, kuten muutkin yksiaineiset massiiviset ulkoseinärakenteet on turvallisinta eristää ulkopuolelta lämmöneristeellä, joka läpäisee vesihöyryä erittäin hyvin. Näin ei kuitenkaan voida toimia aina mm. kulttuurihistoriallisista syistä. Seuraavassa on esitelty suunnitteluratkaisut tilanteisiin, joissa lämmöneristys voidaan tehdä ulkopuolelle ja tilanteisiin, jossa lämmöneristys joudutaan tekemään sisäpuolelle. Kummassakin tapauksessa korjaussuunnittelijan tulee varmistua rakenteen rakennusfysikaalisesta toimivuudesta esimerkiksi laskelmin.

#### B 1) lämmöneristys voidaan tehdä ulkopuolelle



#### Toimenpiteet:

Sisä- ja ulkopuoliset rakenteet puretaan hirsipintaan saakka. Hirsipinnat puhdistetaan epäpuhtauksista ja tarvittaessa vaurioituneet hirret tai niiden osat uusitaan. Kastunut hirsirakenne kuivatetaan.

Uusi lämmöneristys ja julkisivurakenteet tehdään hirsiseinän ulkopuolelle. Sisäpuolelle asennetaan ilman-/höyrynsulku, joka liitetään tiiviisti ala- ja yläpohjan ilman-/höyrynsulkuihin. Mikäli rakennuksen sisäpuolinen kosteustuotto on alhainen (alle 5 g/m<sup>3</sup>), hirsirakenteisessa ulkoseinärakenteessa ei välttämättä tarvita sisäpintaan vesi-

### C Ilmatiivyyden parantaminen

#### Toimenpiteet:

Hirsirunkoisessa ulkoseinärakenteessa ilmanpitävänä rakennekerruksena toimii joko höyrynsulkumuovi tai ilmansulkupaperi ja sisäverhouslevy. Seinärakenteen ilmanpitävyyttä ei suositella parannettavaksi tiivistysjärjestelmäratkaisuun, sillä levyalustan ja erityisesti hirsirungon kosteus- ja lämpötilavaihteluista aiheutuvat liikkeet ovat verraten suuria, jolloin tiivistysjärjestelmän ehjänä pysyminen voi vaarantua.

Sisäpuolelta lämmöneristetyin hirsiseinän ilmanpitävyyttä voidaan parantaa tiivistämällä höyrynsulkumuovin limityksiä ja liitospaikoja ja parantamalla läpivientien ilmanpitävyyttä. Osana ilmansulkurakennetta voi toimia myös sisäverhouslevy, jonka saumakohtat on tehty ilmatiiviisti (esim. kipsikartonkilevyjärjestelmät). Hirsiseinän ilmanpitävyyden parantamiskorjauksissa sisäverhouslevyt on yleensä purettava pois. Ulkoseinän ala- ja yläpohjan liitosten ilmanpitävyyteen tulee myös kiinnittää erityistä huomiota.

Ilmatiivyyden parantamisen yhteydessä voidaan tarvittaessa vaihtaa lämmöneristeitä paikallisesti tai laajemmin sekä tehdä tarvittavat korjaukset runkorakenteisiin. Myös vaurion aiheuttanut tekijä tulee korjauksessa poistaa.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- tiivyyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilmavuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmavuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian, seinän ja yläpohjan liitosten ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisesti ikkunoiden uusiminen
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

#### Riskit:

- vaurion eteneminen ei pysähdy, jos ulkopuolista kosteusrasitusta ei samalla pienennetä
- ilmatiivyyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen

#### Energiätehokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyyks pysyy samana, ilmatiivyyden parantaminen voi parantaa hieman energiatehokkuutta
- korjauksen yhteydessä tehtävä ikkunoiden uusiminen parantaa korjauksen energiatehokkuutta

#### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

*jatkuu sivulla 184*

## B 1) Lämmöneristys voidaan tehdä ulkopuolelle

höyrytiivistä kerrosta. Rakenteen ilmanpitävyydestä tulee kuitenkin aina varmistua. Tilanteissa, joissa ei käytetä erillistä höyrynsulkua, tulee ulkopuoliseksi lämmöneriste- ja tuulensuojamateriaaliksi valita hygroskooppinen materiaali, kuten huokoinen puukuitulevy. Levyjen tuhoutuminen esim. jyrsijöiden takia suositellaan estettäväksi tuuletusväliin asennettavalla metalliverkotuksella.

Lämmöneristys uusiminen ulkopuolelle tulee kyseen lähinnä tilanteissa, joissa ulkokuuraus on niin pahoin vaurioitunut, että se joudutaan purkamaan kokonaan. Tässä korjausvaihtoehdossa rakenteeseen tulee tehdä myös riittävän suuri tuuletusväli.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- seinärakenteen ilmatiivyyden tulee toteutua kokonaisuutena: asennettavan höyryn-/ilmansulkukerroksen tulee olla yhtenäinen, ja se on limitettävä sekä ala- että yläpohjan höyryn-/ilmansulkukerrosten kanssa
- hirren pinnassa olevat mahdolliset epäpuhtaudet on poistettava mekaanisesti
- mikäli samassa korjauksessa rakennukseen lisätään koneellinen ilmanvaihto, tulee rakennuksen vaipan ilmanpitävyys varmistaa erityisellä huolellisuudella haitallisten ilmavuotojen minimoimiseksi

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian, seinän ja yläpohjan liitosten ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisesti ikkunoiden uusiminen
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- höyrynsuluttomassa rakenteessa kosteuden haitallinen tiivistyminen, kun sisäilman kosteustuotto on suuri.
- hallitsemattomat ilmavuodot rakenteen läpi, jos ilmatiiviyden ei toteudu kokonaisuutena

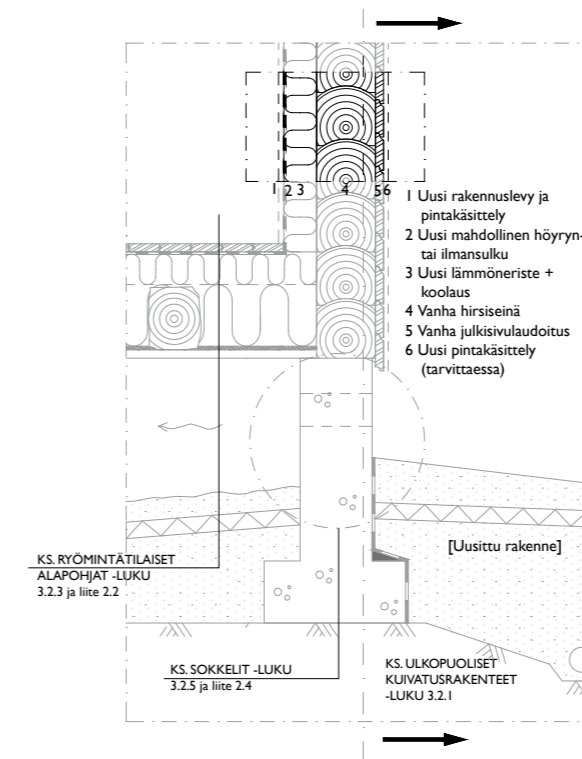
### Energiatohokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyys todennäköisesti paranee
- ilmanvaihdon tasapainotuksella voi olla joko energiatehokkuutta parantava tai heikentävä vaikutus lähtötilanteesta riippuen
- korjauksen yhteydessä mahdollisesti tehtävä ikkunoiden uusiminen parantaa rakennuksen energiatehokkuutta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## B 2) Lämmöneristys tehdään sisäpuolelle



### Toimenpiteet:

Kulttuurihistoriallisesti arvokkaat hirsirakennukset joudutaan lämmöneristämään pääsääntöisesti sisäpuolelta. Tällöin julkisivun mittasuhteet eivät muutu, ja alkuperäinen julkisivuverhous on mahdollisuuksien mukaan säilytettävissä tai ennallistettävissä.

Sisäpuoliset rakenteet puretaan hirsipintaan saakka. Hirsipinnat puhdistetaan epäpuhtauksista ja tarvittaessa vaurioituneet hirret tai niiden osat uusitaan. Kastunut hirsirakenne kuivatetaan. Uusi lämmöneristys, koolaus ja pintarakenteet tehdään hirsiseinän sisäpintaan. Seinärakenteeseen asennetaan ilman-/höyrynsulku, joka liitetään tiiviisti ala- ja yläpohjan ilman-/höyrynsulkuihin.

Mikäli rakennuksen sisäpuolinen vesihöyryntuotto on alhainen (alle 5 g/m<sup>3</sup>), hirsirakenteisessa ulkoseinärakenteessa ei välttämättä tarvita vesihöyrytiivistä kerrosta. Rakenteen ilmanpitävyydestä tulee kuitenkin aina varmistua. Tilanteissa, joissa ei käytetä erillistä höyrynsulkua, tulee sisäpuoliseksi lämmöneristemateriaaliksi valita hygroskooppinen materiaali, kuten huokoinen puukuitulevy.

Sisäilman kosteudentuoton ollessa runsasta (> 5 g/m<sup>3</sup>) sisäpuolista lisälämmöneristystä sisäpinnan tulee olla ehdottoman vesihöyrytiivis tai siinä tulee käyttää lämmöneristettä, joka on itsessään vesihöyrytiivis. Mikäli käytetään ve-

sihöyryä hyvin läpäiseviä lämmöneristeitä, tulee rakenteen sisäpinnassa käyttää höyrynsulkumuovia. Mikäli käytetään jäykkiä solumuovipohjaisia lämmöneristeitä, tulisi seinärakenteen olla painumaton. Ongelmallisia kohtia sisäpuolista lämmöneristystä käytettäessä ovat myös väliseinien kohdat, joissa lämmöneriste- ja höyrynsulkukerros ei yleensä jatku yhtenäisenä koko ulkoseinän matkalla.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- seinärakenteen ilmatiivyyden tulee toteutua kokonaisuutena: asennettavan höyryn-/ilmansulkukerroksen tulee olla yhtenäinen, ja se on limitettävä sekä ala- että yläpohjan höyryn-/ilmansulkukerrosten kanssa.
- mikäli samassa korjauksessa rakennukseen lisätään koneellinen ilmanvaihto, tulee rakennuksen vaipan ilmanpitävyys varmistaa erityisellä huolellisuudella haitallisten ilmavuotojen minimoimiseksi

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- lattian, seinän ja yläpohjan liitosten ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisesti ikkunoiden uusiminen
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- kosteuden haitallinen tiivistyminen rakenteeseen (sisäpuolelta lämmöneristetty rakenne on riskialttiimpi kuin ulkopuolelta lämmöneristetty, sillä kosteutta voi tiivistyä haitallisissa määrin hirren sisäpintaan)
- hallitsemattomat ilmavuodot rakenteen läpi, jos ilmatiiviyden ei toteudu kokonaisuutena
- höyryn-/ilmansulun pysyminen ehjänä koko käyttöiän (kaluste- ja sähköasennukset, ripustukset yms.)

### Energiatohokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyys todennäköisesti paranee
- ilmanvaihdon tasapainotuksella voi olla joko energiatehokkuutta parantava tai heikentävä vaikutus lähtötilanteesta riippuen
- korjauksen yhteydessä mahdollisesti tehtävä ikkunoiden uusiminen parantaa korjauksen energiatehokkuutta

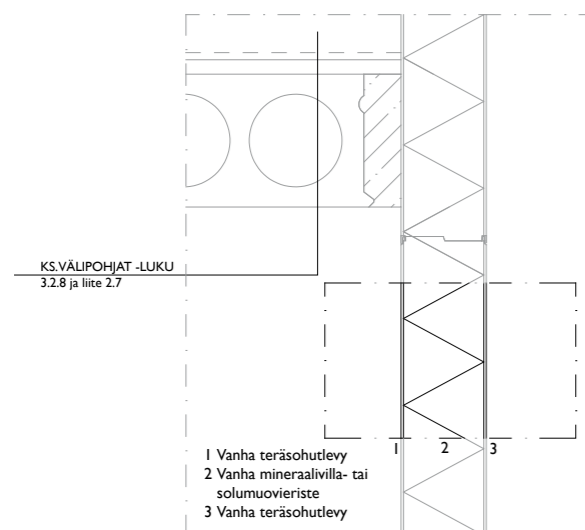
### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

*jatkuu viereisellä palstalla*

## TERÄSPINTAINEN SANDWICH-ELEMENTTI (PELTI-LÄMMÖNERISTE-PELTI-RAKENNE)

### Alkuperäinen rakenne



Ulkoseinärakenteena voi olla käytetty myös pelti-lämmöneriste-pelti-rakennetta eli teräspintaisia sandwich-elementtejä. Ulkoseinärakenteissa vuotokohta syntyy tyypillisesti rakenteen saumakohtiin, sillä elementtien saumatiiviste voi rikkoutua alla olevan metallipinnan lämpötilamuutoksista johtuvien muodonmuutosten ja liikkeiden vuoksi. Tyypillisesti rakenteen vesivuotoja on pyritty tilkitsemään erilaisin elastisin tiivistysmassoin tehdyin saumauksin, mutta myös nämä saumat halkeavat lämpötilamuutoksista johtuvien pakkoliikkeiden vuoksi.

### A Rakenne uusitaan kokonaan

#### Toimenpiteet:

Tässä vaihtoehdossa ulkoseinärakenne puretaan. Uutta ulkoseinärakennetta valittaessa vaihtoehtoja voi olla useita, ja valinta tehdään käyttötarkoituksen ja arkkitehtonisten tavoitteiden perusteella.

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- sokkeliin ja yläpohjaan tarvittavat muutokset, kun lämmöneristyspaksuus kasvaa
- ikkunoiden ja ovien uusiminen

#### Riskit:

- tavanomaiset uudisrakentamiseen liittyvät riskit, kuten työmaa-aikaisen kosteudenhallinnan pettäminen

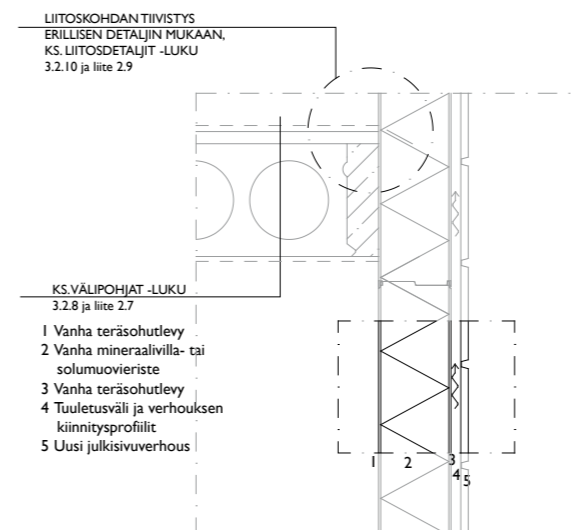
#### Energiatehokkuus:

- seinän lämmöneristävyys vastaa uuden rakennuksen lämpöhäviöiden laskennassa käytettävää lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa

#### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit käyttöön ja huoltoon liittyvät toimet

### B Julkisivun verhoilu



#### Toimenpiteet:

Julkisivupinnat pestään kauttaaltaan epäpuhtauksista. Tarvittaessa julkisivussa olevat vauriot korjataan. Elementtien ulkopintaan tehdään julkisivuverhous, jonka takana on voimassa olevien ohjeistusten mukainen tuuletusväli (BY64 Tuulettuvat julkisivut 2016). Verhouksena voidaan käyttää esim. kasettiverhousta tai levymäistä verhousta. Uuden julkisivuverhouksen liitokset on tehtävä siten, että julkisivulevytyksen taakse päässyt vesi voidaan johtaa hallitusti pois. Julkisivuverhous aiheuttaa muutoksia räystäs-, ikkuna- ja oviliitoksiin. Ulkoverhouksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon alustan liikkeitä.

Alkuperäisen rakenteen ongelmana ovat elementtien saumojen epätiiviyksistä läpi kulkeutuvat vuotovedet, jotka vaurioittavat rakenteen mikrobivaurioherkkiä rakenteita (ikkunakarmit, elementin sisällä oleva lämmöneriste). Rakenteen sisäpinnan ilmanpitävyydestä kokonaisuutena tulee huolehtia ja elementtien välisiin saumoihin tehdään korjausvaihtoehdossa C esitetyt tiivistyskorjaustoimenpiteet.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

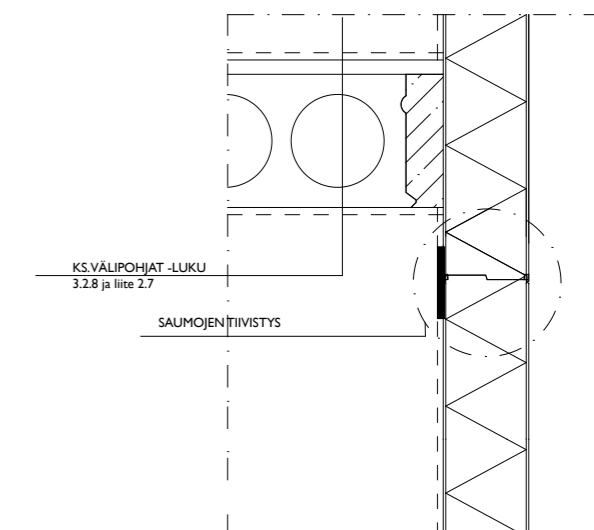
- rakenteen ilmatiiviyden varmistaminen:
- sisäpinnan ilmatiiviyden parantamisen huomiointi ja toteutus
- tuuletusvälin yhtenäisyys

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivun liitoksiin tehtävät muutokset

*jatkuu*

### C Rakenteen ilmatiivyyden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Elementtisaumojen sisäpinnat tiivistetään ilmanpitäviksi tiivistykseen soveltuvin tuottein. Korjauksessa on varmistettava tiivistyksessä käytettävien materiaalien tartunta teräsalustaan. Tiivistysratkaisu valitaan korjaukselta tavoiteltavan käyttöikätaavoitteen perusteella. Soveltuvia tiivistysmateriaaleja ovat erilaiset nestemäisenä levitettävät vedeneristeet, joustavat massat (ei kuitenkaan tavanomaiset silikonimassat tai kitit) ja tiivistykseen tarkoitettut teipit. Valittavassa tiivistysratkaisussa on otettava huomioon alustan muodonmuutokset eli valittavan tiivistysmateriaalin tulee säilyä ehjänä alustan pienistä muodonmuutoksista huolimatta.

Vesivuotoja rakenteiden epätiiviyksistä ei saa esiintyä. Mikäli ongelman muodostaa sisään vuotava vesi, valitaan korjaustavaksi ulkopuolinen verhoukorkorjaus.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- tiiviyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilma- vuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilma- vuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisuuksien mukaan julkisivuun ja ikkunoihin liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista

*jatkuu*

## B Julkisivun verhoilu

- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan (tai painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuden varmentaminen)

### Riskit:

- ei merkittäviä riskejä, koska elementtien saumoihin ei jatkossa pääse sadevettä

### Energiatehokkuus:

- ulkoverhouksen asentaminen ei vaikuta energiatehokkuuteen
- korjauksen yhteydessä tehtävä ikkunoiden uusiminen parantaa korjauksen energiatehokkuutta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon sisältyvät toimet

## C Rakenteen ilmatiiviyden parantaminen

- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan (tai painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuden varmentaminen)

### Riskit:

- ilmatiiviyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- mahdollisesti vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen

### Energiatehokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyys pysyy samana, ilmatiiviyden parantaminen voi parantaa hieman energiatehokkuutta
- ilmanvaihdon tasapainotuksella voi olla joko energiatehokkuutta parantava tai heikentävä vaikutus lähtötilanteesta riippuen
- korjauksen yhteydessä tehtävä ikkunoiden uusiminen parantaa korjauksen energiatehokkuutta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

## Liite 2.6

### Yläpohjan ja vesikaton korjausmenetelmät

Tässä liitteessä käsitellään seuraavat yläpohjat:

- Vesikatteen korjaaminen
- Tuulettuvat jyrkät katot, joissa yläpohjarakenne on betoninen alalaattapalkisto
- Tuulettuvat jyrkät katot, joissa yläpohjarakenne on ontelolaattaa
- Tuulettuvat jyrkät katot, joissa yläpohjarakenne on puurakenteinen
- Lievästi tuulettuvat loivat katot
- Tuulettumaton mineraalivillaeristeinen kattorakenne
- Käännetty katot

#### VESIKATTEEN KORJAAMINEN

Kaikessa yläpohja- ja vesikattorakenteiden korjaamisessa on aiheellista kiinnittää huomiota vesikatteen kuntoon sekä sen jäljellä olevaan käyttöikään ja näiden perusteella kriittisesti arvioida vesikatto- ja yläpohjarakenteen tulevia korjaustarpeita riippumatta siitä, liittyykö yläpohjarakenteen kosteus- ja mikrobivauriokorjaus vesikaton vuotoon vai ei. Näin pienennetään vasta korjatun rakenteen uudelleen vaurioitumisen riskiä, joka kasvaa katemateriaalin ikääntymisessä. Mikäli yläpohja- ja vesikattorakenteen vaurioituminen on seurausta vesikaton puutteellisesta sadevesitiivyydestä, tarvitsee yläpohjarakenne yleensä laajempia kuin vain vesikattoon kohdistuvia korjaustoimia.

Vesikatteen korjaaminen voidaan toteuttaa olemassa olevan vesikaton käyttöikää jatkavana paikkakorjauksena tai koko katon tai selkeästi rajattavan katon osan kokonaisvaltaisena uudistamisena. Paikkakorjauksessa on tärkeä huolehtia paikkauksen tiiviistä limittymisestä vanhan katemateriaalin kanssa.

Vesikaton korjauksen suunnittelussa erityistä huomiota tulee kiinnittää erilaisiin läpivienteihin, liitoksiin sekä muihin mahdollisiin epäjatkuvuuskohtiin ja siihen, miten nämä toteutetaan sadevesitiiviisti. Soveltuvat korjausmenetelmät ja liitosten tiivistämistapa valitaan kohteen katemateriaalin ja katon kaltevuuden mukaan. Vesikattorakenteiden hyvää rakentamistapaa on kuvattu mm. Kattoliitto ry:n Toimivat katot ohjeissa (Kattoliitto ry 2013), RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeita -julkaisussa sekä Rakennustietosäätiön eri katemateriaaleja käsittelevissä RT-korteissa.

Kuvissa esimerkkejä vesikatteen paikkakorjauksista peltikatolla ja bitumikermikatolla. Korjaustarve on ollut selkeästi rajattavissa pieneen osaan kattoa.



Kuvat: P. Annila, Rakennusinsinööri-toimisto Petri Annila

#### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- läpivientien, liitosten ja muiden epäjatkuvuuskohtien sadevesitiivyyden varmistaminen

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- yläpohjarakenteeseen sekä liittyviin rakenteisiin tehdään tarvittavat korjaukset, mikäli vesikaton korjaamista ei tehdä ennakoivana korjauksena
- katemateriaalien mahdollisten haitta-aineiden huomiointi ottaminen korjauksessa

#### Riskit:

- paikkakorjauksena ikääntyvän rakenteen vaurioituminen toisaalta
- yläpohjarakenteen riittämättömät korjaustoimet

#### Energiätehoisuus:

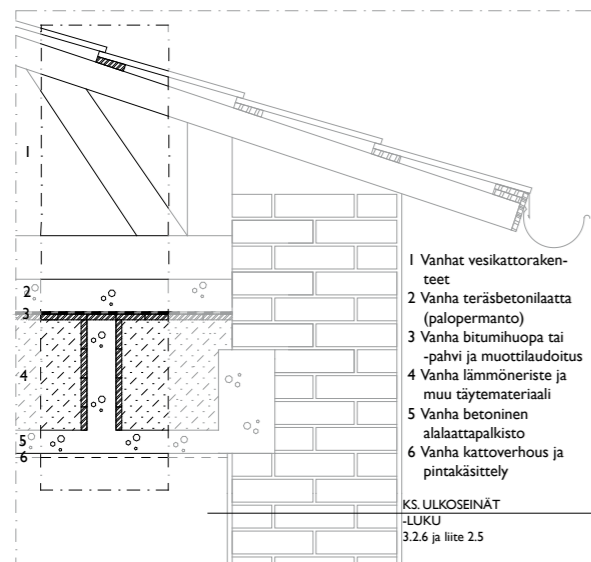
- ei vaikutusta rakenneosan energiatehokkuuteen

#### Rakenteen toimivuuden seuranta:

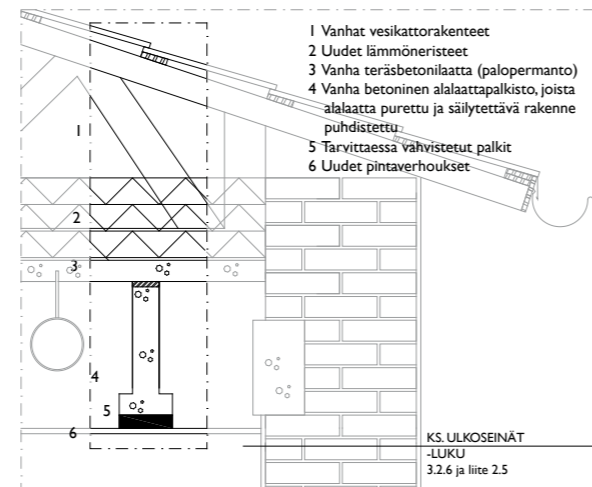
- normaaliin kiinteistön ylläpitoon sisältyvät tarkastukset

## TUULETTUVAT JYRKÄT KATOT, JOISSA YLÄPOHJARAKENNE ON BETONINEN ALALAATTAPALKISTO

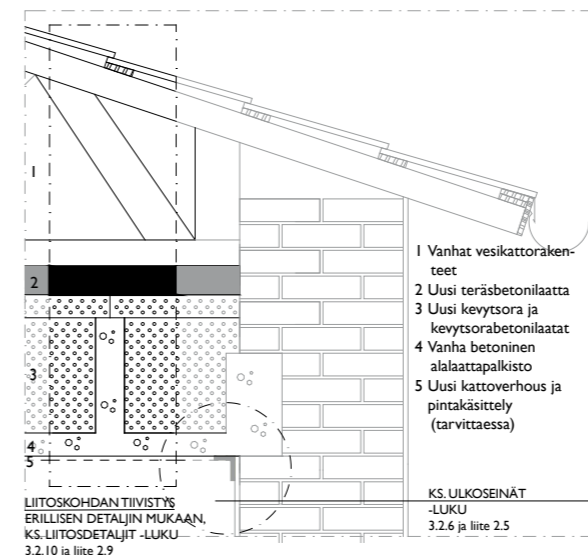
### Alkuperäinen rakenne



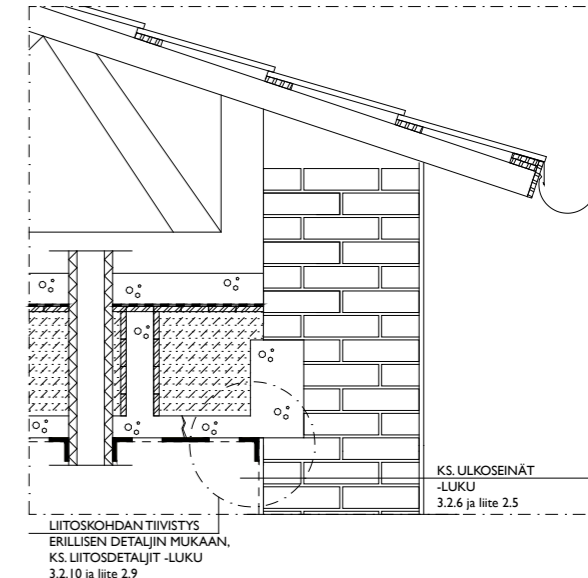
### A Rakenteen lämmöneristyksen uusiminen alapuolelta



### B Rakenteen lämmöneristyksen uusiminen yläpuolelta



### C Yläpohjarakenteen ilmatiivyyden parantaminen



Yllä olevassa kuvassa on esitetty tavanomainen yläpohjarakenne, jossa betonirakenteisen yläpohjan päällä on korkea kylmä ullakkotila ja puuristikoihin tukeutuva vesikattorakenne. Yläpohjan lämmöneriste vaihtelee rakennusaikakauden mukaan orgaanisista täyttömateriaaleista mineraalivilla- ja kevytsoraeristykseen.

Rakenteen vaurioituminen on tyypillisesti seurausta vesikaton vuotamisesta tai rakenteen sisällä kulkevasta ja ikääntyvästä talotekniikasta, esimerkkinä kosteuden tiivistyminen kylmää valurautaista viemäriputkea vasten tai muut putkiin liittyvät vuodot. Lisäksi orgaaniset täytöt sekä muottilaudoitukset ovat voineet kosteusvaurioitua jo rakentamisen aikana.

Yläpohjarakenteen korjaustavasta riippumatta tulee ottaa huomioon katemateriaalin jäljellä oleva käyttöikä sekä mahdollinen korjaustarve ja suorittaa vesikattoon liittyvät tarvittavat korjaustoimet.

#### Toimenpiteet:

Korjauksessa alalaattapalkiston alapintaan tehtävien riittävän suurien reikien kautta poistetaan lämmöneristeet ja muut täyttömateriaalit sekä puhdistetaan säilytettävän betonirakenteen pinnat mekaanisesti esimerkiksi hiekkapuhaltamalla. Mikäli purkamisen jälkeen on tarpeellista, tulee rakennetta vahvistaa tarvittavin lisävaluin. Lisävalujen muottirakenteet puretaan ennen rakenteen sulkemista.

Rakenteen riittävä ilmatiiviyys voidaan yleensä helpoimmin varmistaa pintalaatan pintaan tehtävin korjauksin. Korjauksessa lämmöneriste, esimerkiksi mineraalivillalevyt tai puhallusvilla siirretään betonilaatan yläpuolelle. Näin menetellessä on kuitenkin tärkeä varmistaa, että yläpohjarakenne pääsee tuulettumaan räystäältä myös lämmöneristeiden lisäämisen jälkeen. Korjaus mahdollista yleensä yläpohjan läpi tapahtuvien lämpöhäviöiden merkittävän pienentämisen.

Talotekniikkaa voidaan tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan asentaa alalaattapalkiston palkkien väliin jäävään tilaan tai niitä varten voidaan tehdä rei'ityksiä alalaattapalkiston palkkeihin.

Lämmöneristeiden ja mahdollisen palopermannon uusiminen tulee kyseeseen tilanteissa, joissa yläpohjan lämmöneristeiden vaurioituminen on pitkälle edennyt ja laaja-alaista. Korjaus soveltuu tilanteisiin, joissa ullakkotilan korkeus ei mahdollista korjausta yläpohja- ja vesikattorakenteen välistä.

*jatkuu*

#### Toimenpiteet:

Rakenteesta puretaan palopermanto tai muut yläpohjarakenteesta lämmöneristeiden päällä olevat materiaalit. Mahdollinen bitumihuopa tai -pahvi saattaa sisältää haitta-aineita (asbesti, PAH-yhdisteet). Tämän jälkeen puretaan vanha lämmöneriste ja vanhat muottilaudoitukset. Säilytettävät materiaalit puhdistetaan mekaanisesti, esimerkiksi betoninen alalaattapalkisto hiekkapuhaltamalla. Alalaattapalkistoa vahvistetaan tämän jälkeen tarvittaessa uusien betonivaluin, joiden muotit puretaan ennen rakenteen sulkemista. Alalaatan halkeamat tai muut reiät tiivistetään, esimerkiksi injektoinnilla tai kermikaistalla.

Uutena lämmöneristeenä käytetään esimerkiksi kevytsoraa ja kevytsorabetoni-laattaa, jotka voivat toimia suoraan pintavalun alustana. Vaihtoehtoisesti kevytsorakerros voidaan erottaa valusta vesihöyryvoimella ja kosteutta kestäväällä suodatinkankaalla. Korjauksessa on tärkeä katkaista alalaattapalkiston palkkien kohdalta rakenteellinen kylmäsilta.

Mikäli yläpohjarakenteen sisällä on kulkenut talotekniikkaa, on näiden siirtäminen pinta-asennuksiksi suotavaa, mikäli tämä teknisistä lähtökohdista on mahdollista. Lisäksi yläpohja- ja vesikattorakenteen läpi kulkevat läpiviennit tulee lämmöneristää eristeellä, joka itsessään tai jonka pinnassa on riittävän vesihöyrytiiviskerros.

*jatkuu*

#### Toimenpiteet:

Rakenteen riittävän ilmatiivyyden saavuttamisessa erilaiset liitosten ja rakenteen läpi kulkevien läpivientien tiivistäminen on keskeisessä roolissa. Nämä voidaan toteuttaa esimerkiksi läpivientikumien-/tiivisteiden avulla. Myös erilaisten ripustusten, halkeamien tai muiden reikien tiivistäminen on tärkeää. Tiivistettävän vuotoreitin luonteesta riippuen tähän voivat soveltua elastiset massat, injektointi tai tiivistyskaistat.

Rakenteen ilmatiivyyden parantaminen soveltuu yleensä vain käyttöikä jatkavaksi korjaukseksi, jolla siirretään varsinaista perusteellisempaa korjausta muutamia vuosia kauemmaksi.

#### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- tiivistys tehdään johdonmukaisesti kaikkiin alalaatan läpivienteihin, reikiin ja halkeamiin
- tiivistyksen tulee toteutua kokonaisuutena

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- yläpohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapainotus ja/ tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

*jatkuu*

## A Rakenteen lämmöneristyksen uusiminen alapuolelta

### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- vesikaton sadevesitiivyydestä huolehtiminen rakenteen koko käyttöiän ajan

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisesti rakenteen kantavuuden parantamiseen liittyvät toimet
- välipohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- vesikaton sadevesitiivyyden säilyminen koko suunnitellun käyttöiän ajan

### Energiätehokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyttä on usein mahdollista parantaa merkittävästi

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset

## B Rakenteen lämmöneristyksen uusiminen yläpuolelta

Lämmöneristeiden ja mahdollisen palopermannon uusiminen tulee kyseeseen tilanteissa, joissa yläpohjan lämmöneristeiden vaurioituminen on pitkälle edennyt ja laaja-alaista. Korjaus soveltuu tilanteisiin, joissa ullakkotilan korkeus mahdollistaa korjauksen suorittamisen yläpohja- ja vesikattorakenteen välistä ullakkotilan kautta.

### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- vesikaton sadevesitiivyydestä huolehtiminen rakenteen koko käyttöiän ajan

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- yläpohjan ja seinärakenteiden sekä läpivientien liitosten tiivistäminen
- ilmanvaihdon tasapainotus

### Riskit:

- vesikaton sadevesitiivyyden säilyminen koko suunnitellun käyttöiän ajan

### Energiätehokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyttä on usein mahdollista parantaa merkittävästi

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset

## C Yläpohjarakenteen ilmatiivyyden parantaminen

### Riskit:

- korjaus ei poista kosteus- ja mikrobivaurioituneita materiaaleja
- tiivyyden säilyminen koko käyttöiän ajan

### Energiätehokkuus

- pienentää yläpohjarakenteen läpi tapahtuvien ilma-vootojen määrää, mutta vaikuttaa vain vähäisessä määrin koko rakennuksen energiatehokkuuteen

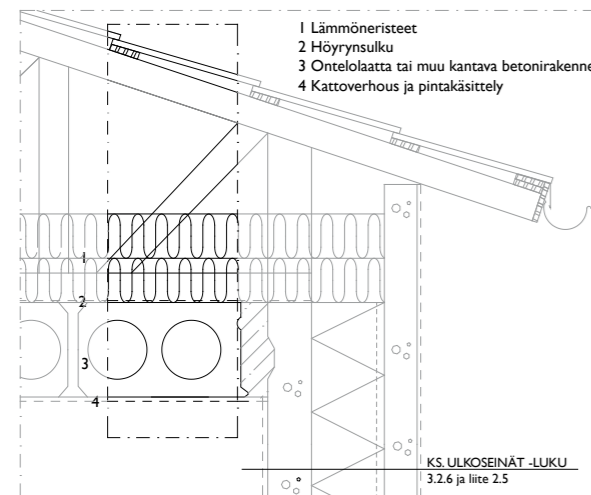
### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- korjauksen toimivuus käyttöiän ajan tulee varmistaa säännöllisesti tehtävillä seurantamittauksilla (esim. merkkiainekokeella)



## TUULETTUVAT JYRKÄT KATOT, JOISSA YLÄPOHJARAKENNE ON ONTELOLAATTA TAI PAIKALLAVALULAATTA

### Alkuperäinen rakenne

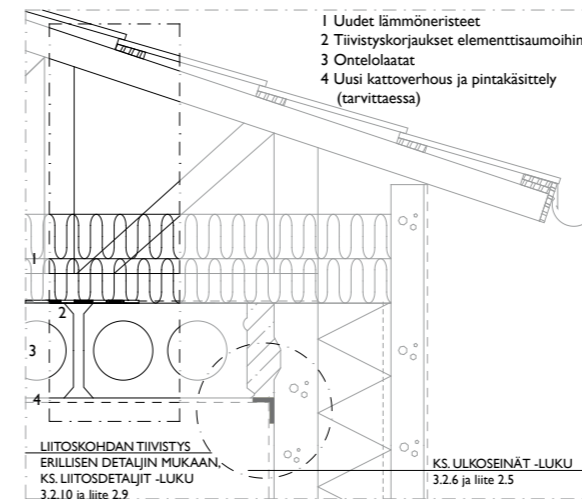


Yllä olevassa kuvassa on esitetty nykyaikaisempi yläpohjarakenne, jossa ontelolaatan tai muun kantavan betonirakenteen päällä on lämmöneristeet ja kattomuotoon liittyvät puurakenteet. Lämmöneristeinä on tyypillisesti käytetty mineraalivillaa tai puhallusvillaa.

Rakenteen vaurioituminen on tyypillisesti seurausta vesikatteen vuotamisesta tai ilmavuodoista rakenteen sisälle. Tyypillisiä vuotopaikkoja ovat yläpohjan ja ulkoseinän liitos, elementtien saumat, jotka betonirakenteiden kuivumisen tai muiden liikkeiden takia saattavat halkeilla ja muodostaa ilmavuotoreitin lämmöneristeeseen. Ongelmat korostuvat korkeissa tiloissa sekä tiloissa, joissa on ylipainetta tai runsasta kosteuden tuottoa sisäilmaan.

Yläpohjarakenteen korjaustavasta riippumatta tulee ottaa huomioon vesikaton jäljellä oleva käyttöikä sekä mahdollinen korjaustarve ja suorittaa vesikattoon liittyvät tarvittavat korjaustoimet.

### B Rakenteen lämmöneristyksen uusiminen



#### Toimenpiteet:

Vanhat vaurioituneet lämmöneristeet poistetaan ja kastunut betonirakenne kuivatetaan ja puhdistetaan. Betonirakenteen ilmatiiviyys varmistetaan elementtien valusaumojen ja läpivientien tiivistämisellä alustaan liimattavilla bitumikermikaistoilla. Lisäksi yläpohjan ja seinärakenteen liitoskohdat tiivistetään rakennuksen sisäpuolelta.

Uusi lämmöneriste voi olla lämmönjohtavuudelta vanhaa eristettä parempaa, minkä lisäksi eristepaksuutta on usein mahdollista kasvattaa siten, ettei yläpohjan tuuletumista heikennetä merkittävästi. Tällöin korjauksella voidaan usein myös merkittävästi pienentää yläpohjarakenteen läpi kulkevien lämpöhäviöiden määrää ja parantaa siten rakennuksen energiatehokkuutta.

Lämmöneristeiden uusiminen tulee kyseeseen tilanteissa, joissa yläpohjan lämmöneristeiden vaurioituminen on pitkälle edennyt ja/tai laaja-alaista.

#### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- vesikaton sadevesitiivyydestä huolehtiminen rakenteen koko käyttöiän ajan

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- rakenteen ilmatiivyyden parantaminen
- yläpohjarakenteen tiivistämisessä ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

#### Riskit:

- vesikaton sadevesitiivyyden säilyminen koko suunnitellun käyttöiän ajan

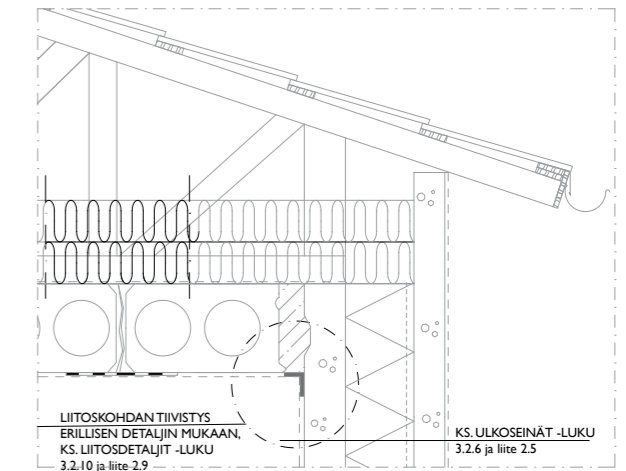
#### Energiatehokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyttä on usein mahdollista parantaa

#### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset

### C Yläpohjarakenteen ilmatiivyyden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Betonirakenteen ilmatiiviyys varmistetaan elementtien valusaumojen ja läpivientien systemaattisella tiivistämisellä alustaan liimattavilla bitumikermikaistoilla. Lisäksi yläpohjan ja seinärakenteen liitoskohdat tiivistetään rakennuksen sisäpuolelta. Tiivistyskorjauksen lisäksi yläpohjan lämmöneristeitä uusitaan tarvittavassa laajuudessa.

Rakenteen ilmatiivyyden parantaminen soveltuu tilanteisiin, jossa yläpohjan lämmöneristeisiin ei liity laajamittaista uusimistarvetta kosteus- tai mikrobivaurioitumisen johdosta.

#### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- tiivistys tehdään johdonmukaisesti kaikkiin läpivienteihin, reikiin ja halkeamiin

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisesti vesikatteen vuotokorjaukset
- yläpohjarakenteen tiivistämisessä ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

#### Riskit:

- rakenteeseen jää vuotoreittejä, jotka voivat johtaa tiivistyskorjaustarpeen uusiutumiseen toisaalla

#### Energiatehokkuus:

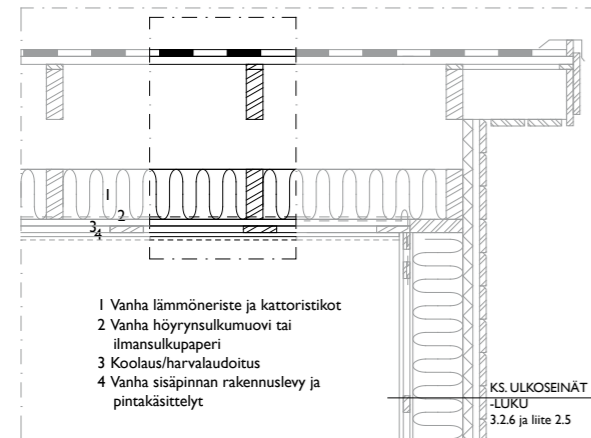
- pienentää yläpohjarakenteen läpi tapahtuvien ilmavuotojen määrää, mutta vaikuttaa vain vähäisessä määrin koko rakennuksen energiatehokkuuteen

#### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset

## TUULETTUVAT JYRKÄT KATOT, JOISSA YLÄPOHJARAKENNE ON PUURAKENTEINEN

### Alkuperäinen rakenne

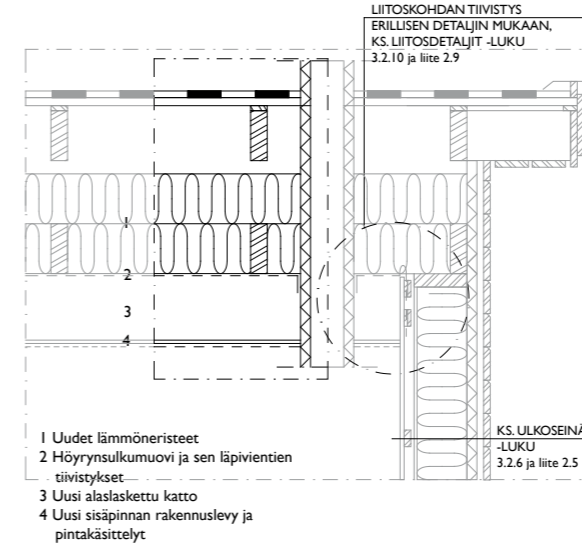


Yllä olevassa kuvassa on esitetty tyypillinen puurakenteinen yläpohjarakenne, jonka kantavana runkona ovat puurakenteiset ristikot. Uudemmissa rakennuksissa lämmöneristeinä on usein mineraalivillaa. Ilman- ja/tai höyrynsulkukerros voi olla muovinen tai paperinen. Vanhemmassa rakennuskannassa puuvasoilla toteutetussa yläpohjarakenteessa lämmöneristeinä voi olla sahanpurua, kutterinlastua tai sammalta.

Rakenteen vaurioituminen liittyy tyypillisesti joko vesikaton vuotoihin tai höyrynsulkukerroksen puutteelliseen tiiviyteen, minkä seurauksena sisäilmasta rakenteeseen kulkeutuva ja tiivistyvä kosteus johtaa rakenteen vaurioitumiseen.

Yläpohjarakenteen korjaustavasta riippumatta tulee ottaa huomioon vesikaton jäljellä oleva käyttöikä sekä mahdollinen korjaustarve ja suorittaa vesikattoon liittyvät tarvittavat korjaustoimet.

### B Rakenteen lämmöneristysten uusiminen



#### Toimenpiteet:

Rakenteesta puretaan vanha lämmöneriste sekä sisäpinnan pintarakenteet siinä laajuudessa kuin ne vaurioituminen huomioon ottaen on aiheellista. Korjauksessa keskeistä on varmistaa rakenteen riittävä ilmatiiviyys. Ilman- ja höyrynsulkukerros voidaan toteuttaa muovikalvosta tai kovasta solumuovilämmöneristeestä. Ilman- ja höyrynsulkukerroksen materiaalista riippumatta saumojen, jatkosten ja läpivientien tiivistämiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Mikäli tekniset tai arkkitehtoniset lähtökohdat mahdollistavat suositellaan alas laskettua kattoa, joka mahdollistaa talotekniikan sijoittamisen höyrynsulkukerroksen lämpimälle puolelle sekä vähentää höyrynsulkukerrokseen tehtävien läpivientien lukumäärää. Höyrynsulkukerros tiivistetään esimerkiksi teippaamalla tai läpivientikumilla läpiviennin kohdalta.

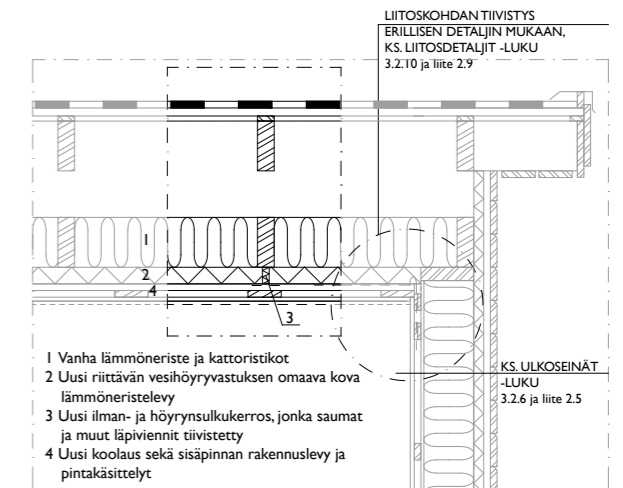
Lämmöneristeiden uusiminen tulee kyseeseen tilanteissa, joissa yläpohjan lämmöneristeiden vaurioituminen on pitkälle edennyt ja laaja-alaista. Korjauksen yhteydessä voidaan yleensä merkittävästi parantaa vanhan rakenteen lämmöneristävyttä (U-arvoa).

#### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- kastuneet rakenteet kuivatetaan
- höyryn- ja ilmansulkukerroksen riittävä tiiviyys

*jatkuu*

### C Yläpohjarakenteen ilmatiivyyden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Rakenteet puretaan alapuolelta kantavan rakenteen alapintaan saakka. Kantavan rakenteen alapintaan kiinnitetään uusi höyrynsulkukerros, joka voi olla kuvassa esitetty riittävän vesihöyrynsulkukerros omaava kova lämmöneristelevy tai kalvomainen tuote. Vesihöyrykerroksen liitokset toisiinsa sekä liittyviin rakenteisiin ja läpivienteihin tiivistetään. Ilmatiivyyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota erilaissa liitos- ja jatkoskohdissa, kuten läpivientien ja seinäliitosten kohdalla. Ilmatiiviiden liitosten toteutusta on ohjeistettu mm. Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa (Aho & Korpi 2009) sekä Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita (Lahdensivu et al., 2012) -julkaisuissa. Erilaisten läpivientien toteutukseen on saatavilla kaupallisia tuotteita, joilla riittävä tiiviyys voidaan saavuttaa. Tärkeää ilmatiiviiden liitosten suunnittelussa on ottaa huomioon rakenteen kosteus- ja lämpöliikkeet sekä rakenteiden taipuminen. Mikäli tiivistys toteutetaan elastisella massalla, tulee tällä olla riittävän suuri muodonmuutoskyky. Käytettäessä höyrynsulkumuovia, tulee liitokseen periaatteellisesti jättää ylimääräistä muovia, joka mahdollistaa liikkeen ilman, että höyrynsulkumuovi repeää.

Rakenteen ilmatiivyyden parantaminen soveltuu tapauksiin, joissa yläpohjarakenteen lämmöneristeiden uusimiseen ei ole laajamittaista tarvetta. Vanhan rakenteen ilmatiivyyttä parantavassa korjauksessa tiivistystoimet ovat yleensä aiheellista kohdistaa selkeästi rajattavaan korjausalueeseen, jolloin korjausalueen sisällä ei jää riskiä siitä, että vanhassa ilman- ja höyrynsulkukerros olisi tiiviyyspuutteita.

*jatkuu*

## B Rakenteen lämmöneristyksen uusiminen

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisesti vesikatteen vuotokorjaukset
- yläpohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapainotus ja / tai korjaaminen / järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- ilman- ja höyrynsulkukerroksen puutteellinen tiiviys tai vaurioituminen asennustöiden tai rakennuksen elinkaaren aikana

### Energiatohokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyttä on usein mahdollista parantaa merkittävästi

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset

## C Yläpohjarakenteen ilmatiivyyden parantaminen

Tiivistyskorjauksessa usein parempaan lopputulokseen päästään uusimalla korjausalueen sisällä vanha ilman- ja höyrynsulkukerros kokonaisuudessaan kuin vain tiivistämällä vanhan ilman- ja höyrynsulkukerroksen epätiiviyksi-kohtia. Ilman- ja höyrynsulku on yleensä yhdestä materiaalista koostuva rakennekerros, joka täyttää molemmat tehtävät. Ilman- ja höyrynsulku voidaan toteuttaa riittävän vesihöyryvastuksen omaavasta höyrynsulkumuovista tai kovasta solumuovilämmöneristelevystä, jonka saumat tiivistetään polyuretaanivaahdolla ja / tai teippaamalla.

### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- tiivistys tehdään johdonmukaisesti koko korjausalueen osalta

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisesti vesikatteen vuotokorjaukset
- yläpohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapainotus ja / tai korjaaminen / järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- korjaus ei poista mahdollisia kosteus- ja mikrobivaurioituneita materiaaleja

### Energiatohokkuus:

- tehtäessä tiivistyskorjaus lämmöneristelevyillä parantaa tämä yläpohjan energiatohokkuutta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

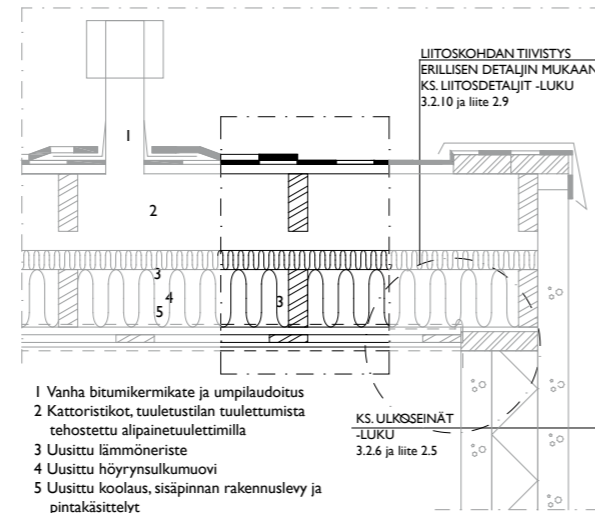
- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset

## LIEVÄSTI TUULETTUVAT LOIVAT KATOT

### Alkuperäinen rakenne



### A Rakenteen lämmöneristyksen uusiminen



Yllä olevassa kuvassa on esitetty tyyppinen lievästi tuulettuva loivakatto, ns. tasakatto, jonka kantava runko on puurakenteinen. Lämmöneristeinä rakenteessa on usein mineraalivilla, jonka alla on höyrynsulkuvuovi. Katemateriaalina on ponttilaudoituksen päälle tehty usein monikerroksinen bitumikermikate. Umpilaudoituksen ja lämmöneristeiden väliin jäävä ilmatila on yleensä hyvin lievästi tuulettuva.

Rakenteen vaurioituminen liittyy tyyppillisesti joko vesikatton vuotoihin tai höyrynsulkukerroksen puutteelliseen tiiviyyteen, minkä seurauksena sisäilmasta rakenteeseen kulkeva ja tiivistyvä kosteus johtaa rakenteen vaurioitumiseen. Yläpohjarakenteen korjaustavasta riippumatta tulee ottaa huomioon vesikatton jäljellä oleva käyttöikä sekä mahdollinen korjaustarve ja suorittaa vesikattoon liittyvät tarvittavat korjaustoimet.

#### Toimenpiteet:

Vanhat lämmöneristeet ja höyrynsulkuvuovi puretaan ja korvataan uusilla materiaaleilla. Ilman- ja höyrynsulkukerroksen tiivistä toteuttamista on ohjeistettu mm. Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa (Aho & Korpi 2009) sekä Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita (Lahdensivu et al., 2012) -julkaisuissa.

Lämmöneristeiden uusiminen tulee kyseeseen tilanteissa, joissa yläpohjan vaurioituminen on pitkälle edennyt ja laaja-alaista. Perusteellisen korjauksen yhteydessä voi olla aiheellista uusita myös vesikattorakenne ja katemateriaali kokonaisuudessaan.

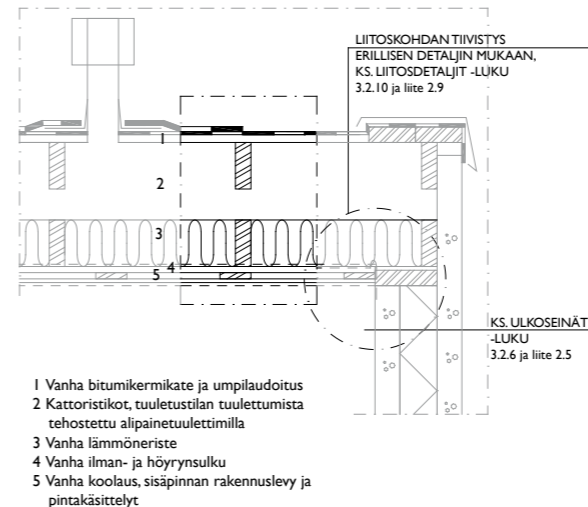
Korjauksen yhteydessä on aiheellista varmistaa yläpohjan tuuletusvälin riittävä tuulettuminen esimerkiksi alipainetuulettimien avulla. Rakenteen energiatehokkuutta voidaan yleensä parantaa vain, mikäli uuden lämmöneristeiden lämmönjohtavuus on pienempi vanhaan purettuun lämmöneristeeseen verrattuna. Lämmöneristekerroksen paksuuden kasvattaminen ei monesti ole mahdollista.

#### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- höyryn- ja ilmansulkukerroksen on riittävän tiivis, eikä yläpohjarakenteen yli vallitsevan paine-eron kasvu, johda hallitsemattomiin ilmapuotoihin
- vesikatteen läpivientien tiiviisyys

*jatkuu*

### B Rakenteen tuulettumisen tehostaminen



#### Toimenpiteet:

Kattorakenteeseen asennetaan alipainetuulettimia siten, että katon tuulettuminen voi tapahtua paremmin. Alipainetuuletin asennetaan hyödyntäen kermikatolle ja kohteen katon kaltevuudelle suunniteltua läpivientitiivistettä. Bitumikermi nostetaan kyseisen läpivientikappaleen päälle. Tuulettusta voidaan tehostaa esimerkiksi asentamalla koneellinen poisto osaan alipainetuulettimista. Tässä on kuitenkin otettava huomioon tämän mahdollinen negatiivinen vaikutus rakenteen läpi tapahtuviin ilmapuotoihin, joten kyseisen korjauksen yhteydessä voi olla aiheellista tehdä myös ilmatiiviyyttä parantavia korjaustoimia. Laajoilla kattopinnoilla tämä onnistuu yleensä tehokkaimmin alipainetuulettimien avulla. Lisäksi ilmavirtaus rakenteen sisään täytyy mahdollistaa räystäiden kautta, jos näin ei ole aiemmin ollut.

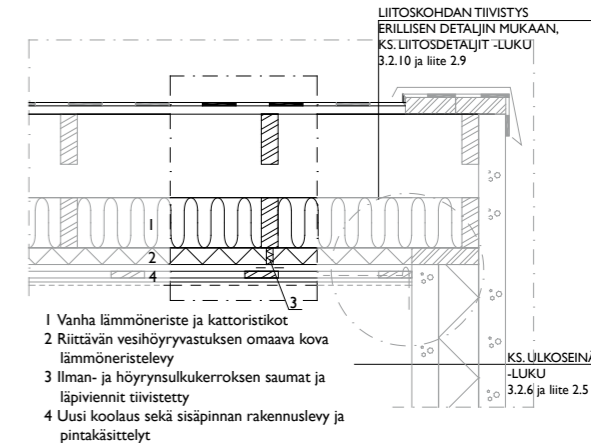
Korjaustapa soveltuu tilanteisiin, jossa katemateriaalin kunto ja vesikatton kallistukset ovat kunnossa, eikä rakenteen ilman- ja höyrynsulkukerrokseen tarvitse tehdä korjauksia. Korjaus voidaan suorittaa myös vaurioitumista ehkäisevänä toimenpiteenä. Korjauksen yhteydessä on suositeltua asentaa myös tarkastusluukut, joiden kautta yläpohjarakenteen kuntoa voidaan havainnoida.

#### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- höyryn- ja ilmansulkukerroksen on riittävän tiivis, eikä yläpohjarakenteen yli vallitsevan paine-eron kasvu johda hallitsemattomiin ilmapuotoihin
- vesikatteen läpivientien tiiviisyys

*jatkuu*

### C Yläpohjarakenteen ilmatiiviuden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Rakenteet puretaan alapuolelta kantavan rakenteen alapintaan saakka. Kantavan rakenteen alapintaan kiinnitetään uusi höyrynsulkukerroksen, joka voi olla kuvassa esitetty riittävän vesihöyryvastuksen omaava kova solumuovilämmöneristelevy tai kalvomainen tuote. Vesihöyrykerroksen liitokset toisiinsa sekä liittyviin rakenteisiin ja läpivienteihin tiivistetään. Tehtäessä ilman- ja höyrynsulkukerroksen lämmöneristelevystä, tulee myös levyn ja saumojen vesihöyryvastuksen olla riittävän suuri. Rakenteeseen ei tule jättää kahta päällekkäistä vesihöyrytiivistä materiaalikerrosta. Höyrynsulkuvuovi ei saa rakenteessa jäädä kuormitetuksi esimerkiksi lämmöneristeiden painosta, tämä voidaan ratkaista mm. käyttämällä tiheää koolautta (väli pienempi kuin 250 mm) höyrynsulkuvuovin alla.

Rakenteen ilmatiiviuden parantaminen soveltuu tapauksiin, joissa yläpohjarakenteen lämmöneristeiden uusimiseen ei ole laajamittaista tarvetta. Vanhan rakenteen ilmatiiviyyttä parantavassa korjauksessa tiivistystoimet on yleensä aiheellista kohdistaa selkeästi rajattavaan korjausalueeseen, jolloin korjausalueen sisällä ei jää riskiä siitä, että vanhassa ilman- ja höyrynsulkukerroksessa olisi tiiviyspuutteita. Tiivistyskorjauksessa usein parempaan lopputulokseen päästään uusimalla korjausalueen sisällä vanha ilman- ja höyrynsulkukerroksen kokonaisuudessaan kuin vain tiivistämällä vanhan ilman- ja höyrynsulkukerroksen epätiivisyyskohtia. Ilman- ja höyrynsulku on yleensä yhdestä materiaalista koostuva rakennekerros, joka täyttää molemmat tehtävät.

*jatkuu*

## A Rakenteen lämmöneristyksen uusiminen

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisesti vesikatteen vuotokorjaukset
- yläpohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapainotus ja / tai korjaaminen / järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- ilman- ja höyrynsulkukerroksen puutteellinen tiiviys

### Energiatohokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyttä on usein mahdollista parantaa merkittävästi

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset

## B Rakenteen tuulettumisen tehostaminen

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisesti vesikatteen vuotokorjaukset
- koneelliseen tuuletusjärjestelmään liittyvät työt

### Riskit:

- ilman- ja höyrynsulkukerroksen puutteellinen tiiviys
- koneellisen poiston toimiminen koko korjauksen käyttiän ajan

### Energiatohokkuus:

- ilmavirtaus voi vähäisessä määrin kasvattaa lämpöhäviöiden määrää

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset

## C Yläpohjarakenteen ilmatiiviiden parantaminen

Ilmatiiviyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota erilaisissa liitos- ja jatkokohdissa, kuten läpivientien ja seinäliitosten kohdalla. Erilaisten läpivientien toteutukseen on saatavilla kaupallisia tuotteita, joilla riittävä tiiviys voidaan saavuttaa. Tärkeää ilmatiiviiden liitosten suunnittelussa on ottaa huomioon rakenteen kosteus- ja lämpöliikkeet sekä rakenteiden taipuminen. Mikäli tiivistys toteutetaan elastisella massalla, tulee tällä olla riittävän suuri muodonmuutoskyky. Käytettäessä höyrynsulkumuovia, tulee liitokseen periaatteellisesti jättää ylimääräistä muovia, joka mahdollistaa liikkeen ilman, että höyrynsulkumuovi repeää.

### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- tiivistyskorjaus tehdään johdonmukaisesti koko korjausalueen osalta

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisesti vesikatteen vuotokorjaukset
- yläpohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapainotus ja / tai korjaaminen / järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- korjaus ei poista kosteus- ja mikrobivaurioituneita materiaaleja

### Energiatohokkuus:

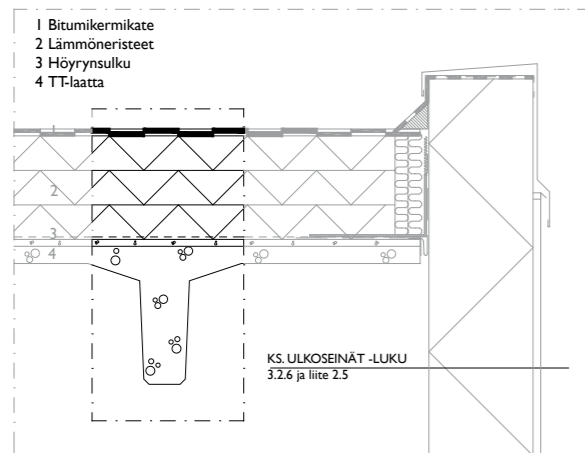
- pienentää yläpohjarakenteen läpi tapahtuvien ilma- vuotojen määrää, mutta vaikuttaa vain vähäisessä määrin koko rakennuksen energiatohokkuuteen
- korjaus mahdollistaa korjausalueen yläpohjarakenteen lämmöneristekerroksen paksuuden kasvattamisen erillisenä toimenpiteenä ja siten energiatohokkuuden parantamisen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset

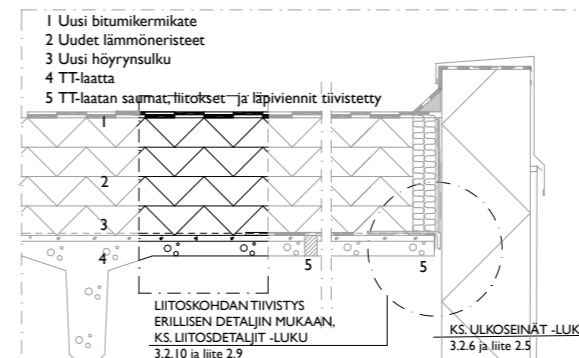
## TUULETTUMATON MINERAALIVILLAERISTEINEN KATTORAKENNE

### Alkuperäinen rakenne



Yllä olevassa kuvassa on esitetty tavanomainen tuulettumaton kattorakenne, jossa betonisen TT-laatan päällä on mineraalivillaeristeet ja bitumikermit. Rakenteelle tyypillisiä vaurioita ovat vesikatteen vuodoista seuraava vaurioituminen tai ilmapuotojen kautta rakenteeseen sisäilmasta kulkeutuneen kosteuden aiheuttamat vauriot. Vesikatteen vuotoja voi syntyä vesikaton mekaanisen rasituksen, kuten huoltotöiden yhteydessä.

## B Rakenteen lämmöneristyksen uusiminen



### Toimenpiteet:

Kermikate sekä kastuneet ja vaurioituneet materiaalit poistetaan betonilaatan pintaan saakka. Betonirakennetta kuivatetaan tarvittaessa ja pinnat puhdistetaan. Betonilaatan ilmatiiviyys varmistetaan esimerkiksi TT-laattojen saumoihin asennettavan bitumikaistan avulla sekä läpivientejä tiivistämällä.

Uusi lämmöneriste voi olla lämmönjohtavuudelta vanhaa eristettä parempaa, minkä lisäksi eristepaksuutta on usein mahdollista kasvattaa. Tällöin korjauksella voidaan usein myös merkittävästi pienentää yläpohjarakenteen läpi kulkevien lämpöhäviöiden määrää ja parantaa siten rakenteen energiatehokkuutta.

Lämmöneristeiden uusiminen tulee kyseeseen tilanteissa, joissa yläpohjan lämmöneristeiden kosteus- ja mikrobivaurioituminen on pitkälle edennyt ja/tai laaja-alaista. Lisäksi lämmöneristeiden uusimiseen voi olla aihetta uusittaessa vesikatetta. Korjauksessa vanhojen lämmöneristeiden poistamisen jälkeen on yleensä aiheellista varmistaa betonirakenteen riittävä ilmatiiviyys. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi TT-laattojen saumoihin asennettavan bitumikaistan avulla sekä läpivientejä tiivistämällä.

### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- rakenteen kuivattaminen tarvittavassa laajuudessa
- rakenteen ilmanpitävyyden varmistaminen
- vesikaton sadevesitiivyydestä huolehtiminen rakenteen koko käyttöajan ajan

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- räystäslitoksiin tehtävät korjaukset
- yläpohjan vedenpoistojärjestelmiin tehtävät muutokset/korjaukset

### Riskit:

- vesikaton sadevesitiivyyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan

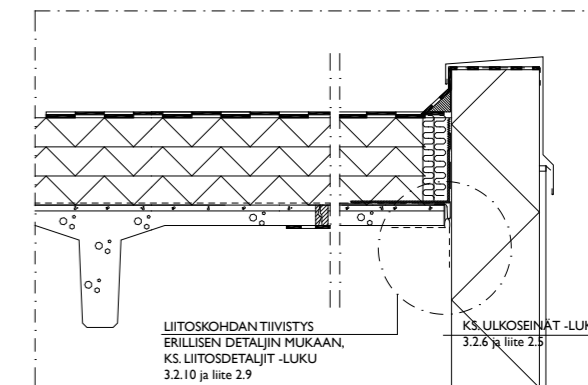
### Energiatehokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyttä on usein mahdollista parantaa

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset

## C Yläpohjarakenteen ilmatiivyyden parantaminen



### Toimenpiteet:

Betonielementtien saumojen sekä yläpohjan ja ulkoseinän sekä läpivientien tiivistäminen tehdään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Tiivistyskorjauksen lisäksi yläpohjan lämmöneristeitä uusitaan tarvittavassa laajuudessa.

Rakenteen ilmatiivyyden parantaminen soveltuu tilanteisiin, joissa yläpohjan lämmöneristeisiin ei liity laajamittaista uusimistarvetta kosteus- tai mikrobivaurioitumisen johdosta sekä tilanteisiin, joissa vesikatetta ei tarvitse korjata tai uusia laaja-alaisesti.

### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- tiivistys tehdään johdonmukaisesti kaikkiin läpivienteihin, reikiin ja halkeamiin

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdollisesti vesikatteen vuotokorjaukset
- yläpohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakenteeseen tai tilaan

### Riskit:

- rakenteeseen jää vuotoreittejä, jotka voivat johtaa tiivistyskorjaustarpeen uusiutumiseen toisaalla

### Energiatehokkuus:

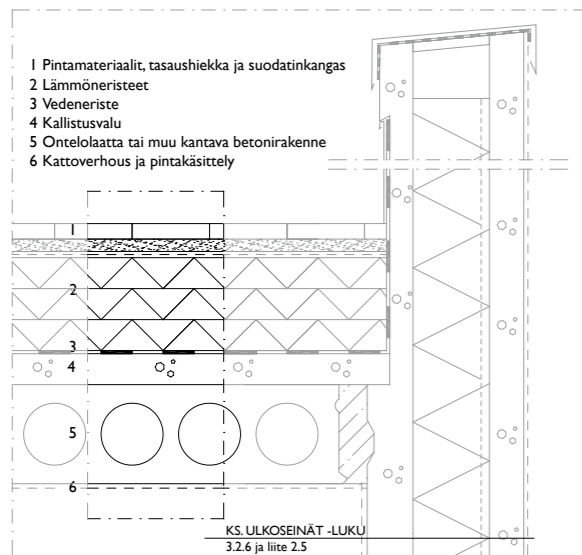
- pienentää yläpohjarakenteen läpi tapahtuvien ilmapuotojen määrää, mutta vaikuttaa vain vähäisessä määrin koko rakennuksen energiatehokkuuteen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset

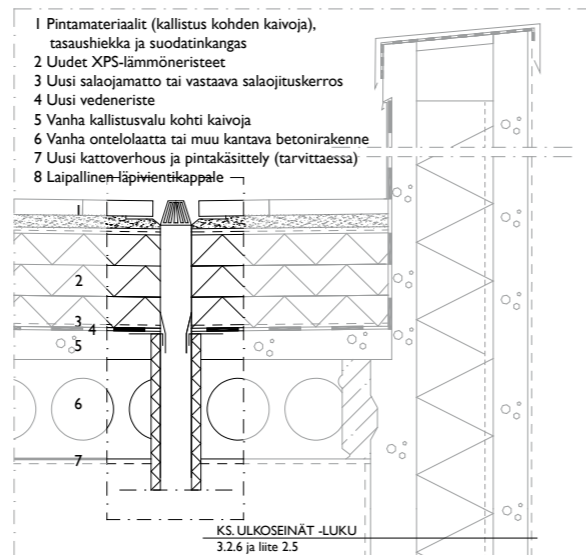
## KÄÄNNETYT KATOT

### Alkuperäinen rakenne



Yllä olevassa kuvassa on esitetty tavanomainen käännetty kattorakenne, jossa vedeneriste sijaitsee lämmöneristeiden alapuolella. Rakenteen vaurioituminen on usein seurausta vedeneristeiden vuodoista, jotka usein sijoittuvat erilaisten liitosten ja läpivientien kohdalle. Vaurioita vedeneristeseen voi syntyä myös kuormitusten seurauksena. Vaurioiden syntymisriskiä voi edelleen kasvattaa käännetyn katon pintamateriaalin tai kallistusvalun liian loivat kallistukset kohti sadevesikaivoja. Vedeneristeen käyttöikä voi lyhentää liian heikko kiinnitys alustasta tai vedeneristeen irtoaminen alustasta.

### A Rakenteen vedeneristysten uusiminen



#### Toimenpiteet:

Rakennekerrokset puretaan kallistusvalun pintaan saakka. Betonipinta puhdistetaan ja kuivataan sekä tarvittaessa paikkakorjataan vaurioituneilta osilta. Vedeneristeen alustana käytetyn betonirakenteen tulee olla riittävän luja, jotta vedeneristeen riittävä tartunta tulee varmistetuksi.

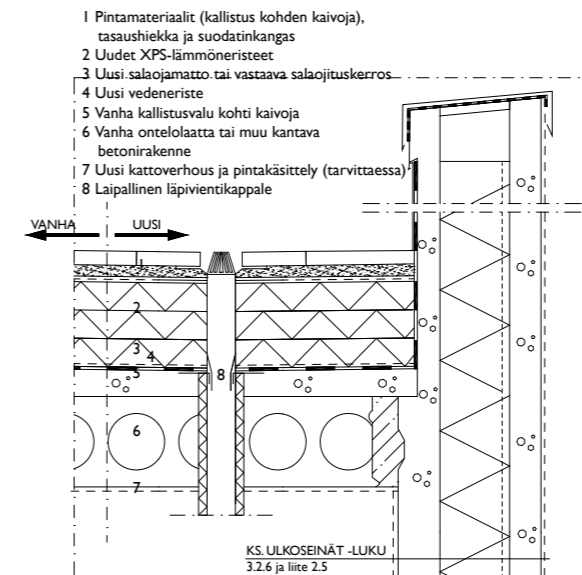
Läpiviennit, esimerkiksi kattokaivot, toteutetaan käännettyjä kattoja varten suunnitelluin läpivienti- ja kaivopaketein. Pääosa sadevedestä ohjataan pintamateriaalin kallistusten avulla kattovesikaivolle. Lämmöneristeen alla käytetään salaojamattoa tai vastaavaa salaojituskerrosta. Salaojituskerroksen puristuslujuuden tulee olla riittävä huomioon ottaen käännetyn katon kuormitukset ja omapainot. Eristekerroksen läpi suotu vesi ohjataan kaivon vedeneristeen, salaojituskerroksen sekä kallistusvalun avulla.

Korjauksen yhteydessä voidaan yleensä parantaa vanhan rakenteen lämmöneristävyttä (U-arvoa).

Käännetyn katon vesitiivyyden saavuttamisen jälkeen on tärkeä korjata alapuoliset rakenteet, esimerkiksi alakaton pintamateriaalit tai seinien yläosien materiaalit siltä osin kuin ne ovat vaurioituneet. Mikäli vuodon seurauksena myös käännetyn katon alapuolella olevat vaakarakenteet ovat päässeet vaurioitumaan, tulee luonnollisesti myös niihin kohdistaa tarvittavat korjaustoimet. Käännetyn katon toteutusohjeita on annettu RIL 107-202 Rakennusten veden- ja kosteuseristysohjeet -kirjassa (RIL 107-2012).

*jatkuu*

### B Pintavesien ohjauksen korjaaminen



#### Toimenpiteet:

Korjauksessa uusitaan vedeneristeitä ja lämmöneristeitä tarvittavalta alueelta. Kattokaivon ja vedeneristeen välinen tiiviys varmistetaan kattokaivon soveltuvalla läpivientikappaleella. Pintarakenteet kallistetaan kohti kattokaivoja viettäväksi. Kattokaivojen ja niiden ympäristön jäätyminen estetään sulanapitokaapelein. Lisäksi tehdään alapuolisiin rakenteisiin (pintamateriaalit sekä seinien yläosat) tarvittavat kosteusvauriokorjaukset tämän oppaan muissa luvuissa esitetyn mukaisesti.

Korjaus soveltuu tapauksiin, jossa käännetyn katon perusrakenne on kunnossa: kallistusvalut viettävät kohti kattokaivoja, vedeneristeellä on käyttöikä jäljellä, eikä lämmöneristeiden laajamittaiseen uusimiseen ole aihetta. Vuotoaikana tulee olla selkeästi määritettävissä ja rajattavissa. Tällaisissa tapauksissa vaurioituminen liittyy yleensä esimerkiksi yksittäisen kattokaivon rikkoutumiseen tai tukkeutumiseen, esimerkiksi sulamisvesien uudelleen jäätyminen seurauksena.

#### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- vedeneristeen tiiviys ja läpivientien sekä liitosten toteutus

*jatkuu*

## A Rakenteen vedeneristyksen uusiminen

### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- betonirakenteen eheys ja riittävä lujuus
- vedeneristeen tiiviys ja läpivientien sekä liitosten toteutus

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdolliset vauriokorjaukset betonirakenteessa sekä alapuolisessa tilassa
- mahdolliset vedenpoistojärjestelmään liittyvät muutokset ja/tai korjaukset

### Riskit:

- vedeneristeen tiiviyspuutteet
- liittyvien rakenteiden (esimerkiksi seinien yläosan) liian kevyet korjaukset tai korjaamatta jättäminen

### Energiatehokkuus:

- rakenteen lämmöneristävyttä on usein mahdollista parantaa merkittävästi

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset, joissa huolehditaan vedenpoistojärjestelmän puhtaudesta ja toimivuudesta.

## B Pintavesien ohjauksen korjaaminen

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- mahdolliset vauriokorjaukset alapuolisessa tilassa
- mahdolliset vedenpoistojärjestelmään liittyvät muutokset ja/tai korjaukset

### Riskit:

- pistemäisessä korjauksessa ei onnistuta korjaamaan kaikkia vuotokohtia
- liittyvien rakenteiden (esimerkiksi seinien yläosan) liian kevyet korjaukset tai korjaamatta jättäminen

### Energiatehokkuus:

- korjaus ei vaikuta rakenteen tai rakennuksen energiatehokkuuteen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset, joissa huolehditaan vedenpoistojärjestelmän puhtaudesta ja toimivuudesta.



## Liite 2.7

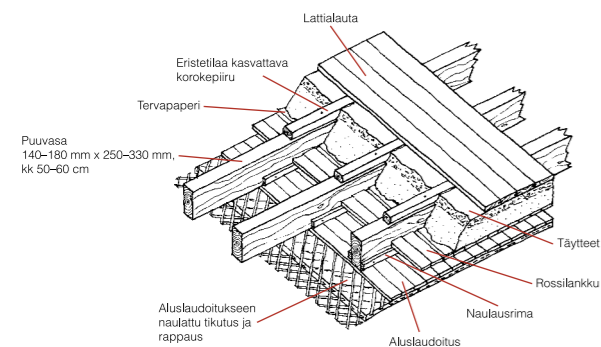
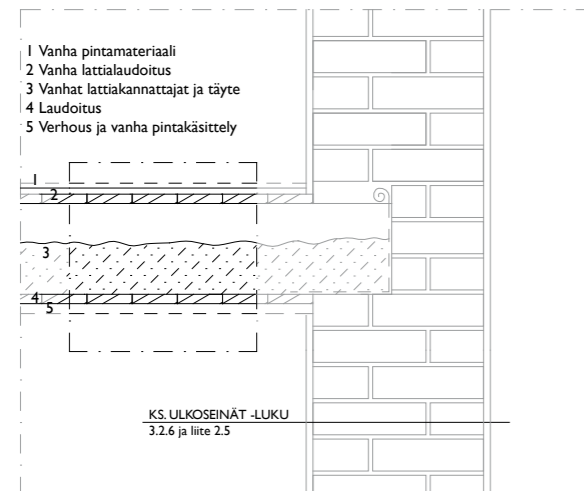
### Välipohjien korjausmenetelmät

Tässä liitteessä käsitellään seuraavat välipohjat:

- Puurunkoinen täytevälipohja
- Teräsbetoninen alalaattapalkisto, jonka päällä puukoolattu lattia tai kantavasta rakenteesta irti oleva teräsbetoniyläläatta
- Teräsbetoninen kaksoislaattapalkisto
- Betonivälipohja, jonka päällä eristekerros ja pintabetonilaatta
- Väestönsuojien katon betonirakenteet
- Välipohjien erityistapaukset
  - VOC-ongelmat
  - ontelovedet

#### PUURUNKOINEN TÄYTEVÄLIPOHJA

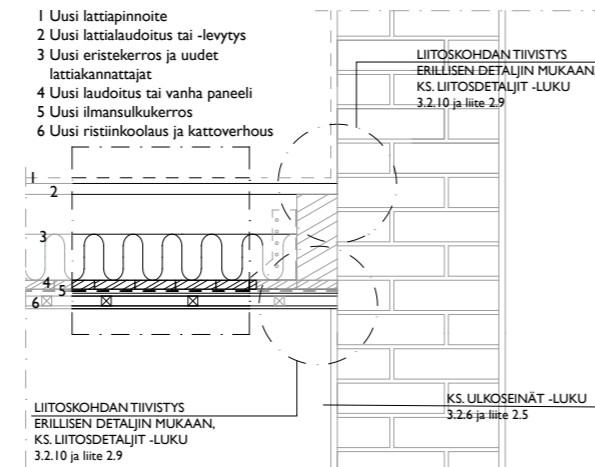
##### Alkuperäinen rakenne



Havainnekuva puurunkoisesta täytevälipohjasta (Kerrostalot 1880–2000 -kirja, Rakennustietosäätiö RTS, 2016)

jatkuu

##### A Rakenteen uusiminen kokonaan



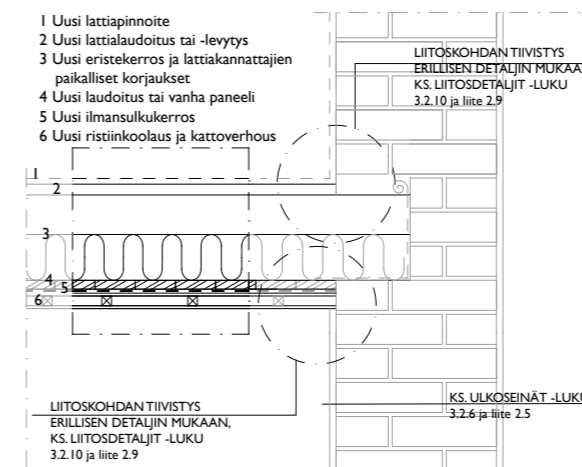
##### Toimenpiteet:

Vanhat välipohjarakenteet puretaan kokonaisuudessaan ja rakennetaan uudelleen. Korjatussa rakenteessa välipohjan puisia kannattajia ei upoteta tiiliseinän sisään, vaan ne kannatetaan tiiliseinän pinnasta.

Uusimiseen päädytään, jos lattiakannattajissa on merkittäviä ja palkistossa säännönmukaisesti todettuja kantavuutta heikentäviä lahovaurioita. Tällöin lattiakannattajiksi voidaan valita puu- tai teräsrakenne ja joissakin tapauksissa myös paikalla valettu betonirakenne. Välipohjan muut rakenteet määräytyvät arkkitehtonisten sekä rakennusakustisten ja paloteknisten tavoitteiden mukaan. Lämpö-, vesi- ja viemärijärjestelmiin liittyviä putkia ei suositella asennettavaksi välipohjan sisään kosteusvaurioriskin välttämiseksi.

jatkuu

#### B Vaurioituneiden materiaalien poisto rakenteesta

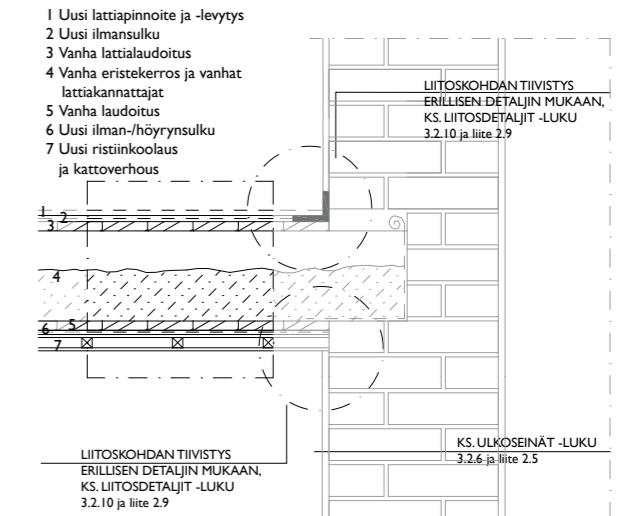


##### Toimenpiteet:

Vanhat pintarakenteet ja lattia-laudoitukset sekä vanhat täytemateriaalit puretaan. Paikalliset lahovauriot lattiakannattajissa korjataan vaihtamalla puuosat uusiin ja mikrobivauriot puurakenteen pinnassa poistetaan mekaanisesti (höylääminen tai hiominen tarvittavaan syvyyteen saakka). Tapauskohtaisesti voidaan harkita vanhojen lahovaurioituneiden puuosien jättämistä paikoilleen, mikäli lahovaurion aiheuttanut kosteuslähde on poistunut tai poistuu korjauksessa ja lattian kantavuus on riittävä. Mikäli lattian kantavissa rakenteissa on paljon lahovaurioita, voidaan lattiakannattajat korvata kokonaan uudella, kosteutta paremmin kestäväällä materiaalilla (teräskannattajat tai liima- ja kertopuupalkit). Puuvälipohjan uudessa lämmöneristemateriaalissa, kuten mineraalivilla tai puukuitueriste, tulee ottaa huomioon rakenteen akustiset ominaisuudet tilojen

jatkuu

#### C Rakenteen ilmanpitävyyden parantaminen



##### Toimenpiteet:

Tiivistäminen tehdään rakenteeseen ilmansulkukalvolla ja kalvo kiinnitetään huolellisesti liittyviin rakenteisiin siten, että liitospaikka on ilmatiivis. Korjaukselle voidaan saada hieman pidempi käyttöikä välipohjaonteloiden koneellisella alipaineistuksella. Alipaineistus tulee rakentaa jokaiseen palkkiväliin erikseen.

Puurakenteisen täytevälipohjan korjaustapana tiivistyskorjaus ei ole suositeltavaa. Puurakenteiden tiivistäminen ei kokemusperäisen tiedon perusteella ole pitkäaikaiskestävä ratkaisu puun kosteusliikkeiden vuoksi. Ilmanpitävyyden parantamista voidaan käyttää korjausvaihtoehtona vain silloin, kun välipohjia ei ole mahdollista purkaa. Tällöin pyritään vähentämään epäpuhtauksien kulkeutumista välipohjasta huoneilmaan.

jatkuu

## Alkuperäinen rakenne

Puurunkoinen täyvälipohja on toteutettu puurakenteisten lattiakannattajien varaan, jotka tukeutuvat yleensä massiivitiiliseinään. Tämä liitos on usein altis kosteusvaurioille, sillä viistosaderasituksen aiheuttama kosteus siirtyy massiivisesta ulkoseinärakenteesta puukannattajaan mahdollistaen lahovaurion syntymisen.

Vanhan rakennuskannan puurakenteisessa välipohjassa on tyypillisesti käytetty täytämateriaaleina hiekkaa, kutterinlastua, sahanpurua, sammalta, olkea tai turvetta. Lisäksi täyteenä voi olla puupohjaisia levyjä sekä erilaista rakennusjätettä, kuten laastia ja tiilenkappaleita. Rakenteelle on hyvin tyypillistä, että alkuperäisten lattiarakenteiden päälle ja sisäkattorakenteiden alapuolelle on tehty aiempien korjaus- ja muutostöiden yhteydessä useita uusia rakennekerroksia, jotka mahdollisesti sisältävät haitta-aineita.

Vanhoihin puurakenteisiin välipohjiin syntyy helposti kosteusvaurioita vesivahinkojen, kuten märkätilojen vesivuotojen, putkistovuotojen tai tulipalon sammutusvesien vuoksi. Vesivahingon jälkeen puurakenteinen välipohja tulee avata ja kuivattaa nopeasti, sillä mikrobikasvu käynnistyy täyte materiaaleissa hyvin nopeasti.

## A Rakenteen uusiminen kokonaan

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- kaikki vaurioitunut aines pitää saada poistettua
- seinärakenteen kantavuus ja rakenteiden stabiiliteetti eivät saa heikentyä korjauksen seurauksena

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- kaikkien rakennuksessa olevien tilojen uusiminen
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- ei merkittäviä riskejä, sillä kaikki vaurioitunut materiaali poistetaan rakenteesta

### Energiatehokkuus:

- välipohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät sinällään vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## B Vaurioituneiden materiaalien poisto rakenteesta

käyttötarkoitukseen nähden. Rakenteen ilmansulku asennetaan tiiviisti seinää vasten.

Puurakenteinen lattiakannattaja sijaitsee korjauksen jälkeenkin ulkoseinärakenteen sisässä, jolloin se on edelleen alttiina kosteusrasitukselle ulkopuolelta. Lisäksi rakenteessa on kyseisessä kohdassa kylmäsilta. Mahdollisuuksien mukaan korjauksessa tulee ulkopuolista kosteusrasitus-tasoa alentaa. Rakenteen lämpötilaeroja on mahdollista tasata esim. julkisivun ulkopintaan asennettavalla eristerappausjärjestelmällä, jolloin liitoksen rakennusfysikaalinen toimivuus paranee. Rakennus-suojelullisesta näkökulmasta eristerappaus ei usein kuitenkaan tule kyseeseen, sillä puuvälipohjat sijaitsevat pääsääntöisesti suojelluissa rakennuskohteissa, jolloin julkisivuun ei usein sallita suuria ulkonäöllisiä muutoksia.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- rakenteen kantavuus tulee aina tarkastaa, kun rakenneta puretaan ja rakennetaan uusiksi; kantavuustarkastelut tekee rakennesuunnittelija.
- käyttötarkoituksen muuttuessa tulee ottaa huomioon uudelle rakenteelle asetettavat rakennusakustiset ja palotekniset vaatimukset (myös läpiviennit)
- askelääneneristyksen sekä paloteknisten vaatimusten huomioon ottaminen
- täytteid poisto keventää rakennetta, jolloin välipohjan alapintaan saattaa syntyä vaurioita taipumien pienentyessä; myös välipohjaan työn aikana kohdistuva mekaaninen rasitus voi aiheuttaa välipohjaan värähtelyä normaalia käyttötilannetta enemmän; otettava huomioon erityisesti suojelukohteissa, joissa välipohjan alapinta on suojeltu (erilaiset rappauspinnat jne.)

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- välipohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- ilmatiiviyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan

### Energiatehokkuus:

- välipohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät sinällään vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## C Rakenteen ilmanpitävyyden parantaminen

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- tiiviyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilmapuoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmapuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän
- tehtävät tiivistykset eivät saa heikentää rakenteen rakennusfysikaalista toimivuutta
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- välipohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan
- välipohjaonteloiden alipaineistus vaatii oman ilmanvaihtojärjestelyn, joka ei ole yhteydessä rakennuksen muuhun ilmanvaihtoon

### Riskit:

- vaurion eteneminen ei pysähdy, jos ulkopuolista kosteusrasitusta ei samalla poisteta tai oleellisesti pienennetä
- ilmatiiviyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen
- alipaineistuksen toimimattomuus (vuodot, toimintahäiriöt)

### Energiatehokkuus:

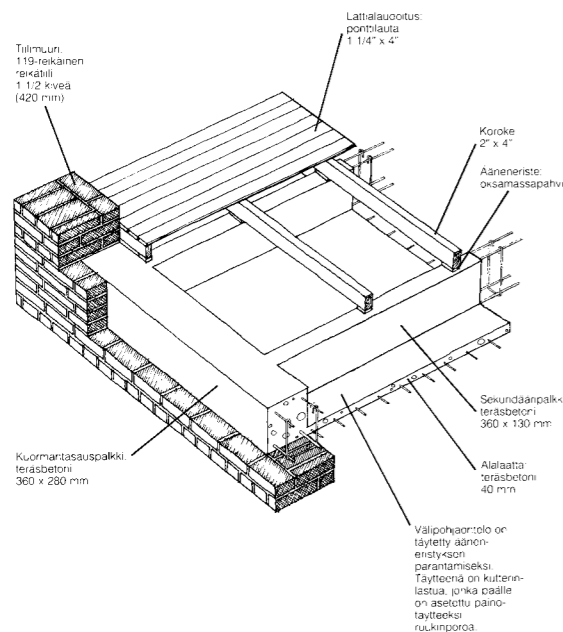
- välipohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät sinällään vaikuta rakennuksen energiankulutukseen
- rakenteen alipaineistuksella voi olla energiatehokkuutta heikentävä vaikutus

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

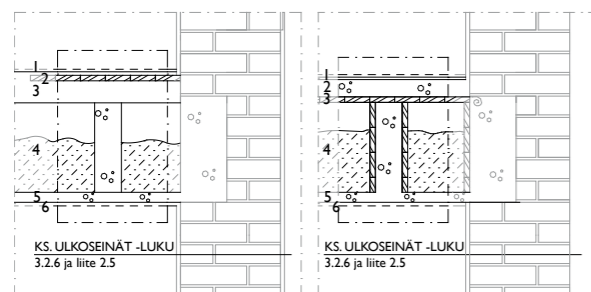
- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

## TERÄSBETONINEN ALALAATTAPALKISTO, JONKA PÄÄLLÄ PUUKOOLATTU LATTIA TAI KANTAVASTA RAKENTEESTA IRTI OLEVA TERÄSBETONIYLÄLAATTA

### Alkuperäinen rakenne



Havainnekuva alalaattapalkistosta, jonka päällä on puukoolattu lattia (Kerrostalot 1880–2000 -kirja, Rakennustietosäätiö RTS, 2016)



- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Vanha pintamateriaali (mahdollisesti useita kerroksia)</li> <li>2 Vanha lattialaudoitus</li> <li>3 Vanha lattiakoolaus</li> <li>4 Vanha täyte- tai eristekerros, teräsbetonipalkki ja ilmatila</li> <li>5 Vanha teräsbetonirakenteinen alalaatta</li> <li>6 Vanha pintamateriaali ja -käsittely</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Vanha pintamateriaali (mahdollisesti useita kerroksia)</li> <li>2 Vanha pintabetonilaatta, joka ei ole rakenteellisesti toimiva alalaastan kanssa (ns. irtolälaatta)</li> <li>3 Vanha muottilaudoitus, jonka päällä valusuojapaperi tai -pahvi</li> <li>4 Vanha täyte- tai eristekerros, teräsbetonipalkki ja ilmatila</li> <li>5 Vanha teräsbetonirakenteinen alalaatta</li> <li>6 Vanha pintamateriaali ja -käsittely</li> </ol> |
|---|---|

Teräsbetoninen alalaattapalkisto on toteutettu niin, että alalaatta ja palkki on valettu yhtenä kokonaisuutena ja näiden päälle on tehty palkkiväleihin tuettu, puukoolattu lattia (vasemman puoleinen kuva) tai palkiston päälle on muottien varaan valettu erillinen pintalaatta.

*jatkuu*

### A Rakenteen uusiminen

Teräsbetonisen välipohjan palkkien uusiminen kokonaan on käytännössä teknisesti mahdotonta.

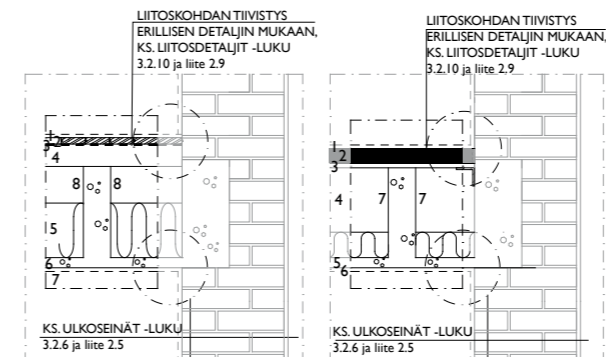
## B Vaurioituneiden materiaalien poistaminen rakenteesta

Tilanteessa, jossa alalaattapalkiston täytemateriaaleissa todetaan runsaasti mikrobikasvustoa, tulee korjaustavaksi valita vaurioituneiden muottilautojen ja onkaloiden täytemateriaalien poistaminen rakenteesta. Usein myös peruskorjauksen yhteydessä on suositeltavinta käyttää tätä korjaustapaa.

Alalaattapalkistoissa teknisesti helpompi tapa on purkaa rakenne yläkautta. Tässä purkusunnassa on helppo säilyttää alapinnan struktuuri ja mahdolliset pintakäsittelyt alkuperäisinä. Purku on mahdollista tehdä myös alakautta.

Purkutyömenetelmät ja puhdistaminen katso luku 3.5 Työmaan olosuhteiden hallinta.

### B 1) Vaurioituneiden materiaalien poistaminen yläkautta



- |  |   |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Uusi pintamateriaali ja rakenteiden liittymien ja läpivientien tiivistykset</li> <li>2 Uusi lattialaudoitus tai levyrakenne</li> <li>3 Ilmansulkukerros</li> <li>4 Uusi puukoolaus</li> <li>5 Uusi eristekerros, vanha teräsbetonipalkki</li> <li>6 Vanha teräsbetonirakenteinen alalaatta</li> <li>7 Uusi verhouso- ja/tai pintakäsittely tarvittaessa</li> <li>8 Pölynsidontakäsittely</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Uusi pintamateriaali ja rakenteiden liittymien ja läpivientien tiivistykset</li> <li>2 Uusi teräsbetonilaatta</li> <li>3 Uusi liittolevy</li> <li>4 Uusi eristekerros, vanha teräsbetonipalkki ja mahdollisesti alipaineistettu kotelo</li> <li>5 Vanha teräsbetonirakenteinen alalaatta (pölynsidontakäsittely)</li> <li>6 Uusi verhouso- ja/tai pintakäsittely</li> <li>7 Pölynsidontakäsittely</li> </ol> |
|--|---|

#### Toimenpiteet:

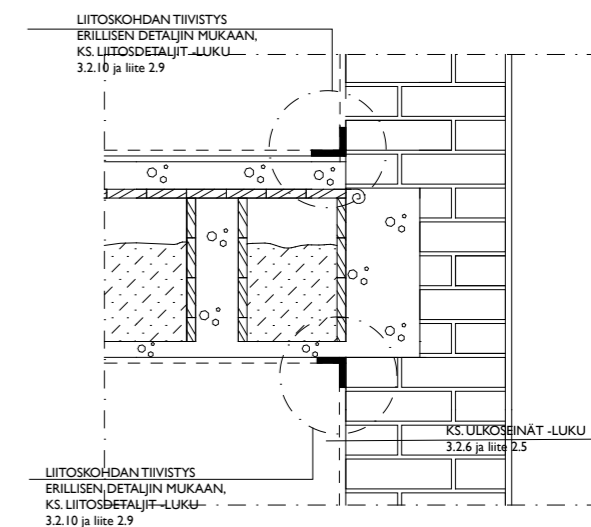
Vanha kansirakenne puretaan kokonaan ja palkkivälit tyhjennetään. Tämän jälkeen jäljelle jäävien betonirakenteiden pinnat puhdistetaan ja niihin tehdään pölynsidontakäsittely. Palkkivälit eristetään esimerkiksi mineraalivillalla.

Vanhojen kantavien rakenteiden kantavuus on tarkastettava, sillä uusi päälle tehtävä rakenne on yleensä vanhaa rakennetta raskaampi. Yläkautta purettaessa rakenteen kokonaisstabiilitteetti ei muutu. Uuden rakenteen valintaan vaikuttavat rakenteen palo- ja rakennusakustiset vaatimukset.

Uusi kansirakenne voidaan tehdä puu- tai teräsbetonirakenteisena. Puurakenteen haasteena on rakenteen ilman-

*jatkuu sivulla 218*

## C Lattiarakenteen ilmatiiviiden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Välipohjan ja seinien sekä läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Korjaustapa soveltuu käytettäväksi silloin, kun rakenteisiin ei kohdistu jatkuvaa kosteusrasitusta. Korjaukselle voidaan saada hieman pidempi käyttöikä välipohjaonteloiden koneellisella alipaineistuksella. Alipaineistus tulee rakentaa jokaiseen palkkiväliin erikseen.

Korjauksen tavoitteena on estää rakenteen liitoksista, läpivientikohdista ja halkeamista tapahtuvat haitalliset ilmavuodot mahdollisesti mikrobivaurioituneesta eristeestä huoneilmaan.

Lattiarakenteen ilmatiiviiden parantamista voidaan käyttää korjausratkaisuna silloin, kun ylälaatta on teräsbetonia. Puiselle lattiarakenteelle tiivistyskorjaus ei sovellu, sillä kokemusperäisen tiedon perusteella pysyvän ilmatiiviiden saavuttaminen puurakenteessa on haastavaa puun kosteusliikkeiden vuoksi eikä korjaus ole pitkäikäinen.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- tiiviiden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilmapuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmavuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- välipohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan
- välipohjaonteloiden alipaineistus vaatii oman ilmanvaihtojärjestelyn, joka ei ole yhteydessä rakennuksen muuhun ilmanvaihtoon

*jatkuu*

## Alkuperäinen rakenne

Rakenteen ylä- ja alaosan väliin jäävä ontelotila on tyypillisesti täytetty sekalaisilla materiaaleilla tai rakennusjätteellä. Täytteen ovat tyypillisesti tiili-, laasti- tai betonimurskaa, kutterinlastua, sahanpurua, koksikuonaa, turvetta, sammalta tai hiekkaa. Ne ovat toimineet rakenteessa sekä äänennettä palo- ja lämmöneristeenä. Lisäksi ontelotilassa on usein purkamattomia muottilaudoituksia.

Ontelotilassa olevat materiaalit ovat herkästi kosteusvaurioituvia. Mikrobiauriot voivat johtua jo rakentamisaikaisesta kosteudesta, kylmäsiltojen läheisyyteen tiivistyneestä kosteudesta, käytön aikaisesta kosteudesta (mm. siivous- ja märkätilavedet) sekä putkivuodoista. Lisäksi käytetty täyttömateriaali on usein jo alun perin sisältänyt runsaasti mikrobeja.

Alkuperäisen lattian päälle on tyypillisesti tehty useampia rakennekerroksia rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa. Nämä rakennekerrokset voivat sisältää erilaisia haitta-aineita.

Alalaattapalkistojen korjauksissa on otettava huomioon ulkoseinällä sijaitseva kuormantasauspalkki, joka korjauksen jälkeenkin muodostaa kylmäsilan rakenteeseen. Kuormantasauspalkin takana on mahdollisesti lämmöneristeenä korkkia, jossa on usein mikrobiaurioita. Rakenteen lämpötilaeroja on mahdollista tasata esim. julkisivun ulkopintaan asennettavalla eristerappausjärjestelmällä, jolloin liitoksen rakennusfysikaalinen toimivuus paranee. Rakennussuojellisuudesta näkökulmasta eristerappaus ei usein kuitenkaan tule kyseeseen, sillä puuvälipohjat sijaitsevat pääsääntöisesti suojelluissa rakennuskohteissa, jolloin julkisivuun ei usein sallita suuria ulkonäöllisiä muutoksia.

## B 1) Vaurioituneiden materiaalien poistaminen yläkautta

pitävyyden varmistaminen. Käytettäessä lautarakenteista lattiaa, on välipohjaan asennettava erillinen ilmansulkukerros ilmanpitävyyden varmistamiseksi.

Uusi pintalaatta valetaan vanhan alalaattapalkiston päälle asennettuna teräslevyn päälle ns. liittolaattana, tai uusi valu voidaan tehdä myös kevytsoran päälle. Tässä korjausvaihtoehdossa on otettava huomioon uuden betonilaatan tuoma lisäkuorma verrattuna vanhaan rakenteeseen ja tarvittaessa alkuperäistä kantavaa laatastoa on vahvistettava. Lisäksi rakentamisaikatauluissa on otettava huomioon betonirakenteen riittävä kuivumisaika ennen lattiapinnoitteen tai päällysteen asentamista (liittolevyn päällä betonivalu kuivuu vain ylöspäin).

Mikäli ontelotilojen täyttönä käytetään kevytsoraa, tulee rakenteeseen asentaa höyrynsulkukerros betonilaatan alapuolelle, sillä muutoin uudessa betonilaatassa oleva kosteus siirtyy osittain kevytsoraan ja kevytsoran kosteus pysyy mikrobikasvulle suotuisan korkeana pitkään, vaikka kevytsora olisi asennushetkellä kuivaa. Myös kevytsoran sisältämä kosteus on pyrittävä minimoimaan välipohjajorkjauksissa eli kevytsora tulee asentaa kuivapuhalluksella tai toimittaa säkkitoimituksena työmaalle.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- jäljelle jäävät betonipinnat tulee puhdistaa huolellisesti ja niihin tehdään pölynsidontakäsittely
- rakennusakustisten sekä paloteknisten vaatimusten huomioon ottaminen
- uuden betonilaatan tuoman lisäkosteuden hallittu kuivuminen rakenteesta on otettava huomioon

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- mahdollisesti rakenteen kantavuuden parantamiseen liittyvät toimet
- välipohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- ei merkittäviä riskejä, sillä kaikki vaurioitunut materiaali poistetaan rakenteesta

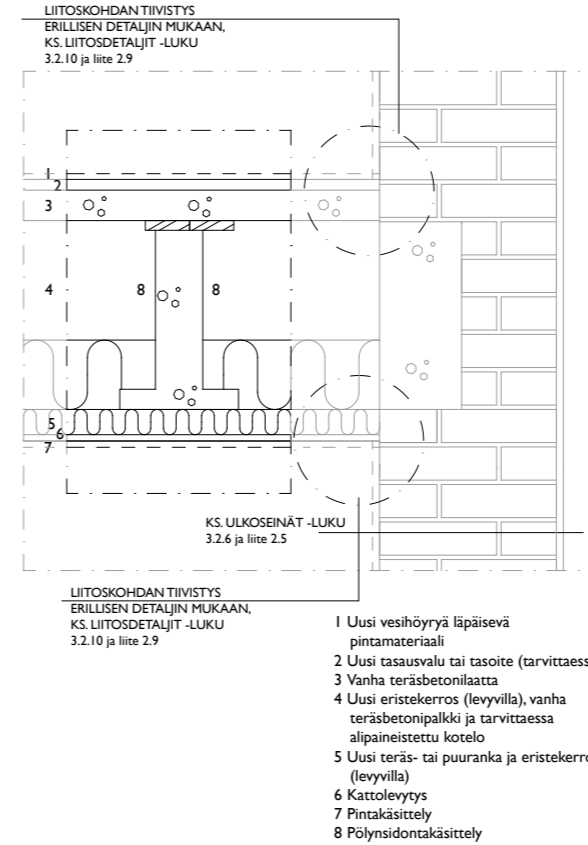
### Energiatohokkuus:

- välipohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät siinä määrin vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## B 2) Vaurioituneiden materiaalien poistaminen alakautta (teräsbetonirakenteiset alalaattapalkistot)



### Toimenpiteet:

Välipohjatäytteen poistamista varten alalaatta puretaan osittain siten, että palkkien kohdille jätetään rakennesuunnittelijan määrittelemä kaista vanhaa laattaa jäljelle. Alapohjan palkit voidaan joutua tukemaan teräsjäykistein, kun laatta palkkien välistä puretaan pois. Palkkivälit tyhjenetään ja puhdistetaan sekä pintoihin tehdään pölynsidontakäsittely.

Betoninen ylälaatta on yleensä erotettu palkistosta muottilaudoituksella ja joissakin tapauksissa korkkikaistalla. Alakautta purettaessa muottilautaa tai korkkikaistaa ei saada purettua pois, vaan se jää rakenteeseen ja se on kapseloitava rakenteeseen. Lisäksi välipohjarakenteeseen voidaan rakentaa alipaineistus. Alipaineistus on rakennettava jokaiseen palkkiväliin erikseen.

Vanhan laatan alapintaan asennetaan teräs- tai puuranka ja niihin kiinnitetään uusi levyrakenteinen alakatto. Rakenteen ääneneristeesi valitaan yleensä asennusteknisistä syistä levymäinen mineraalivilla. Rakenteen eristystarvetta määrittävät myös palotekniset määräykset sekä rakennusakustiset vaatimukset.

*jatkuu viereisellä palstalla*

## C Lattiarakenteen ilmatiiviiden parantaminen

### Riskit:

- vaurion eteneminen ei pysähdy, jos ulkopuolista kosteusrasitusta ei samalla pienennetä
- ilmatiiviiden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen
- alipaineistuksen toimimattomuus (vuodot, toimintahäiriöt)

### Energiatohokkuus:

- välipohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät siinä määrin vaikuta rakennuksen energiankulutukseen
- rakenteen alipaineistuksella voi olla energiatohokkuutta heikentävä vaikutus

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

*jatkoa edelliseltä palstalta*

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- jäljelle jäävät betonipinnat tulee puhdistaa huolellisesti ja niihin tehdään pölynsidontakäsittely
- rakennusakustisten ja paloteknisten vaatimusten huomioon ottaminen
- rakenteeseen jäävän vaurioituneen materiaalin kapseloinnin onnistuminen

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- mahdollisesti rakenteen kantavuuden parantamiseen liittyvät toimet
- välipohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen
- ääneneristävyyden heikkeneminen

### Energiatohokkuus:

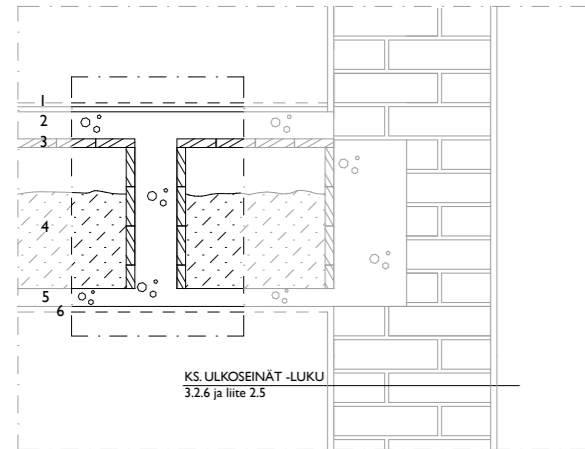
- välipohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät siinä määrin vaikuta rakennuksen energiankulutukseen
- rakenteen alipaineistuksella voi olla energiatohokkuutta heikentävä vaikutus

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

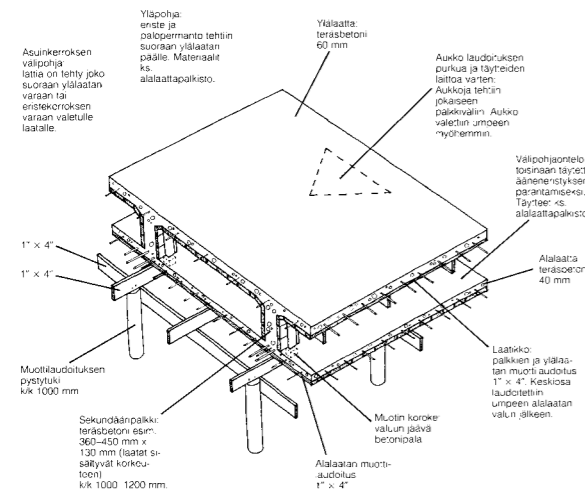
- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet
- mahdollisen alipaineistuksen toimivuuden seuranta

## TERÄSBETONINEN KAKSOISLAATTAPALKISTO

### Alkuperäinen rakenne



- 1 Vanha pintamateriaali (mahdollisesti useita kerroksia)
- 2 Vanha teräsbetoniyläläaatta
- 3 Vanha muottilauta
- 4 Vanha täyte- ja eristekerros sekä teräsbetonipalkki
- 5 Vanha teräsbetonialaatta
- 6 Vanha kattoverhous ja pintakäsittely



Kaksoislaattapalkiston rakenne (Kerrostalot 1940–1960 -kirja, Rakennustietosäätiö RTS, 2016)

Kaksoislaattapalkistossa alalaatta on tyypillisesti valettu ensin, minkä jälkeen palkisto ja kansi on valettu yhtenä rakenteena. Kaksoislaattapalkistossa palkin yläpinnan teräkset on sijoitettu ylälaattaan.

Rakenteen ylä- ja alaosan väliin jäävä ontelotila on tyypillisesti täytetty sekalaisilla materiaaleilla tai rakennusjät-

jatkuu

### A Rakenteen uusiminen

Teräsbetonisen välipohjan palkkien uusiminen kokonaan on käytännössä teknisesti mahdotonta.

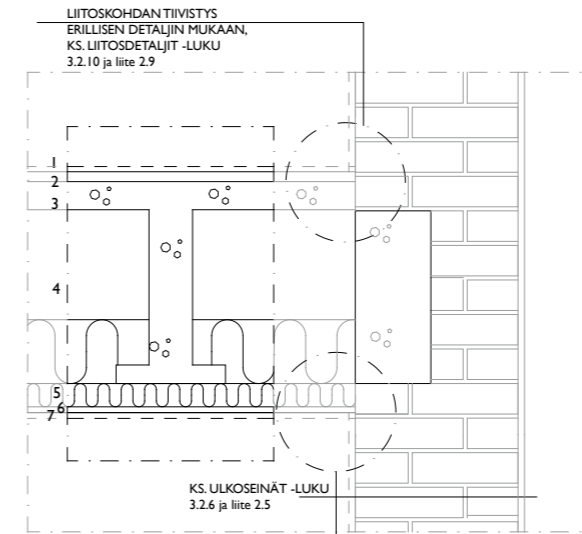
## B Vaurioituneiden materiaalien poistaminen rakenteesta

Tilanteessa, jossa kaksoislaattapalkiston kotelorakenteiden materiaaleissa todetaan runsaasti mikrobikasvustoa, tulee korjaustavaksi valita vaurioituneiden muottilautojen ja onkaloiden täytemateriaalien poistaminen rakenteesta. Usein myös peruskorjauksen yhteydessä on suositeltavinta käyttää tätä korjaustapaa.

Kaksoislaatan purkaminen voidaan tehdä joko ylä- tai alakautta. Molemmista tapauksista purkaminen tehdään tekemällä palkkiväleihin aukkoja eli laatta puretaan kais-toittain. Yläkautta purkaminen ei ole menetelmän yleinen, mutta se voi olla teknisesti helpompaa tilanteissa, joissa alalaatan alapinnasta on kannatettu runsaasti talotekniikkaa ja joiden purku ei ole tarkoituksenmukaista. Mikäli rakenteen ylä- tai alapintaan liittyy rakennussuojelullisia näkökoh-tia, voidaan purkamisuunta valita näiden reunaehtojen mukaisesti.

Purkutyömenetelmät ja puhdistaminen katso luku 3.5 Työmaan olosuhteiden hallinta.

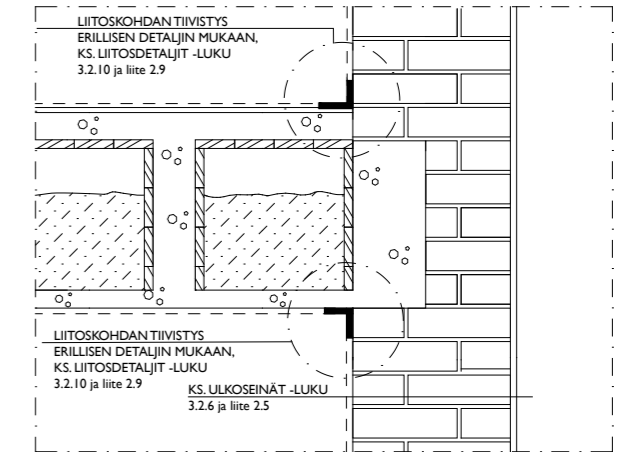
### B I) Vaurioituneiden materiaalien poistaminen alakautta



- 1 Uusi pintamateriaali
- 2 Uusi tasausvalu (tarvittaessa)
- 3 Vanha teräsbetonialaatta
- 4 Uusi eristekerros (levyillä), vanha teräsbetonipalkki (pölynsidontakäsittely) ja tarvittaessa alipaineistettu kotelo
- 5 Uusi teräs- tai puuranka ja eristekerros (levyillä)
- 6 Uusi kattolevyitys
- 7 Uusi pintakäsittely

jatkuu sivulla 222

## C Lattiarakenteen ilmatiiviiden parantaminen



### Toimenpiteet:

Välipohjan ja seinien sekä läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Korjaustapa soveltuu, kun rakenteisiin ei kohdistu jatkuvaa kosteusrasitusta. Korjaukselle voidaan saada hie-man pidempi käyttöikä välipohjaonteloiden koneellisella alipaineistuksella. Alipaineistus tulee rakentaa jokaiseen palkkiväliin erikseen.

Korjauksen tavoitteena on estää rakenteen liitoksista, läpivientikohdista ja halkeamista tapahtuvat haitalliset ilma-vuodot mahdollisesti mikrobivaurioituneesta eristeestä huoneilmaan.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- tiiviyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilma-vuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmapuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtö-lannetta enemmän
- jos välipohja halutaan alipaineistaa, tulee jokainen laa-taston palkkiväli alipaineistaa erikseen.

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvät korjaukset, joilla estetään tai aina-kin vähennetään seinän kastumista
- välipohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapai-notus ja /tai korjaaminen /järjestäminen korjattuun ra-kennukseen tai tilaan
- välipohjaonteloiden alipaineistus vaatii oman ilman-vaihtojärjestelyn, joka ei ole yhteydessä rakennuksen muuhun ilmanvaihtoon

### Riskit:

- vaurion eteneminen ei pysähdy, jos ulkopuolista kos-teusrasitusta ei samalla pienennetä

jatkuu

## Alkuperäinen rakenne

teellä. Täytteet ovat tyypillisesti tiili-, laasti- tai betonimurskaa, kutterinlastua, sahanpurua, koksikuonaa, sammalta tai hiekkaa. Ne ovat toimineet rakenteessa sekä äänen- että palo- ja lämmöneristeinä. Lisäksi ontelotilassa on purkamattomia muottilaudoituksia.

Ontelotilassa olevat materiaalit ovat herkästi kosteusvaurioituvia. Mikrobvauriot voivat johtua rakentamisaikaisesta kosteudesta, kylmäsiltojen läheisyyteen tiivistyneestä kosteudesta, käytön aikaisesta kosteudesta (mm. siivous- ja märkätilavedet) sekä putkivuodoista. Lisäksi täyttömateriaali on usein jo alun perin sisältänyt runsaasti mikrobeja.

Alkuperäisen lattian päälle on tyypillisesti tehty useampia rakennekerroksia rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa. Nämä rakennekerrokset voivat sisältää erilaisia haitta-aineita.

Kaksoislaattapalkki tukeutuu ulkoseinään kuormantasauspalkkiin. Kuormantasauspalkin ja tiilimuurin (tai ulkopuolen betonirakenteen) välissä on tyypillisesti käytetty ohutta korkkieristettä, missä on usein mikrobvaurioita. Rakenteen lämpötilaeroja on mahdollista tasata esim. julkisivun ulkopintaan asennettavalla eristerappausjärjestelmällä, jolloin liitoksen rakennusfysikaalinen toimivuus paranee. Rakennussuojellisuudesta näkökulmasta eristerappaus ei usein kuitenkaan tule kyseeseen suojelluissa rakennuskohteissa, jolloin julkisivuun ei usein sallita suuria ulkonäöllisiä muutoksia.

## B 1) Vaurioituneiden materiaalien poistaminen alakautta

### Toimenpiteet:

Välipohjatäytteiden ja muottilautojen poistamista varten alalaatta puretaan osittain siten, että palkkien kohdille jätetään rakennesuunnittelijan määrittelemä kaista vanhaa laattaa jäljelle. Reuna-alueilla kantavien seinärakenteiden läheisyydessä purku tehdään rakennesuunnittelijan määrittelemien sahausaukkojen kautta. Alapohjan palkit voidaan joutua tukemaan teräsjäykistein, kun laatta palkkien välistä puretaan pois. Palkkivälit tyhjennetään ja puhdistetaan ja pintoihin tehdään pölynsidontakäsittely.

Vanhan laatan alapintaan asennetaan teräs- tai puurangat ja niihin kiinnitetään uusi levyrakenteinen alakatto. Rakenteen ääneneristeeksi valitaan yleensä asennusteknisistä syistä levymäinen mineraalivilla. Rakenteen eristystarvetta määrittävät myös palotekniset määräykset sekä rakennusakustiset vaatimukset. Mikäli välipohjan yläpinnan pintamateriaalit uusitaan, voidaan uuden pintamateriaalin alapuolelle asentaa askelääneneriste.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- jäävät betonipinnat tulee puhdistaa huolellisesti ja niihin tehdään pölynsidontakäsittely
- rakennusakustisten ja paloteknisten vaatimusten huomioon ottaminen

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- mahdollisesti rakenteen kantavuuden parantamiseen liittyvät toimet
- välipohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapainotus ja /tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- ei merkittäviä riskejä sisäilman kannalta, sillä kaikki vaurioituneet materiaalit saadaan poistettua korjauksessa
- ääneneristävyys heikkenee ilman erityistoimenpiteitä

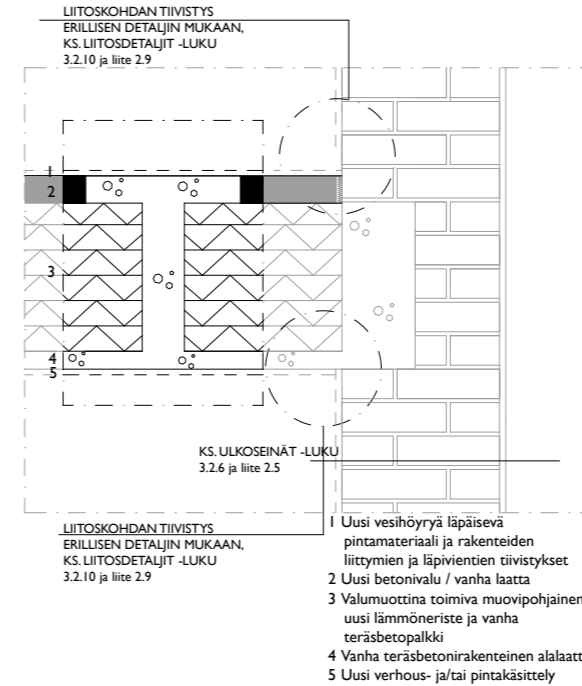
### Energiatehokkuus:

- välipohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät sinällään vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## B 2) Vaurioituneiden materiaalien poistaminen yläkautta



### Toimenpiteet:

Ylälaatta puretaan sekundääripalkkien välistä kaistoina. Palkin viereen jätetään rakennesuunnittelijan määrittelemän leveyden verran purkamaton kaistaa. Muottilaudoituukset ja täytteet poistetaan ja jäävien betonirakenteiden pinnat puhdistetaan. Kun rakenne puretaan yläkautta, on vanhojen rakenteiden kantavuus tarkistettava, sillä uusi päälle tehtävä rakenne on usein vanhaa rakennetta raskaampi. Lisäksi on tarkasteltava rakenteen työnaikaisen tuennan tarve, sillä ylälaatan valu aiheuttaa lisäkuormaa välipohjalle.

Palkkivälit täytetään EPS-eristeellä, jotka toimivat samalla uuden pintalaatan valumuottina. Se valetaan vanhan pintavalun tasoon ja tartunta alkuperäiseen betonirakenteeseen valmistetaan rakennesuunnitelmien mukaisesti. Ylälaatan päälle voidaan asentaa askelääniä eristävät levyt, joiden päälle pumpataan sementtipohjainen tasoite. Lopuksi laatan päälle asennetaan haluttu pintamateriaali. Uuden rakenteen valintaan vaikuttavat rakenteen palo- ja rakennusakustiset vaatimukset.

Rakenteen ääneneristävyttä voidaan parantaa asentamalla laatan alapintaan mineraalivillaa, akustinen jousiranka sekä kipsilevytyt.

### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- jäävät betonipinnat tulee puhdistaa huolellisesti
- askeläänieristyksen ja paloteknisten vaatimusten huomioon ottaminen

*jatkuu viereisellä palstalla*

## C Lattiarakenteen ilmatiiviuden parantaminen

- ilmatiiviuden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen
- alipaineistuksen toimimattomuus (vuodot, toimintahäiriöt)

### Energiatehokkuus:

- välipohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät sinällään vaikuta rakennuksen energiankulutukseen
- rakenteen alipaineistuksella voi olla energiatehokkuutta heikentävä vaikutus

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistetyn rakenteen toimintaa tulee seurata merkki-ainekokeella säännöllisin väliajoin

*jatkoa edelliseltä palstalta*

- uuden betonilaatan tuoman lisäkosteuden hallittu kuivuminen ennen lattiapinnoitteen tai -päällysteen asentamista.

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- mahdollisesti rakenteen kantavuuden parantamiseen liittyvät toimet
- välipohjarakenteen tiivistyessä ilmanvaihdon tasapainotus ja /tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

### Riskit:

- ei merkittäviä riskejä, sillä kaikki vaurioitunut materiaali saadaan poistettua rakenteesta
- täytteiden poisto keventää rakennetta, jolloin välipohjan alapintaan saattaa syntyä vaurioita. Otettava huomioon erityisesti suojelukohteissa, joissa välipohjan alapinta on suojeltu (erilaiset rappauspinnat jne.). Myös välipohjaan työn aikana kohdistuva mekaaninen rasitus voi aiheuttaa välipohjaan värähtelyä normaalia käyttötilannetta enemmän

### Energiatehokkuus:

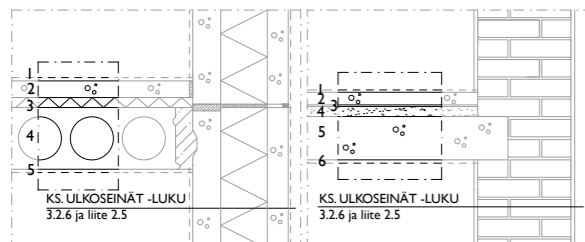
- välipohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät sinällään vaikuta rakennuksen energiankulutukseen
- ilmanvaihdon tasapainotuksella voi olla joko energiatehokkuutta parantava tai heikentävä vaikutus lähtötilanteesta riippuen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## BETONIVÄLIPOHJA, JONKA PÄÄLLÄ ERISTEKERROS JA PINTABETONILAATTA

### Alkuperäinen rakenne



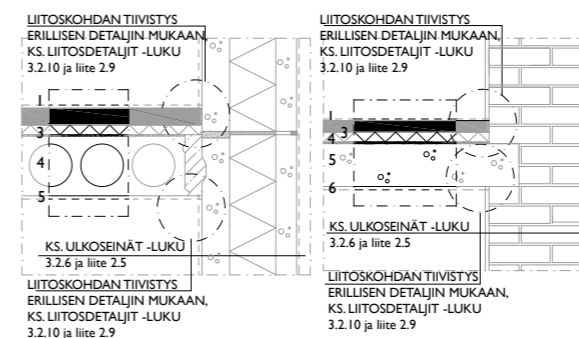
- |                           |   |
|---------------------------|---|
| 1 Vanha pintamateriaali   | 1 Vanha pintamateriaali                 |
| 2 Vanha teräsbetonilaatta | 2 Vanha teräsbetonilaatta               |
| 3 Vanha eristekerros      | 3 Vanha valusuojapaperi tai -pahvi      |
| 4 Vanha ontelolaatta      | 4 Vanha täytekeros                      |
| 5 Vanha pintamateriaali   | 5 Vanha paikalla valettu massiivilaatta |
|                           | 6 Vanha pintamateriaali                 |

Betonirakenteiset välipohjat, joissa on erillinen askelääneneristyskerros, voivat kosteusvaurioitua laajalta alueelta tilanteissa, joissa eristekerrokseen pääsee vettä. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi äkilliset vesivuodot. Eristetilaaan päätyneet vesi voi levittäytyä kantavan laatan päällä laajalle alueelle. Lisäksi rakennuskosteus ja kantavan laatan päälle jääneet epäpuhtaudet (esimerkiksi sahanpuru) voivat synnyttää mikrobikasvustoja eristekerrokseen.

### A Rakenteen uusiminen

Teräsbetonisen välipohjan uusiminen kokonaan on käytännössä teknisesti mahdotonta.

### B Pintalaatan ja eristeen uusiminen



- |   |   |
|---|---|
| 1 Uusi vesihöyryä läpäisevä pintamateriaali + tiivistykset (tarvittaessa) | 1 Uusi vesihöyryä läpäisevä pintamateriaali + tiivistykset (tarvittaessa) |
| 2 Uusi teräsbetonilaatta  | 2 Uusi teräsbetonilaatta  |
| 3 Uusi valusuoja (esim. kuitukangas)                                      | 3 Uusi valusuoja (esim. kuitukangas)                                      |
| 4 Uusi eristekerros, elastisoitu EPS                                      | 4 Uusi eristekerros, elastisoitu EPS                                      |
| 5 Uusi tasoite (alustan oikaisu)  | 5 Uusi tasoite (alustan oikaisu)  |
| 6 Vanha ontelolaatta  | 6 Vanha massiivilaatta  |
| 7 Uusi alakattoverhous/pintakäsittely (tarvittaessa)                      | 7 Uusi alakattoverhous/pintakäsittely (tarvittaessa)                      |

#### Toimenpiteet:

Pintalaatta ja eristekerrokset poistetaan. Pinnat puhdistetaan huolellisesti ja kastunut kantava teräsbetonilaatta kuivatetaan. Kantavan laatan päälle asennetaan hyvin kosteutta kestävä askelääneneristys ja tehdään uusi pintalaatta sekä muut lattian kerrokset.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- jäävät betonipinnat tulee puhdistaa huolellisesti.
- uuden betonilaatan riittävä kuivuminen ennen lattiapinnoitteen tai -päällysteen asentamista.
- askelääneneristysvaatimusten huomioon ottaminen

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- kantavan laatan ja seinän liitoksen ilmanpitävyyden varmistaminen
- mahdollisesti kevyiden väliseinien uusiminen

#### Riskit:

- ei merkittäviä riskejä, sillä kaikki vaurioitunut materiaali saadaan poistettua rakenteesta

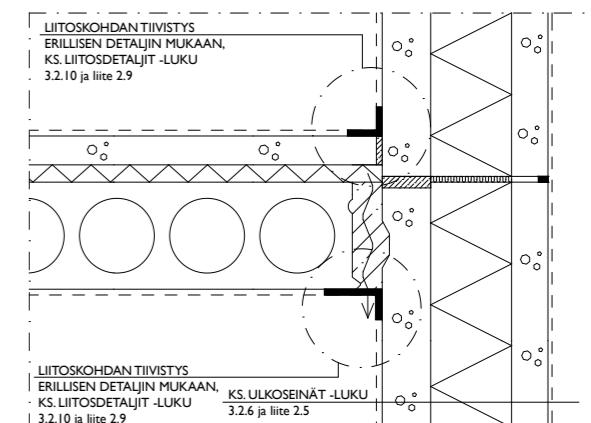
#### Energiatohokkuus:

- välipohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät siinä vaiheessa vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

#### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

### C Rakenteen ilmatiivyyden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Pintalaatan sekä kantavan laatan alapinnan ja seinien sekä läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Korjaustapa soveltuu, kun rakenteisiin ei kohdistu jatkuvaa kosteusrasitusta. Korjauksen tavoitteena on estää rakenteen liitoksista ja halkeamista tapahtuvat haitalliset ilmavuodot mahdollisesti mikrobivaurioituneesta eristeestä huoneilmaan.

Rakenteen ilmatiivyyden parantamista voidaan käyttää korjaustoimenpiteenä äkillisen, pienehkön vesivahingon korjauksen yhteydessä. Edellytyksenä on, että rakenteen kuivatus saadaan käyntiin nopeasti ja tehokkaasti (esim. imupuhalluskuivatus). Tällöin ei välttämättä ole tarpeen purkaa koko askelääneneristekerrosta, mikäli siinä ei ole orgaanisia aineita sisältäviä materiaaleja.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- tiivyyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilmavuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmavuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

#### Riskit:

- ilmatiivyyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia voi jäädä rakenteeseen

#### Energiatohokkuus:

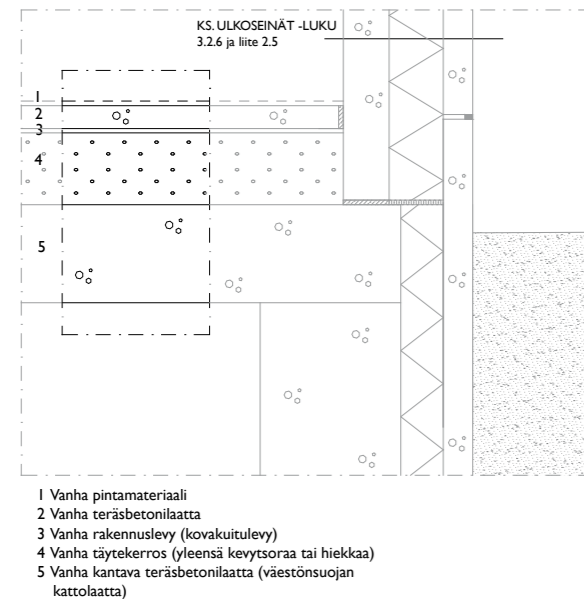
- välipohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät siinä vaiheessa vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

#### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

## VÄESTÖNSUOJIEK KATON BETONIRAKENTEET

### Alkuperäinen rakenne

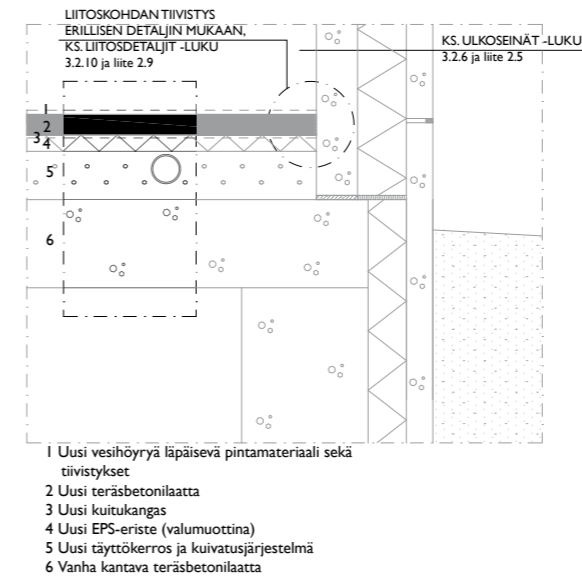


Väestönsuojan kattorakenteena toimivat betonirakenteiset välipohjat ovat erittäin paksuja, ja näin ollen ne kuivuvat hyvin hitaasti. Väestönsuojan katon täyttökerroksena on tyypillisesti kevytsoraa tai hiekkaa, jotka saattavat sisältää kosteutta sekä pieniä määriä mikrobivaurioituvaa ainesta. Lisäksi pintalaatan valualustana voi olla käytetty kosteuden vaikutuksesta vaurioituvaa puupohjaista rakennuslevyä. Täyttökerroksessa on tyypillisesti korkea kosteuspitoisuus pitkään. Korkeasta kosteuspitoisuudesta ei välttämättä ole haittaa, mikäli pintamateriaalit ovat hyvin vesihöyryä läpäiseviä ja pintalaatan liittymät ja läpiviennit tiiviitä. Oletusarvoisesti täyttökerroksessa on kuitenkin suotuisat olo mikrobikasvustolle, joten ilmavuotoja täyttökerroksesta huonetilaan ei saisi esiintyä.

### A Rakenteen uusiminen

Väestönsuojan teräsbetonirakenteiden uusiminen kokonaan on käytännössä teknisesti mahdotonta.

### B Pintalaatan ja täyttökerrosten uusinta



#### Toimenpiteet:

Pintalaatta ja eristekerrokset poistetaan kantavan teräsbetonirakenteen pintaan saakka. Pinnat puhdistetaan huolellisesti ja kastunut kantava teräsbetonilaatta kuivatetaan. Uusi kevytsorakerros tai vaihtoehtoisesti vaahtolasi asennetaan kuivana. Pintalaatan ja seinien/pilarien liittymät on tiivistettävä huolellisesti. Lisäksi uuteen kevytsorakerrokseen asennetaan tuuletusputkisto ja siihen liitetään koneellista poistoa varten kanavapuhallin. Poistoilma on johdettava riittävän kauaksi rakennuksen ulkopuolelle siten, että poistoilmaputki ei sijaitse rakennuksen tuloilmasäleiköiden välittömässä läheisyydessä. Jäteilmakanavan sijoittelu tulee tarkistuttaa ilmanvaihtoon perehtyneellä suunnittelijalla. Pintabetonilaatan pinnoitteena on suositeltavinta käyttää hyvin vesihöyryä läpäiseviä materiaaleja.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

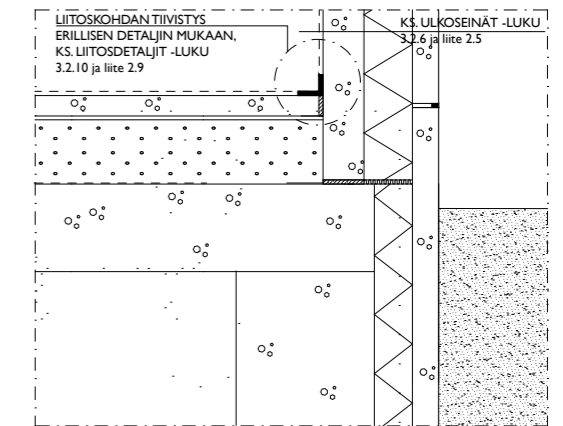
- jäävät betonipinnat tulee kuivata ja puhdistaa huolellisesti
- pintalaatan ja täyttökerroksen pinnoitettavuuskosteusmittaus ennen pinnoitteiden asennusta

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- pintalaatan ja seinän liitoksen sekä läpivientikohtien ilmanpitävyyden varmistaminen
- täyttökerroksen ilmanvaihdon järjestämiseen liittyvät toimet
- tilan ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

*jatkuu*

### C Rakenteen ilmanpitävyyden parantaminen



#### Toimenpiteet:

Pintalaatan ja seinien sekä läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Korjaustapa soveltuu, kun rakenteisiin ei kohdistu jatkuvaa kosteusrasitusta. Korjauksen tavoitteena on estää rakenteen liitoksista ja halkeamista tapahtuvat haitalliset ilmavuodot mahdollisesti mikrobivaurioituneesta eristeestä huoneilmaan.

Rakenteen ilmanpitävyyden parantamista voidaan käyttää korjausratkaisuna silloin, kun täyttökerroksesta esiintyy vähäistä epäpuhtauksia sisältävää ilmavuotoa sisäilmaan. Lisäksi korjaustapa soveltuu käytettäväksi, kun rakenteeseen on kohdistunut pienehkö vesivahinko ja koko pintalaatan purku olisi vahinkoon nähden ylivoimainen toimenpide. Tällöin täyttökerros kuivatetaan koneellisesti ja epätiivit liitokset tiivistetään ilmanpitäväksi vesihöyryä läpäisevillä tuotteilla.

Korjauksessa pintamateriaalit tulee valita siten, että ne ovat vesihöyryä läpäiseviä ja kosteusrasitusta kestäviä, jolloin täyttökerroksessa oleva kosteus pääsee diffuusion vaikutuksesta kuivumaan. Haitallisia ilmavirtauksia huonetilaan on mahdollista hallita myös alipaineistamalla täyttökerros.

#### Korjauksen kannalta olennaisia asioita:

- tiiviyden tulee toteutua kokonaisuutena: vain osan ilmavuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmavuodot kasvavat, jolloin sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia jopa lähtötilannetta enemmän
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan

*jatkuu*



## B Pintalaatan ja täyttökerrosten uusinta

### Riskit:

- ei merkittäviä riskejä, sillä kaikki vaurioitunut materiaali saadaan poistettua rakenteesta
- pintalaatan alapuolisen tilan tuuletuksen toimimattomuus (vuodot, toimintahäiriöt)

### Energiatehokkuus:

- välipohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät siinä määrin vaikuta rakennuksen energiankulutukseen

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaalit kiinteistön ylläpitoon liittyvät toimet

## C Rakenteen ilmanpitävyyden parantaminen

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- julkisivuun liittyvät korjaukset, joilla estetään tai ainakin vähennetään seinän kastumista
- ilmanvaihdon tasapainotus ja/tai korjaaminen/järjestäminen korjattuun rakennukseen tai tilaan
- mahdollisesti täyttökerroksen alipaineistuksen järjestämiseen liittyvät toimet

### Riskit:

- vaurion eteneminen ei pysähdy, jos ulkopuolista kosteusrasitusta ei samalla pienennetä
- ilmatiiviyyden säilyminen koko suunnitellun käyttöajan ajan
- vaurioitunutta materiaalia voi jäädä rakenteeseen
- alipaineistuksen toimimattomuus (vuodot, toimintahäiriöt)

### Energiatehokkuus:

- välipohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset eivät siinä määrin vaikuta rakennuksen energiankulutukseen
- rakenteen alipaineistuksella voi olla energiatehokkuutta heikentävä vaikutus

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- tiivistyskorjatun rakenteen toimintaa tulee seurata merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin

## VÄLIPOHJIEN ERITYISTAPAUKSET

Erityistapauksina tässä käsitellään:

- VOC-ongelmat
- ontelovedet

### VOC-ongelmat

Uudemmassa rakennuskannassa välipohjarakenteissa esiintyy kosteuden aiheuttamia vaurioita lattiapäällysteissä silloin, kun ne on asennettu liian kostean betonilaatan päälle tai jos laatta on kastunut käytön aikana. Liian kostean betonin päälle asennetut tasoitteet, liimat ja päällystämateriaalit alkavat reagoida alkalisen kosteuden kanssa, jolloin muodostuu haitallisia kemiallisia yhdisteitä (ns. VOC-yhdisteitä). Erityisen riskialttiita rakenteita ovat paksut massiivilaatat sekä liittolevy- ja kuorilaattarakenteet, sillä näissä betonilaatta kuivuu hyvin hitaasti ja liian nopeasta päällystämisestä johtuen ainoastaan ylöspäin.

Pääsääntöisesti rakenteen pintakerroksissa esiintyvät VOC-yhdisteet voidaan poistaa vanhan lattiapäällysteen, liiman ja tasoitteen poistolla. Lisäksi puhtaaksi jyrskityn betonipinnan tuulettaminen on tehokas tapa vähentää rakenteessa esiintyviä VOC-yhdisteitä. Betonilaatan pinnan kapselointia ilma- ja vesihöyrytiivillä pinnoitteella tulee harkita tapauskohtaisesti (varsinkin maata vasten olevissa lattiarakenteissa). Mikäli pintamateriaalien poistolla ja rakenteen tuulettamisella ei varmuudella saada VOC-yhdistepitoisuutta pudotettua riittävästi, tulee betonipinta lisäksi kapseloida (ks. luku 3.3.2 Kapselointi).

Riittävän tuuletusajan jälkeen tulee varmistua, että päällystettävä betoni on riittävän kuivaa. Tämä tehdään voimassa olevan rakennekosteusmittausohjeen (RT-14-10675) mukaisesti.

### Ontelovedet

Ontelolaattoihin tehdään valmistuksen yhteydessä vedenpoistoreiät laatan molempien päiden alapintaan. Joskus nämä reiät ovat syystä tai toisesta tukossa. Työmaa-aikana onteloihin voi päästä vettä esimerkiksi silloin, jos lunta ei poisteta laataston päältä, vaan se sulatetaan tai annetaan

sulaa paikoilleen. Suurin osa ontelovesistä ajautuu onteloihin rakennusvaiheessa laattojen jo ollessa asennettuna paikoilleen. Tämä johtuu osaksi siitä, että ontelolaatat ovat ylöspäin kaarevia jännitetyn rakenteensa vuoksi ja holville rakennusaikana satanut vesi tai lumi kulkeutuu pääasiassa seiniä kohti. Vesi pääsee valumaan onteloihin seiniä pitkin, ellei irtovesiä poisteta riittävän nopeasti. Rakennusvaiheessa irtovedet pääsevät onteloihin etenkin ontelolaatoissa olevien erilaisten aukkojen ja varauksien kohdalta.

Koska ontelolaatta on betonirakenteinen ja valmistettu hyvin tiiviistä betonista, ei laatussa itsessään ole mikrobikasvustolle otollista elinympäristöä. Jos kuitenkin märän ontelolaatan pintaan asennetaan esimerkiksi muovimatto liimaamalla, voivat käytettävät liima ja tasoite reagoida ja aiheuttaa VOC-päästöjä (haihtuvat orgaaniset yhdisteet). Diffuusio ontelolaatan tiiviin betonin läpi on kuitenkin hyvin hidasta.

Mikäli ontelovedet pääsevät ohjautumaan ontelosta muihin rakenteisiin, on kosteus- ja mikrobivaurion riski olemassa. Kuitenkin ontelovedet aiheuttavat lähinnä esteettisiä ongelmia, mutta mahdollisesti myös rakenteellisia vaurioita. Onteloveden tullessa laatan läpi se tekee useimmiten laatan alapinnan tasoitteeseen tai maaliin värivirheitä. Yleisimmät ontelovesien aiheuttamat vauriot ovatkin kellertävät tai tummat kohdat välipohjan alapinnan tasoitteessa.

Mikäli ontelovesiä havaitaan, tulee vaurion laajuus selvittää. Tämän jälkeen suunnitellaan kuivaustyö ja tehdään kosteudenmittaussuunnitelma. Kuivattavien rakenteiden pintoihin joudutaan tavallisesti poraamaan runsaasti reikiä, minkä vuoksi pinnat on pinnoitettava uudestaan. Ontelolaatat kuivataan koneellisesti. Kun ontelot ja betoni on todettu kuiviksi, reiät paikataan ja pinnoitteet uusitaan.

## Liite 2.8

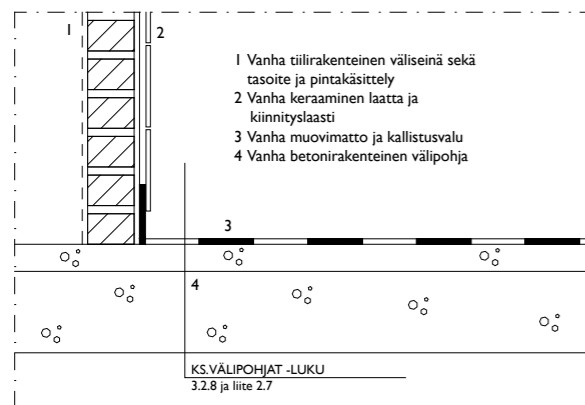
### Märkätilojen korjausmenetelmät

Tässä liitteessä käsitellään seuraavat märkätilat:

- Vedeneristys betonilaatan päällä, kivirakenteinen väliseinä
- Kivirakenteinen märkätila kellarikerroksessa
- Märkätila puurunkoisessa rakennuksessa

#### VEDENERISTYS BETONILAATAN PÄÄLLÄ, KIVIRAKENTEINEN VÄLISEINÄ

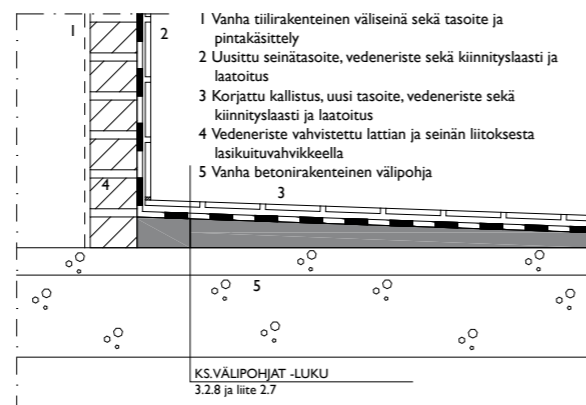
##### Alkuperäinen rakenne



Yllä olevassa kuvassa on esitetty esimerkki betonisen välipohjan päällä olevasta tiilirakenteisesta märkätilan seinästä. Lattian pintamateriaalina esimerkissä on muovimatto ja seinissä keraaminen laatta.

Esimerkin mukaisessa tapauksessa kosteus- ja mikrobivauriot liittyvät usein vedeneristeessä oleviin puutteisiin. Vedeneriste saattaa puuttua kokonaisuudessaan tai se ei ole vesitiivis. Vedeneristeen tiiviys on usein heikoin erilaisten liitosten ja saumojen kohdalla.

##### A Märkätilan rakenteiden uusiminen



##### Toimenpiteet:

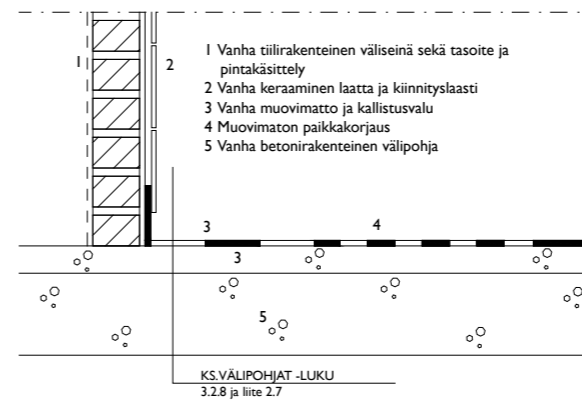
Korjauksessa vanhat vaurioituneet materiaalit poistetaan kovaan säilytettävään rakenteeseen asti. Vanhoja tasoitteita poistetaan tarpeen mukaan siten, että uudelle vedeneristeelle saadaan aikaiseksi riittävän hyvä tartuntapinta. Korjauksessa tulee ottaa huomioon ympäröivien rakenteiden muut mahdolliset korjaustarpeet, jotka tässä tapauksessa koskevat mahdollisesti väliseinä- ja välipohjarakenteita.

Rakenteiden kuivattamisen jälkeen tehdään tarvittavat kallistusvalujen korjaukset ja tasoitustyöt tarvittavassa laajuudessa. Tasoitusten ja valujen kuivumisen jälkeen asennetaan yhtenäinen vedeneriste, jota vahvistetaan esimerkiksi lattian ja seinän liitoksessa vedeneristysjärjestelmään kuuluvalla kulmavahvikkeella. Soveltuva vedeneriste määritetään tapauskohtaisesti materiaalien ja vallitsevien olosuhteiden mukaan. Tämä tulee ottaa huomioon erityisesti niissä kellaritiloissa, joissa rakenteen läpi on kosteusvirtaa sisätiloja kohden. Tällöin tulee välttää tiiviin pinnan muodostavia vedeneristeitä, kuten muovimattoja. Vedeneristeen kuivumisen jälkeen asennetaan uudet pintamateriaalit.

Korjaustapa soveltuu tilanteisiin, jossa märkätilan rakenteiden vaurioituminen on laaja-alaista, eikä märkätilan ve-

*jatkuu*

##### B Vedeneristeen paikkakorjaus



##### Toimenpiteet:

Korjauksessa vedeneristettä ja pintamateriaaleja puretaan vuotokohdan ympäristöstä. Ennen uusien materiaalien asentamista tulee varmistaa rakenteen kuivuminen.

Korjaus soveltuu tapauksiin, joissa vedeneristeen vuoto ei ole johtanut ympäröivien rakenteiden laajoihin vaurioihin tai vauriot voidaan korjata märkätilan ulkopuolelta. Korjauksen onnistumisen varmistamiseksi vuotokohdan tulee olla selkeästi määritettävissä. Paikkakorjaus voidaan katsoa olemassa olevan rakenteen käyttöä jatkamiseksi, joten korjauksen suunnittelussa on aiheellista arvioida märkätilan tulevia korjaustarpeita sekä tilaa ympäröivien rakenteiden korjaustarpeita. Mikäli tilan rakenteet ovat tulossa käyttöikänsä päähän, eikä käytön mahdollistavaa väliaikaista ratkaisua tarvita, on pesuhuoneen poistaminen käytöstä ja perusteellisempi korjaus paremmin soveltuva korjausmenetelmä. Mikäli käyttöikä muiden rakenteiden osalta on jäljellä useita vuosia ja pesuhuone on melko uusi (alle 10 vuotta vanha), on paikkakorjaus tapaukseen soveltuva korjausvaihtoehto.

*jatkuu*

## A Märkätilan rakenteiden uusiminen

deneristeellä katsota olevan merkittävästi käyttöikää jäljellä. Märkätilaa ympäröivien rakenteiden korjaaminen voi johdattaa myös märkätilan rakenteiden korjaustarpeeseen, vaikka vedeneristyksessä tai märkätilan rakenteissa itsessään ei olisi puutteita. Esimerkkinä voidaan mainita maanvastaisen alapohjarakenteen kokonaisvaltainen korjaus, joka suoritetaan myös märkätilojen kohdalta. Lisäksi vanhojen märkätilojen vedeneristyksessä olevat puutteet voivat ajaa tilan rakenteiden uusimistarpeeseen.

### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- rakenteiden riittävä kuivaaminen ennen vedeneristysten asentamista
- vedeneristekerroksen valmistajan ohjeiden mukainen paksuus
- lattian kallistusten riittävyys

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- ympäröiviin rakenneosiin tehdään tarvittavat korjaukset

### Riskit:

- vedeneristeen tartunta jää heikoksi liian kostean tai epäpuhtaan alustan seurauksena

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset

## B Vedeneristeen paikkakorjaus

### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- paikkakorjauksen tiivis limittyminen vanhojen materiaalien kanssa

### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- ympäröiviin rakenneosiin mahdollisesti tarvittavat kuitukset ja korjaukset

### Riskit:

- paikkakorjauksena ikääntyvän rakenteen vaurioituminen toisaalta

### Rakenteen toimivuuden seuranta:

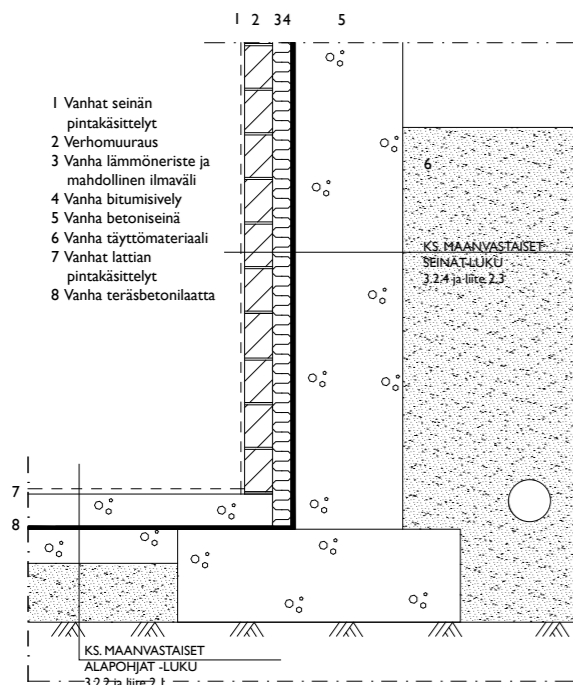
- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset



Yllä olevassa kuvassa on esimerkki vanhasta vedeneristeen paikkakorjauksesta, jonka yhdessä myös laattoja on uusittu. Korjauksella käyttöikä on jatkettu muutamia vuosia, mutta kuvan pesuhuoneen kokovaltainen uusiminen on kuitenkin tulossa ajankohtaiseksi. Kuva: P. Annila, Rakennusinsinööri Petri Annila

## KIVIRAKENTEINEN MÄRKÄTILA KELLARIKERROKSESSA

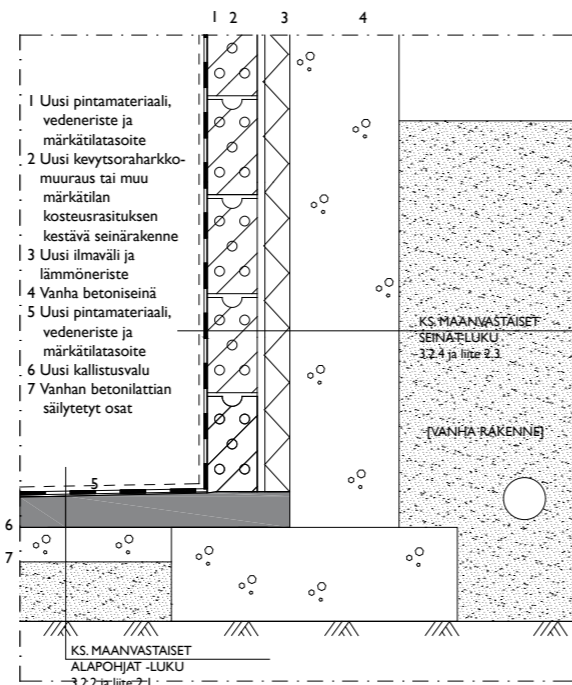
### Alkuperäinen rakenne



Yllä olevassa kuvassa on esitetty esimerkki kellarissa sijaitsevasta pesuhuoneesta. Pesuhuoneen iästä riippuen pintamateriaalit voivat olla muovimattoja ja tapetteja tai keraamisia laatoituksia. Lämmöneristeenä maanvastaisessa seinässä voi olla mineraalivillaa, sementtilastulevyjä, minkä lisäksi verhomuurauksen ja lämmöneristeen välissä voi olla ilmaväli.

Rakenteen tyypillinen korjaustarve johtuu lämmöneristeen mikrobivaurioitumisesta, joka voi olla seurausta märkätilasta tulevasta kosteusrasituksesta ja/tai maaperästä tulevasta kosteusrasituksesta. Maaperän aiheuttaman kosteusrasituksen määrään vaikuttavat mm. ulkopuolisten kuivatusrakenteiden toimivuus sekä betonirakenteiden pinnassa mahdollisesti olevan bitumisivelyn tai vastaavan vedeneristeen tiiviyys.

### A Märkätilan rakenteiden uusiminen



#### Toimenpiteet:

Korjauksessa vanhat vaurioituneet seinärakenteet poistetaan, mikä yleensä edellyttää myös verhomuurauksen purkamista. Vanhan betonirakenteen pinnasta poistetaan bitumisively tai muu mahdollinen vedeneriste mekaanisesti. Maanvastaisen seinän muita korjaustoimenpiteitä on käsitelty yksityiskohtaisemmin liitteessä 2.3 *Maanvastaiset ulkoseinät*.

Sisäpuoliseksi lämmöneristeeksi soveltuu esimerkiksi voimakkaasti kapillaarinen ja hyvin vesihöyryä läpäisevä lämmöneriste. Lämmöneristeen ja uuden kevytsorabetoniharkkomuurauksen tai muun märkätilaan soveltuvan seinärakenteen ja kantavan betonirakenteen väliin jätetään vähintään 30 mm ilmaväli, joka on seinän yläosasta avoin alas lasketun katon sisälle ja pääsee siten tuulettumaan. Kevytsoraharkkoseinän pintaan tehdään tarvittavat märkätilan tasoitukset, vedeneristeet ja pintamateriaalit.

Lattiaan tehdään tarvittaessa kallistusten korjaukset sekä asennetaan uusi vedeneriste. Vedeneristeen tulee olla vesihöyryä läpäisevä. Alapohjarakenteen korjaamista on käsitelty tarkemmin liitteessä 2.1 ja 2.2. Mikäli rakenteissa on vanhoja vedeneristeitä, ne ovat kahden betonilaatan

*jatkuu seuraavalla sivulla*

välissä. Tämän piiloon jäävän vanhan vedeneristeen osalta tulee arvioida tarve sen poistoon. Poistoa suositellaan, jos ei voida varmistua, että rakenne pysyy kuivana vanhan ja uuden vedeneristeen välistä.

Korjaustapa soveltuu tilanteisiin, jossa rakennuksen ulkopuolelta maaperästä tuleva kosteusrasitus on hallinnassa, eikä ulkopuolisiin kuivatusrakenteisiin tarvitse tehdä korjauksia.

#### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- ympäröiviin rakennuksiin tehdään tarvittavat kojaukset
- maaperästä tuleva kosteusrasitus on hallittavissa ilman kuivatusrakenteiden korjauksia

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- ympäröiviin rakennuksiin mahdollisesti tarvittavat kuivatukset ja korjaukset
- maanvastaiseen seinään liittyvät korjaukset
- mahdollisesti ilmanvaihdon parantamiseen liittyvät toimet

#### Riskit:

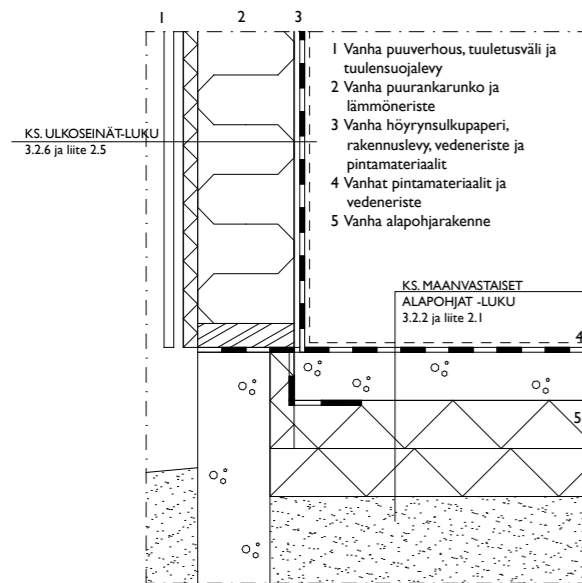
- kuivatusrakenteisiin ei tehdä tarvittavia korjauksia ja rakenteisiin kohdistuu korkea kosteusrasitus

#### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset

## MÄRKÄTILA PUURUNKOISESSA RAKENNUKSESSA

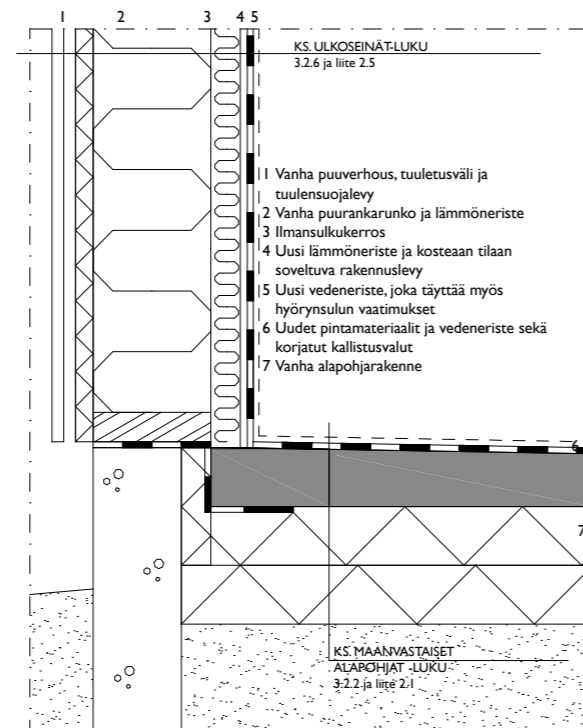
### Alkuperäinen rakenne



Yllä olevassa kuvassa on esitetty puurakenteisen rakennuksen märkätilan esimerkki, jossa ulkoseinän sisäverhoukset, vedeneriste ja pintamateriaalit on asennettu suoraan runkorakenteen sisäpintaan.

Rakenteelle tyypillinen vaurioitumismuoto on vedeneristeen vuotaminen, joka erityisesti puurunkoisten ulkoseinien ja väliseinien kohdalla voi johtaa laajaan korjaustarpeeseen.

### A Märkätilan rakenteiden uusiminen



#### Toimenpiteet:

Seinärakenteesta puretaan vanhat levyrakenteet ja pintamateriaalit, minkä lisäksi puurankarunkoon ja lämmöneristeeseen tehdään tarvittavat korjaukset ja materiaalien uusimiset. Tämän jälkeen rungon sisäpintaan asennetaan ilmansulkupaperi tai -levytys, lisälämmöneristys sekä kosteaan tilaan soveltuva rakennuslevy. Levyn pintaan asennetaan uusi vedeneriste sekä pintamateriaalit.

Lattian osalta alapohjarakenteeseen tehdään tarvittavat korjaukset. Esimerkin mukaisessa tapauksessa lattiasta on purettu vanhat pintamateriaalit sekä vedeneriste ja tehty lattian kallistuksen korjaukset. Tämän jälkeen on asennettu uusi vedeneriste sekä pintamateriaalit.

Korjaus soveltuu tilanteisiin, joissa märkätilaa ympäröivät rakenteet tarvitsevat korjauksia, esimerkin mukaisessa tapauksessa ulkoseinät ja/tai alapohja. Näiden rakenteiden korjausperiaatteita on käsitelty tarkemmin tämän kirjan muissa luvuissa.

*jatkuu seuraavalla sivulla*

#### Korjauksen onnistumisen kannalta olennaisia asioita:

- vaurioituneiden materiaalien poistaminen rakenteesta
- kastuneiden rakenteiden kuivaaminen
- vedeneristekerroksen valmistajan ohjeiden mukainen paksuus
- lattian kallistuksen riittävyys

#### Kokonaisuuden hallintaan liittyvät korjaukset:

- ympäröiviin rakennuksiin mahdollisesti tarvittavat kuivatukset ja korjaukset
- ulkoseinään mahdollisesti liittyvät korjaukset
- mahdollisesti ilmanvaihdon parantamiseen liittyvät toimet

#### Riskit:

- ympäröiviin rakennuksiin ei tehdä riittäviä korjauksia
- kastuneiden rakenteiden kuivumista ei tehdä riittävässä laajuudessa tai tarpeeksi kuivaksi

#### Rakenteen toimivuuden seuranta:

- normaaliin kiinteistön ylläpitoon liittyvät säännöllisesti toteutettavat tarkastukset

## Liite 2.9

### Liitosdetaljit ja läpiviennit

Tässä liitteessä käsitellään seuraavat rakennedetaljit:

#### 1. Vesikatto – ulkoseinä

- Aluskatteellinen katto – ulkoseinä

#### 2. Yläpohja – ulkoseinä

- Puurakenteinen yläpohja – puurakenteinen ulkoseinä
- Betonirakenteinen yläpohja – puurakenteinen ulkoseinä
- Betonirakenteinen yläpohja – kivirakenteinen ulkoseinä
- Puurakenteinen yläpohja – kivirakenteinen ulkoseinä
- Elementtiulkoseinä – teräsohutelvy-yläpohja

#### 3. Ikkuna - ulkoseinä

- Ikkuna – puurakenteinen seinä
- Ikkuna – kivirakenteinen seinä

#### 4. Väli­pohja - ulkoseinä

- Puuväli­pohja – kivirakenteinen ulkoseinä
- Puuväli­pohja – puurakenteinen ulkoseinä
- Betoniväli­pohja – kivirakenteinen ulkoseinä
- Betoniväli­pohja – puurakenteinen ulkoseinä
- Väestönsuojan katto – ympäröivät rakenteet

#### 5. Ulkotaso – ulkoseinä

- Kattoterassi – kivirakenteinen ulkoseinä

#### 6. Ryömintätilainen alapohja – ulkoseinä

- Puurakenteinen ryömintätilainen alapohja – puurakenteinen ulkoseinä
- Puurakenteinen ryömintätilainen alapohja – kivirakenteinen ulkoseinä

#### 7. Maanvastainen seinä – maanvastainen alapohja

- Betonirakenteinen alapohja – kivirakenteinen ulkoseinä

#### 8. Maanvastainen alapohja – väliseinä

- Betonirakenteinen maanvastainen alapohja – kivirakenteinen väliseinä
- Betonirakenteinen alapohja – puurakenteinen kantava väliseinä
- Betonirakenteinen alapohja – puurakenteinen ei-kantava väliseinä

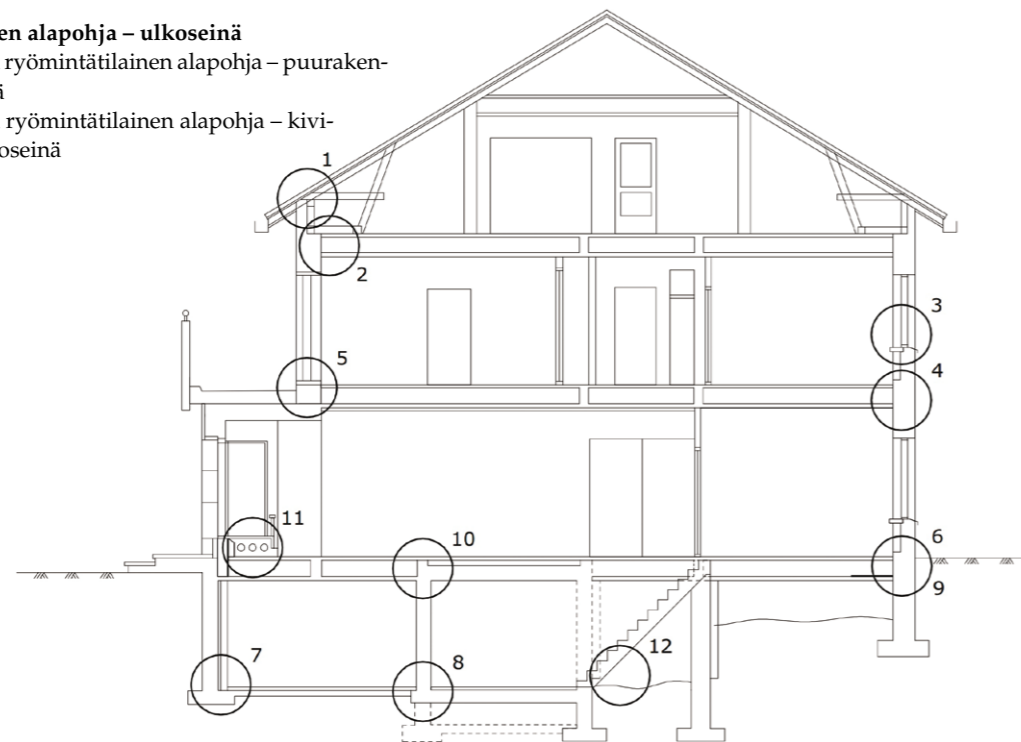
#### 9. Sokkeli - alapohja

- Kivirakenteinen sokkeli – maanvastainen betonialapohja
- Kivirakenteinen sokkeli – maanvastainen betonialapohja
- Puurunkoinen seinä ja valesokkeli – maanvastainen betonialapohja

#### 10. Liikuntasaumat

#### 11. Putkikanaalit

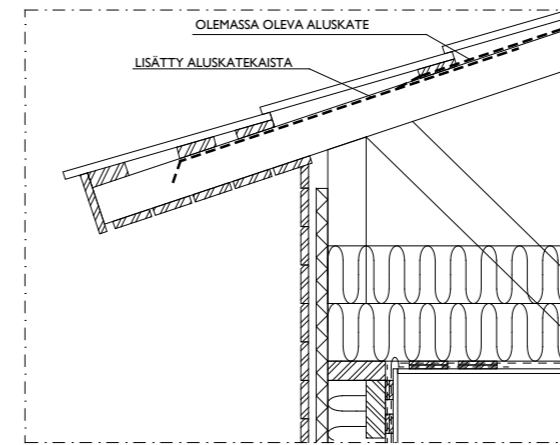
#### 12. Portaiden alustat.



Kuva 1. Tässä liitteessä käsiteltävät liitosdetaljien periaatteelliset kohdat

## I. VESIKATTO – ULKOSEINÄ

### Aluskatteellinen vesikatto – ulkoseinä



#### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa aluskate päättyy ennen ulkoseinän ulkopintaa ja voi johtaa veden valumiseen ulkoseinän tai yläpohjan lämmöneristeisiin

#### Toteutusohjeet:

##### A) Aluskate korjataan vesikatetta purkamalla

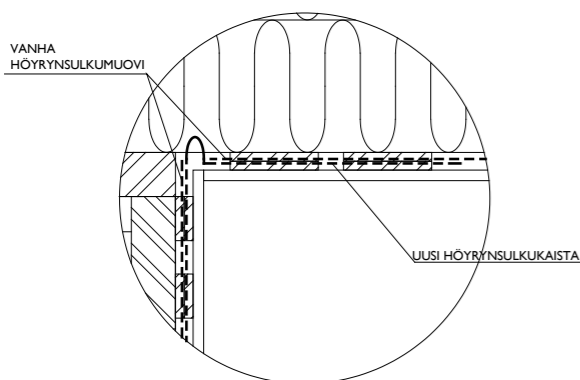
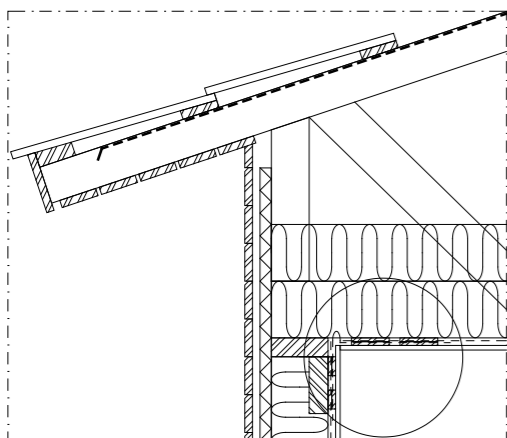
- vesikatetta, ruoteita ja mahdollisia korokerimoja puretaan räystäältä siten, että lisättävä aluskatekaista voidaan limittää vähintään 300 mm matkalta olemassa olevan aluskatteen kanssa.
- uusi aluskatekaista asennetaan siten, että sen alareuna ulottuu vähintään 250 mm etäisyydelle ulkoseinän ulkopinnasta
- korokerimat ja ruoteet asennetaan paikoilleen
- purettu osuus vesikatteesta asennetaan takaisin

##### B) Aluskate korjataan vesikatetta purkamatta

- räystään aluslaudoitusta puretaan siten, että uusi aluskate saadaan asennettua alakautta
- lisättävä aluskatekaista asennetaan ruodelaudoituksen alapintaan; HUOM! asennustapa voi johtaa ruodelaudoitusten vaurioitumiseen, joten korjaustapaa suositellaan väliaikaiseksi toimenpiteeksi, jolla käyttöikää jatketaan peruskorjaukseen saakka
- lisätty aluskatekaista ulotetaan räystään pätyyn asti tai vähintään 250 mm etäisyydelle ulkoseinän ulkopinnasta

## 2.YLÄPOHJA – ULKOSEINÄ

### Puurakenteinen yläpohja – puurakenteinen ulkoseinä



#### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa ulkoseinä ja yläpohja ovat puurunkoisia

#### Toteutusohjeet:

- katon ja seinän yläosan sisäpintojen pintamateriaalit puretaan vanhaan höyrynsulkuun asti; HUOM! höyrynsulkua EI saa rikkoa
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä

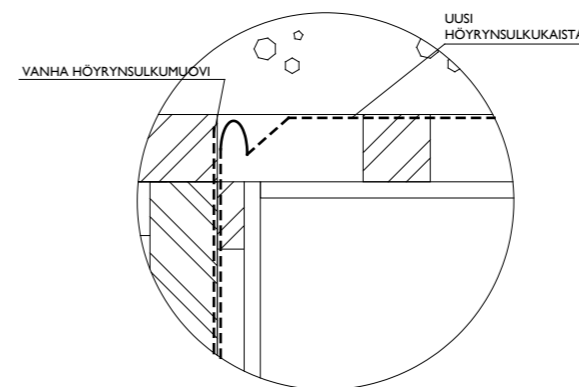
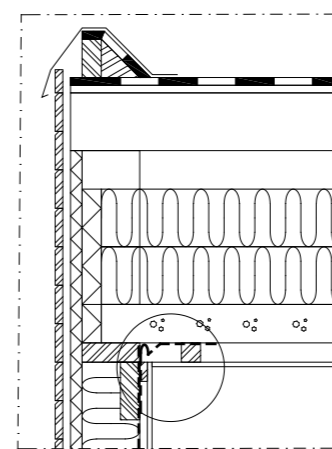
#### A) Höyrynsulkumuovia ei uusita kauttaaltaan

- höyrynsulkuun tehdään tarvittavat korjaukset, joiden avulla varmistetaan höyrynsulkukerroksen yhtenäisyys ja tiiviys
- ulkoseinän ja yläpohjan liitokseen lisätään höyrynsulkukaista, joka limitetään vähintään 150 mm matkalta säilytettävien höyrynsulkumuovien kanssa
- yläpohjan ja ulkoseinän höyrynsulkumuovia irrotetaan liitoskohdasta, jotta sekä yläpohjan että ulkoseinän runkopuiden väliin saadaan kiinnitettyä puulistat koko rakenteen mitalle; lista voidaan asentaa myös kattoristikoiden alapintaan, jolloin lista jää katon alas laskuun piiloon; ulkoseinän osalla lista voidaan vastavasti asentaa runkopuiden sisäpintaan; olemassa olevat höyrynsulkumuovit taitetaan asennetun listan päälle.
- ulkoseinän yläosassa höyrynsulkumuovit (vanha säilytetty muovi sekä asennettu lisäkaista) puristetaan kahden puulistan väliin ruuvien avulla.
- höyrynsulkumuoviin tehdään liitoksen taite, joka mahdollistaa rakenteen liikkeen höyrynsulkua rikkomatta
- yläpohjan osalta höyrynsulkumuovit (vanha ja asennettu lisäkaista) puristetaan kahden puulistan väliin ruuvien avulla.
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiivyyden korjaukset
- asennetaan ja viimeistellään sisäpintojen pintamateriaalit
- listat kiinnitetään ensisijaisesti liimaamalla, jotta höyrynsulkumuovia ei rikota; jos käytetään naulausta, niin naulat eivät saa lävistää höyrynsulkumuovia

#### B) Höyrynsulkumuovi uusitaan kauttaaltaan

- höyrynsulkumuoviin tehdään liitoksen taite, joka mahdollistaa rakenteen liikkeen höyrynsulkua rikkomatta
- höyrynsulkumuovin liitoskohdat limitetään vähintään 150 mm matkalta. mikäli taite on tehty ulkoseinästä jatkuvaan höyrynsulkumuoviin, tehdään limitys yläpohjan puolella ja päinvastoin
- höyrynsulkumuovin liitokset puristetaan tiiviisti kahden puulistan ja ruuvien avulla.
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiivyyden korjaukset
- asennetaan ja viimeistellään sisäpintojen pintamateriaalit
- listat kiinnitetään ensisijaisesti liimaamalla, jotta höyrynsulkumuovia ei rikota. jos käytetään naulausta, niin naulat eivät saa lävistää höyrynsulkumuovia

### Betonirakenteinen yläpohja – puurakenteinen ulkoseinä



#### Sovelluskohteet:

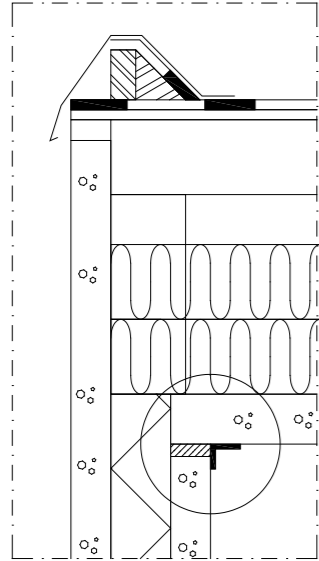
- kohteet, joissa rakennuksen kantava runko on betonirakenteinen pilari-palkki-runko ja ulkoseinät ovat eikantavia puurankaseiniä

#### Toteutusohjeet:

- seinän sisäpintojen pintamateriaalit poistetaan ulkoseinästä vanhaan höyrynsulkuun asti. HUOM! höyrynsulkua EI saa rikkoa. Katossa pintamateriaalit poistetaan betonilaatan alapintaan saakka ensimmäiseen koolausväliin saakka, (luokkaa 400 mm koolauksen suunnassa)
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä.
- rikkoutunut höyrynsulkumuovi uusitaan tarvittavilta osin ja limitetään vanhan höyrynsulun kanssa vähintään 150 mm matkalta; liitoskohta teipataan ja puristetaan koolauksen avulla.
- katon ja seinän liitoskohtaan lisätään höyrynsulkumuovikaista, joka limitetään ulkoseinän höyrynsulkumuovin kanssa ja kiinnitetään puulistojen ja ruuvien avulla tiiviisti ulkoseinään.
- höyrynsulkumuovikaista varustetaan taitteella tai sen tulee olla riittävän elastinen ja kestää rakenteiden liikkeet murtumatta
- yläpohjarakenteeseen höyrynsulkumuovikaista kiinnitetään järjestelmään soveltuvalla massalla ja/ tai puristetaan tiiviisti puulistan ja ruuvien avulla betonilaattaa vasten.
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiivyyden korjaukset
- asennetaan ja viimeistellään sisäpintojen pintamateriaalit



## Betonirakenteinen yläpohja – kivirakenteinen ulkoseinä

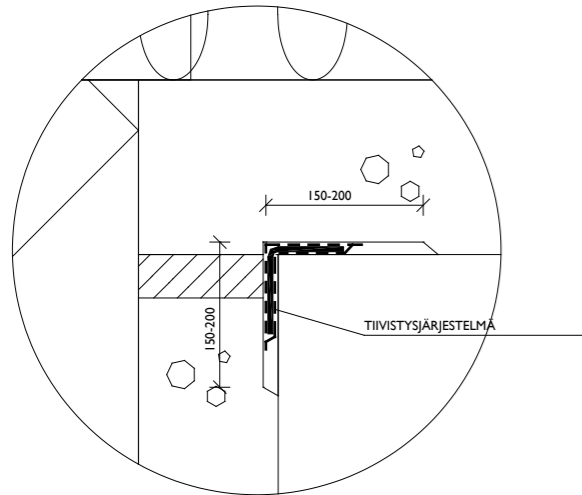


### Sovelluskohteet:

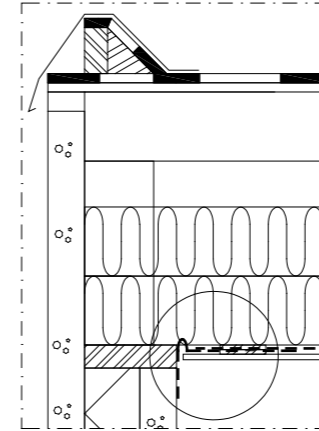
- kohteet, joissa yläpohja on betonirakenteinen ja ulkoseinä kivirakenteinen

### Toteutusohjeet:

- pintamateriaalit poistetaan hiomalla vähintään 150 mm etäisyydeltä ulkoseinän ja yläpohjan liitoksesta
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- liitokseen asennetaan valitun tiivistysjärjestelmän mukainen kulmavahvike järjestelmän asennusohjeita noudattaen; tiivistyskaista asennetaan kauttaaltaan eikä vain näkyviin vuotokohtiin.
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat



## Puurakenteinen yläpohja – kivirakenteinen ulkoseinä

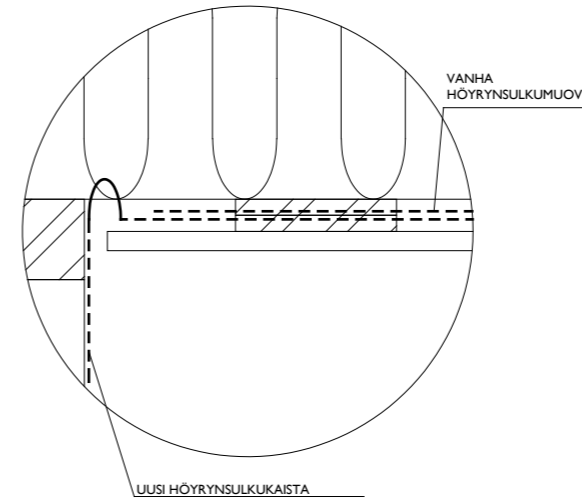


### Sovelluskohteet:

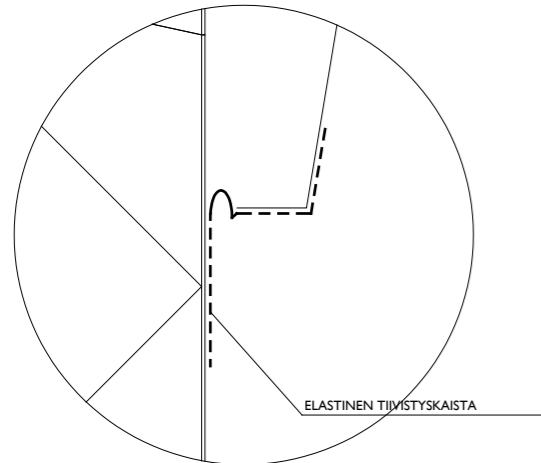
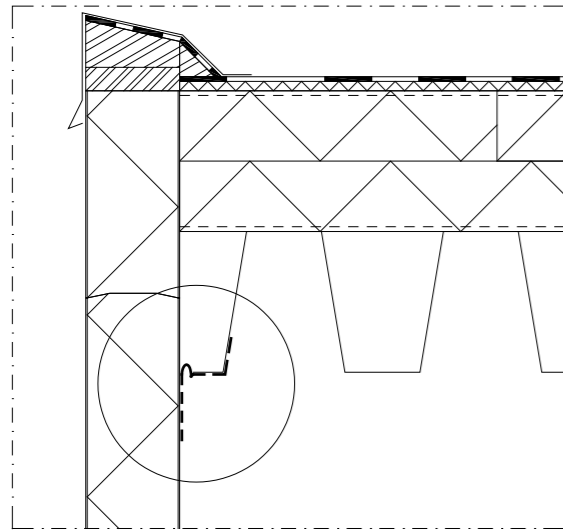
- kohteet, joissa on kivirakenteiset ulkoseinät ja puurakenteisessa yläpohjassa ilmansulkuna on höyrynsulkumuovi

### Toteutusohjeet:

- yläpohjan pintamateriaalit puretaan vähintään liitosalueelta; HUOM! höyrynsulkukerrosta EI saa vaurioittaa purkutyön aikana
- ulkoseinän pintamateriaalit puretaan vähintään liitosalueelta.
- höyrynsulkumuoviin tehdään muut tarvittavat korjaukset
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- liitokseen asennetaan tiivistyskaista, joka limitetään säilytetyn höyrynsulkumuovin kanssa vähintään 150 mm matkalta
- tiivistyskaista asennetaan puulistojen ja ruuvien avulla tiiviisti yläpohjarakenteen alapintaa vasten
- ulkoseinässä tiivistyskaista asennetaan valitun tuotteen työohjeiden mukaisesti kauttaaltaan liimaamalla ulkoseinän sisäpintaan
- tiivistyskaista varustetaan taitteella tai tiivistys toteutetaan tuotteella, jonka elastisuus sallii liitoksessa tapahtuvat liikkeet murtumatta
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat



## Teräspeltielementtiulkoseinä – teräsohutlevy-yläpohja



### Sovelluskohteet:

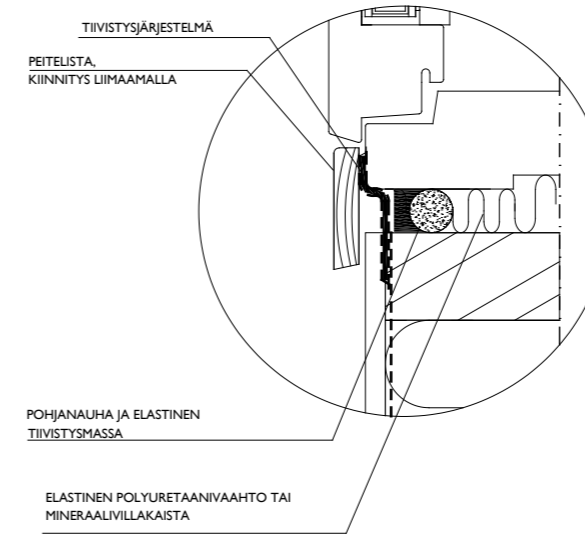
- kohteet, joissa ulkoseinä on pelti-lämmöneriste-peltielementtejä ja yläpohjarakenne on teräsohutlevyjen päällä oleva ns. mineraalivillakatto

### Toteutusohjeet:

- mahdolliset pintamateriaalit ja vanhat tiivistykset poistetaan liitosalueelta
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistutaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- liitokseen asennetaan tiivistyskaista, joka kiinnitetään järjestelmän työohjeiden mukaisesti liimaamalla ulkoseinän elementtien sisäpintaan sekä teräsohutlevyn alapintaan
- tiivistyskaistan tulee olla riittävän elastinen, jotta se kestää teräsohutlevyn kuormituksesta aiheutuvan taipumisen liikkeitä murtumatta
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviiden korjaukset
- viimeistellään pinnat

## 3. IKKUNA – ULKOSEINÄ

### Ikkuna-puurakenteinen seinä, tiivistyskorjaus



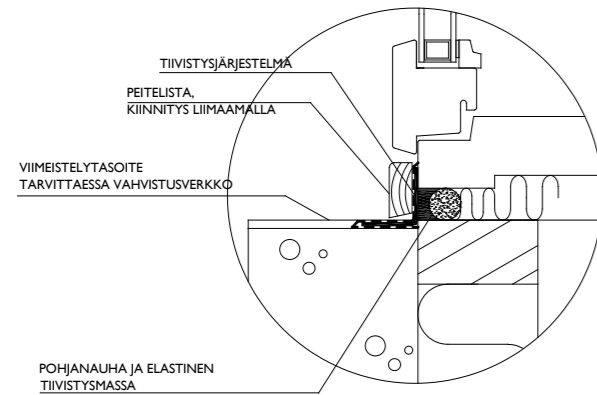
### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa ikkuna liittyy puurakenteiseen tai muuhun höyrynsululliseen ulkoseinään

### Toteutusohjeet:

- seinälevytys puretaan ikkunan joka sivulta ensimmäiseen koolausväliin saakka. huom! höyrynsulku ei saa rikkoo
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistutaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- ikkunan ja apukarmin väli tiivistetään elastisella tiivistysmassalla pohjatäytenauhaa vasten. tarvittaessa eristettä poistetaan raosta pohjatäytenauhan ja tiivistysmassan vaatimaan syvyyteen ja tartuntapinnat puhdistetaan
- tiivistysjärjestelmä asennetaan ikkunan ja apukarmin liitokseen höyrynsulun kanssa limittäen järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan; tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti pintoihin sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä; käsittelykerat järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaan.
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa on otettava huomioon mahdollinen rakenneosien liikkuminen toistensa suhteen
- suoritetaan tiiviyskokeet ja tarvittavat ilmatiiviiden korjaukset
- asennetaan uudet levyt poistettujen tilalle
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla tai mekaanisesti siten, että tiivistyksiä ei rikota; jos käytetään naulausta, niin naulat eivät saa lävistää tiivistyskerroksia

## Ikkuna – kivirakenteinen seinä, tiivistyskorjaus



### Sovelluskohteet:

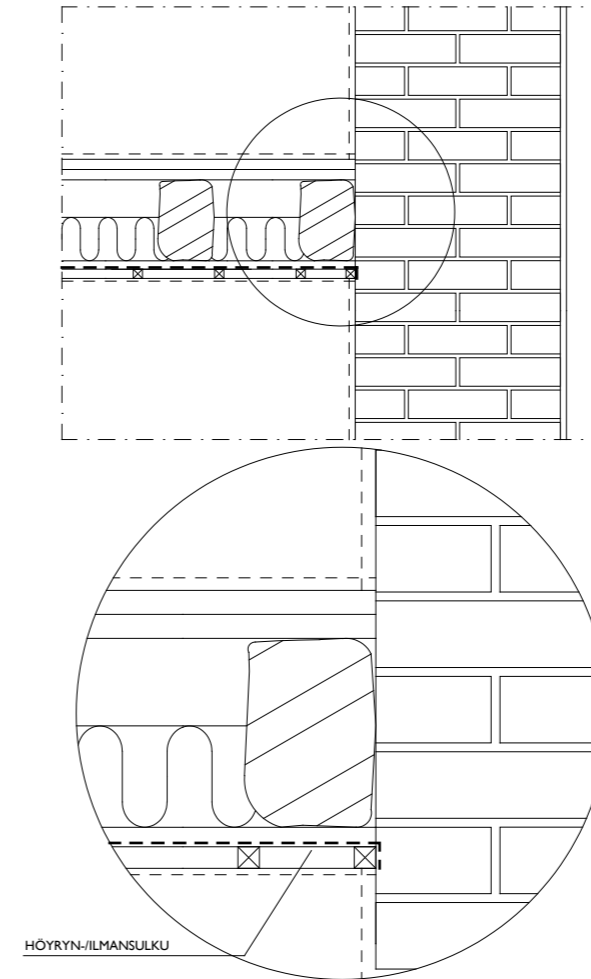
- kohteet, joissa ikkuna liittyy kiviainespohjaiseen ulkoseinärakenteeseen, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot

### Toteutusohjeet:

- pinnoitteet poistetaan ikkuna-aukkojen sisämyygeistä kauttaaltaan kiviainespinnalle
- pinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella tiili-, betoni- tai harkkopinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- tarvittaessa alusrakenne oikaistaan tiivistysjärjestelmään kuuluvalla tasoitteella
- ikkunan ja apukarmin väli tiivistetään elastisella tiivistysmassalla pohjatäytenauhaa vasten; tarvittaessa eristettä poistetaan raosta pohjatäytenauhan ja tiivistysmassan vaatimaan syvyyteen ja tartuntapinnat puhdistetaan
- tiivistysjärjestelmä asennetaan ikkunaliitokseen järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan; tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä; käsittelykerat järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaan
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa on otettava huomioon mahdollinen rakenneosien liikkuminen toistensa suhteen
- suoritetaan tiiviyskokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla tai mekaanisesti siten, että tiivistyksiä ei rikota; jos käytetään naulausta, niin naulat eivät saa lävistää tiivistyskerroksia

## 4.VÄLIPOHJA – ULKOSEINÄ

### Puuvälipohja – kivirakenteinen ulkoseinä, vaurioituneiden materiaalien poisto rakenteesta



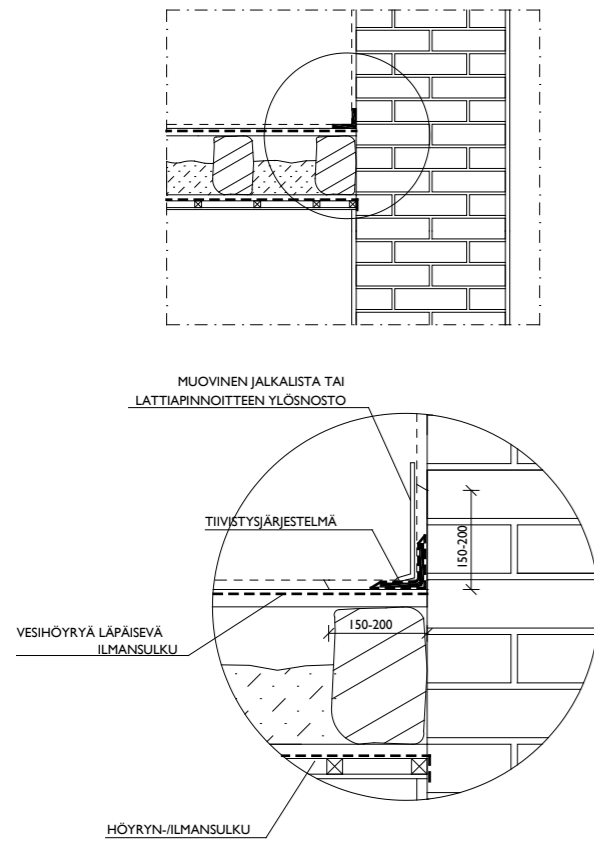
### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on puurakenteinen täyrevälipohja ja ulko/väliseinärakenteena kiviainespohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

### Toteutusohjeet:

- lattiarakenteet puretaan kantavia palkkeja lukuun ottamatta kokonaan
- palkkien pinnat puhdistetaan mekaanisesti ja imuroidaan kauttaaltaan, samoin seinäpinta purettavalta alueelta
- seinäpinta oikaistaan ja tasoitetaan tarvittaessa, jotta välipohjan alapintaan asennettava ilmansulku voidaan liittää siihen tiiviisti
- tarvittaessa seinärakenne kuivatetaan ja vaurioituneet puupalkit uusitaan/vahvistetaan
- lattiakannattajien alapintaan asennetaan laudoitus ja ääneneristeet (akustiikka) niiden päälle
- alapintaan asennetaan ilmansulku (muovikalvo) laudoituksen päälle koolauksen avulla; ilmansulun jatkoskohdissa limitys > 200 mm, teippaus sekä puristusliitos. ilmansulun reuna tiivistetään puristusliitoksella seinäpintaa vasten.
- lattiavasojen yläpintaan asennetaan tarvittaessa uusi koolaus (rakenteen oikaisu) sekä laudoitus tai levytys ja uusi pintamateriaali
- suoritetaan tiiviyskokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat

## Puuvälipohja – kivirakenteinen ulkoseinä, tiivistyskorjaus



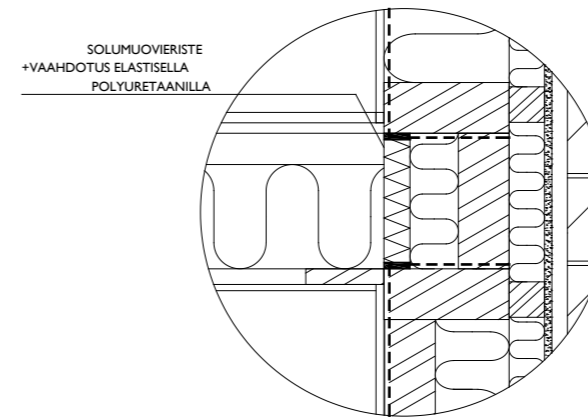
### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on puurakenteinen täytevälipohja ja ulko-/väliseinärakenteena kiviainespohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

### Toteutusohjeet:

- seinäpinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150–200 mm leveydeltä, lattiapinnoitteet poistetaan kokonaan vanhan lattialaudoituksen tai -levytyksen pintaan saakka. Tiivistys toteutetaan välipohjan ylä- ja alapintaan, joten pinnoitteiden / pintamateriaalien poistaminen tulee tehdä rakenteen molemmin puolin.
- BETONISEINISSÄ seinäpinnat hiotaan timanttikuppi-laikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- TIILISEINISSÄ, joissa sisäpinta on rapattu ja maalattu, EHJÄ maalipinta puhdistetaan huolellisesti tartunta-alustaksi, HUOM! myös nurkka-alueilta
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- alusta oikaistaan tiivistysjärjestelmään kuuluvalla tasoitteella
- lattialaudoituksen tai -levytyksen päälle asennetaan tiivistysjärjestelmään kuuluva ilmansulkukerros järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaan
- tiivistysjärjestelmä asennetaan nurkkaliitokseen järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan; tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä. käsittelykerrat ja / tai tiivistykseen tarkoitettujen liitosnauhojen asennus järjestelmätoimittajan ohjeen mukaan.
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa on otettava huomioon mahdollinen rakenneosien liikkuminen toistensa suhteen
- alapuolelle asennetaan ilmansulku (muovikalvo) laudoituksen päälle koolauksen avulla. ilmansulun jatkoskohdissa limitys > 200 mm, teippaus sekä puristusliitos. ilmansulun reuna tiivistetään puristusliitoksella seinäpintaa vasten. toisena vaihtoehtona on tiivistykseen tarkoitettujen liitosnauhojen asennus järjestelmätoimittajan ohjeen mukaan
- suoritetaan tiiviyskokeet ja tarvittavat ilmatiiviiden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla tai mekaanisesti siten, että tiivistyksiä ei rikota. jos käytetään naulausta, niin naulat eivät saa lävistää tiivistyskerroksia

## Puuvälipohja – puurakenteinen ulkoseinä, tiivistyskorjaus



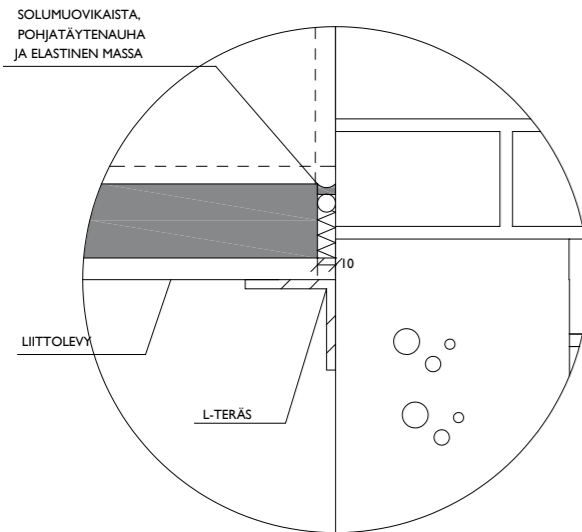
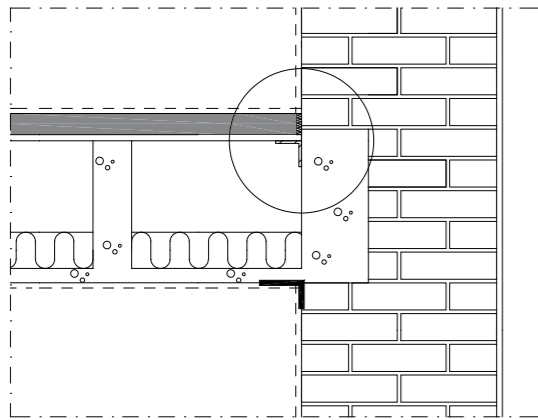
### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on puurakenteinen välipohja ja puurankarunkoinen ulko-/väliseinä
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

### Toteutusohjeet:

- välipohjarakenne avataan alakautta noin metrin levyiseltä kaistalta koko ulkoseinän matkalta; lämmöneristys ja vaurioituneet materiaalit poistetaan
- välipohjajavasojen kohdalla oleva rikkoutunut höyrynsulku poistetaan yläsidepuun yläpinnan ja alasidepuun alapinnan väliseltä alueelta; ei-kantavalla seinällä olevaa EHJÄÄ höyrynsulkua EI saa poistaa
- tarvittaessa kuivataan kastuneet puurakenteet sekä pinnat puhdistetaan ja imuroidaan
- lattiapalkkien kiinnitys ei-kantavaan seinään tarkastetaan ja tarvittaessa kiinnitetään naulaamalla. näin varmistetaan, että lattiavasa ei reuna-alueella taivu.
- höyrynsulun kohdalle välipohjajavasojen väliin asennetaan solumuovieristyslevy, joka kiinnitetään kauttaaltaan ympäröiviin puurakenteisiin elastisella polyuretaanivaahdolla. lisäksi vaahdotettujen saumojen pinnat teipataan höyrynsulkuun ja lattiavasoihin ilmanpitävällä ja hyvin tarttuvalla teipillä
- asennetaan välipohjaan ääneneristys paikoilleen
- suoritetaan tiiviyskokeet ja tarvittavat ilmatiiviiden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat

## Betonivälipohja – kivirakenteinen ulkoseinä, betonisen alalaattapalkiston perusteellinen korjaaminen



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on betonirakenteinen alalaattapalkisto joko puurakenteisella ylärakenteella tai betonisella rakenteellisesti toimimattomalla ylälaattalla ja ulko/väliseinärakenteena kiviainespohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

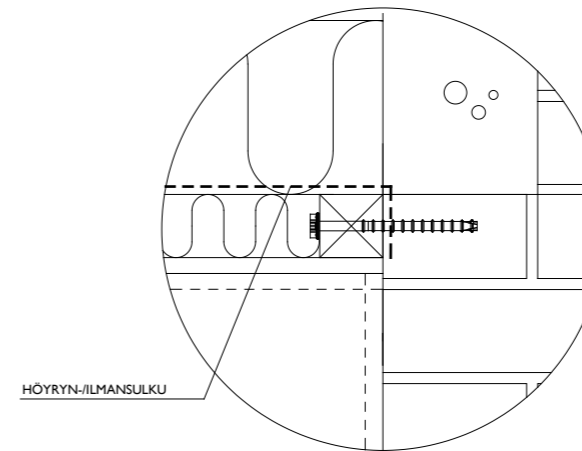
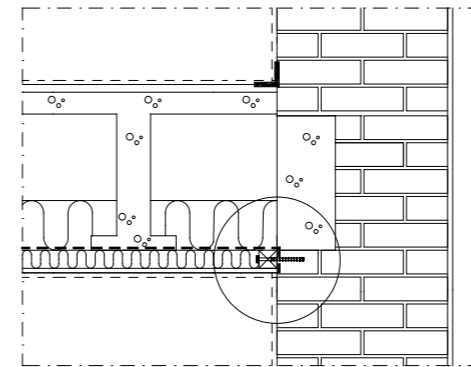
### Toteutusohjeet, purku yläpuolelta:

- vanha lattiarakenne puretaan yläpuolelta kokonaisuudessaan
- välipohjan täytteet ja mahdolliset muottilaudat poistetaan
- pinnat puhdistetaan mekaanisesti hiekkapuhaltamalla ja/tai liekittämällä nestekaasupolttimella. lopuksi pinnat imuroidaan.
- tarvittaessa seinärakenne ja säilytettävä betonirakenne kuivatetaan
- tarvittaessa alalaatan ja seinärakenteen välisen liitoksen tiivistäminen tiivistyskorjauksella, ks. kohta Betonivälipohja – kivirakenteinen ulkoseinä, betonisen kaksoislaattapalkiston tiivistyskorjaus
- kotelopinnat maalataan kauttaaltaan (pölynsidontäkäsittely)
- eristeet (akustiikka, palonkestävyys) asennetaan koteloiden pohjalle
- uusi lattiarakenne tehdään joko puurakenteisena tai betonilaattana. huom! puurakenteen korvaaminen betonilaattalla lisää rakenteen painoa ja vaatii tyypillisesti lisätuentaa (esim. teräspalkit).
- uuden pintalaatan ja seinän välin tiivistäminen elastisella massalla
- suoritetaan tiiviyskokeet ja tarvittavat ilmatiiviiden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat

### Muuta:

- seinä- ja betonisen alalaattarakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai tiivistyskorjauksella
- läpiviennit ja sähköasiat yms. tiivistetään järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa seinä on tasoitettava välipohjarakenteen sisältä yhtenäiseksi
- liittolevyrakenteessa betonin kuivumisaika voi olla hyvin pitkä

## Betonivälipohja – kivirakenteinen ulkoseinä, betonisen kaksoislaattapalkiston perusteellinen korjaaminen



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on betonirakenteinen kaksoislaattapalkisto ja ulko/väliseinärakenteena kiviainespohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

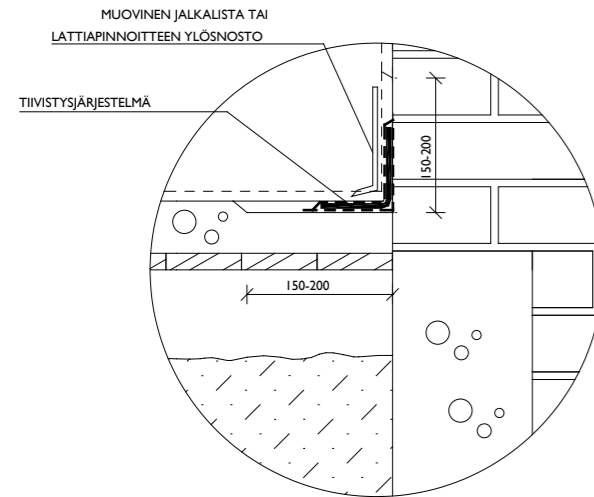
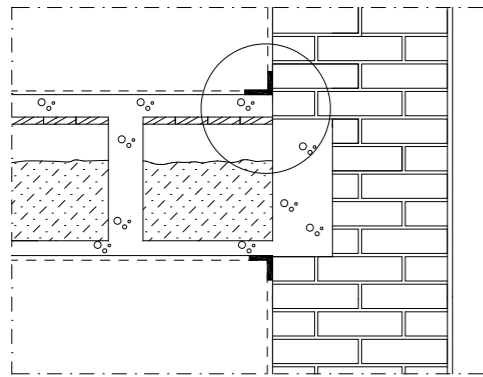
### Toteutusohjeet, purku alapuolelta:

- vanha kaksoislaattarakente puretaan alapuolelta siten, että palkkien kohtia ei vaurioiteta
- yläpuolelta seinä- ja lattiapinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150–200 mm leveydeltä
- välipohjan täytteet ja muottilaudat poistetaan
- laatan koteloiden pinnat puhdistetaan mekaanisesti hiekkapuhaltamalla ja/tai liekittämällä nestekaasupolttimella; lopuksi pinnat imuroidaan.
- tarvittaessa seinäpinnan tasoitus kuitulaastilla, jotta ilmansulun tiivis liittäminen siihen onnistuu
- tarvittaessa seinärakenne ja säilytettävä betonirakenne kuivatetaan
- ylälaatan ja seinärakenteen välisen liitoksen tiivistäminen tiivistyskorjauksella, ks. kohta betonivälipohja – kivirakenteinen ulkoseinä, betonisen kaksoislaattapalkiston tiivistyskorjaus
- kotelopinnat maalataan kauttaaltaan (pölynsidontäkäsittely)
- eristeet (akustiikka, palonkestävyys) asennetaan palkkiväleihin
- välipohjan alapintaan asennetaan ilmansulku (muovikalvo) 50 x 50 mm<sup>2</sup> koolauksen avulla. ilmansulun jatkoskohdissa limitys > 200 mm, teippaus sekä puristusliitos. ilmansulun reuna tiivistetään puristusliitoksella seinäpintaa vasten.
- eristekerros asennetaan koolausväliin ja katto levytetään (palosuojaus)
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat

### Muuta:

- seinä- ja betonilattiarakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai tiivistyskorjauksella
- tarvittaessa läpiviennit ja sähköasiat yms. tiivistetään järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa seinä on tasoitettava lattiarakenteen sisältä yhtenäiseksi

## Betonivälipohja – kivirakenteinen ulkoseinä, betonisen kaksoislaattapalkiston tiivistyskorjaus



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on betonirakenteinen kaksoislaattapalkisto ja ulko-/väliseinärakenteena kiviainespohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevyt-betoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

### Toteutusohjeet:

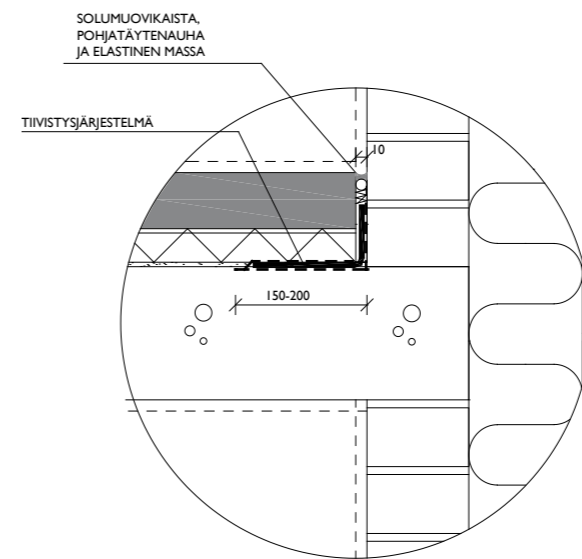
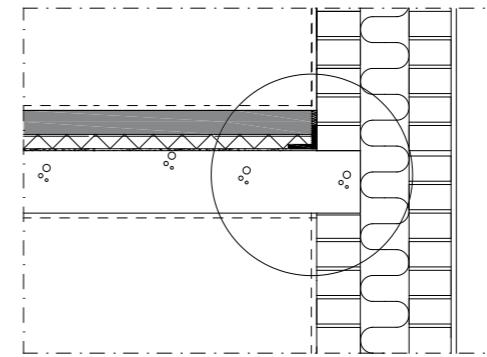
- seinä- ja lattiapinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150–200 mm leveydeltä. Tiivistys toteutetaan laatan ylä- ja alapintaan, joten pintojen poistaminen tulee tehdä kummassakin pinnassa
- BETONISEINISSÄ seinäpinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- TIILISEINISSÄ, joissa sisäpinta on rapattu ja maalattu, EIJÄ maalipinta puhdistetaan huolellisesti tartunta-alustaksi, HUOM! myös nurkka-alueilta
- lattiapinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtoneisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- alusta oikaistaan tiivistysjärjestelmään kuuluvalla tasoitteella
- tiivistysjärjestelmä asennetaan nurkkaliitokseen järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan; tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä. käsittelykerat ja tiivistykseen tarkoitettujen liitosnauhojen asennus järjestelmätoimittajan ohjeen mukaan.
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa on otettava huomioon mahdollinen rakenneosien liikkuminen toistensa suhteen
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviiden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla, jotta tiivistyksiä ei rikota

### Muuta:

- tiivistyskorjaus tehdään myös väliseinille
- seinä- ja lattiarakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai vastaavalla tiivistyskorjauksella kuin lattia-seinäliitos
- läpiviennit ja sähkörsiat yms. tiivistetään järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa seinä on tasoitettava laatan yläpinnasta katonrajaan yhtenäiseksi

Tapauskohtaisesti harkittava jokaisen ontelon alipaineistamista erikseen

## Betonivälipohja – kivirakenteinen ulkoseinä, betonisen kelluvan lattian uusiminen



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa kantavan betonilaatan päällä on erillinen eristekerroksella erotettu pintalaatta ja ulko-/väliseinärakenteena kiviainespohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevyt-betoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

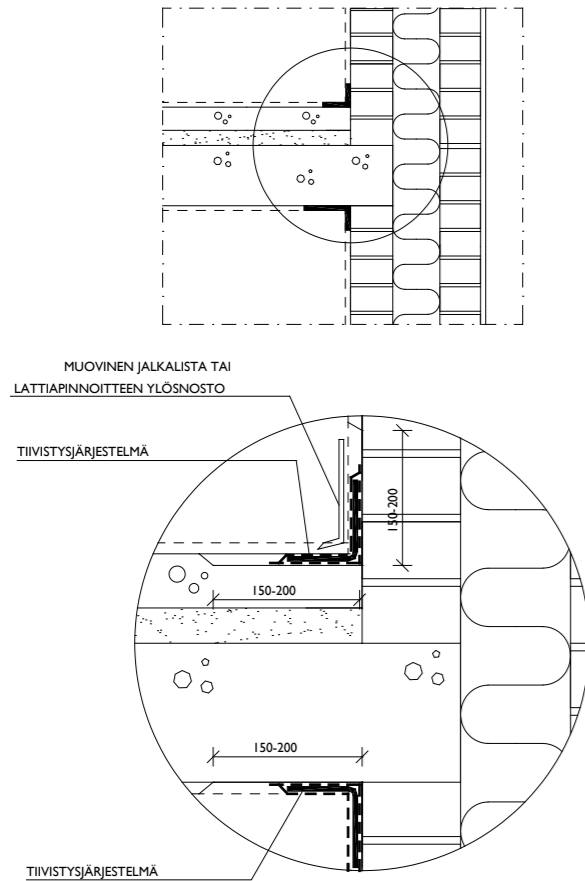
### Toteutusohjeet:

- vanha pintabetonilaatta ja eristekerrokset puretaan kokonaisuudessaan kantavan rakenteen pintaan saakka
- tarvittaessa rakenteiden kuivatus
- kantavan laatan ja seinän välisen liitoksen tiivistäminen joko tiivistyskorjauksella tai betonielementtirakenteissa elementtien välisen liitoksen pintaosan muuttamisella elastiseksi. ontelolaatta välipohjissa tiivistys tulee ulottaa > 50 mm ontelolaatan päälle.
- tarvittaessa kantavan laatan pinta oikaistaan
- kantavan laatan päälle asennetaan lämmöneristeet (elastisoitu lattia-EPS)
- tarvittaessa (kevytsoraharkko) seinän sisäpinta oikaistaan suoraksi
- pintalaatta raudoitetaan ja valetaan
- pintalaatan ja seinän välisen raon tiivistäminen, esim. pohjatäytenauha + elastinen saumamassa, tarvittaessa tartuntapintojen primerointi
- suoritetaan tiiviyskokeet ja tarvittavat ilmatiiviiden korjaukset
- lattiapinnan tasoitus ja viimeistely, kun lattia on kuivunut lattiapäällysteen asennuksen edellyttämään suhteelliseen kosteuteen

### Muuta:

- pintalaatan ja seinän välinen rako tiivistetään myös sellaisten väliseinien kohdalla, jotka lähtevät kantavan laatan päältä
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa harkkopinnat on tasoitettava kauttaaltaan yhtenäiseksi
- läpiviennit ja sähkörsiat yms. tiivistetään järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan

## Betonivälipohja – kivirakenteinen ulkoseinä, betonisen kelluvan lattian tiivistyskorjaus



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa kantavan betonilaatan päällä on erillinen täytekerroksella erotettu pintalaatta ja ulko-/väliseinä-rakenteena kiviainespohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

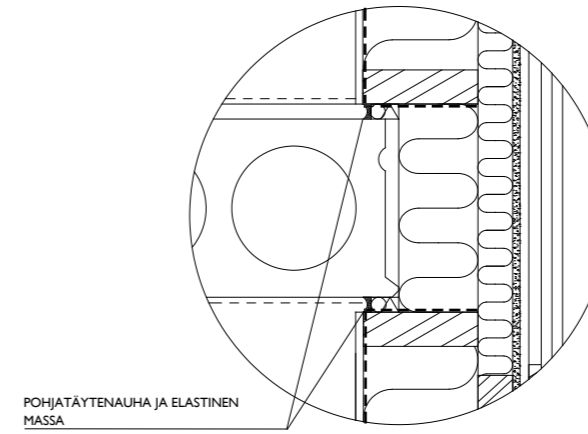
### Toteutusohjeet:

- seinä- ja lattiapinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150–200 mm leveydeltä. Tiivistys toteutetaan laatan ylä- ja alapintaan, joten pintojen poistaminen tulee tehdä kummassakin pinnassa
- BETONISEINISSÄ seinäpinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- TIILISEINISSÄ, joissa sisäpinta on rapattu ja maalattu, EIJÄ maalipinta puhdistetaan huolellisesti tartunta- alustaksi, HUOM! myös nurkka-alueilta
- lattiapinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- alusrakenne oikaistaan tiivistysjärjestelmään kuuluvalla tasoitteella
- tiivistysjärjestelmä asennetaan nurkkaliitokseen järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan. tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä. käsittelykerat ja tiivistykseen tarkoitettujen liitosnauhojen asennus järjestelmätoimittajan ohjeen mukaan.
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa otettava huomioon mahdollinen rakenneosien liikkuminen toistensa suhteen
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla, jotta tiivistyksiä ei rikota

### Muuta:

- tiivistyskorjaus tehdään myös väliseinille, jotka lähtevät kantavan laatan päältä
- seinä- ja lattiarakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai vastaavalla tiivistyskorjauksella kuin lattia-seinäliitos
- läpiviennit ja sähkörsiat yms. tiivistetään järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa seinä on tasoitettava laatan yläpinnasta katonrajaan yhtenäiseksi

## Betonivälipohja – puurakenteinen ulkoseinä, tiivistyskorjaus



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on kantava betonilaatta ja ulko-/väliseinä-rakenteena puurakenteinen seinä
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

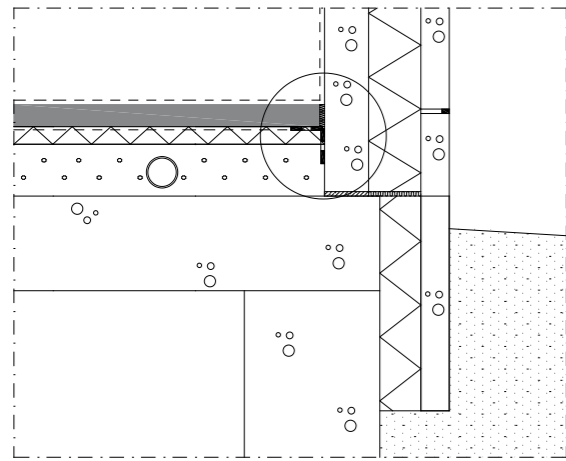
### Toteutusohjeet:

- lattiapinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150–200 mm leveydeltä kantavan laatan pintaan saakka
- pinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- puurakenteen ja betonilaatan saumasta poistetaan materiaalia noin 30 mm syvyydeltä. HUOM! Höyrinsulkua EI saa rikkoa!
- höyrinsulun ja betonilaatan väli tiivistetään pohjatäytenauhalla ja elastisella saumamassalla, tarvittaessa tartuntapintojen primerointi
- suoritetaan tiiviyskokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- lattia-, katto- ja seinäpinnat tasoitetaan ja viimeistellään, kun tasoitteet ovat kuivuneet

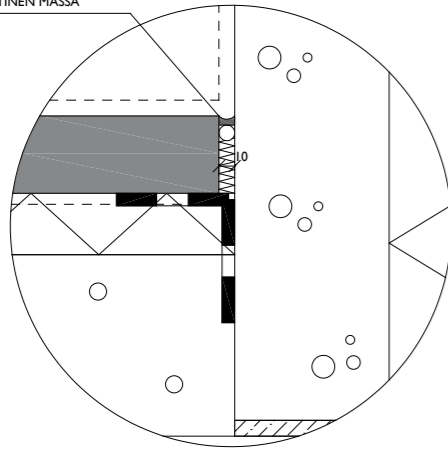
### Muuta:

- tiivistysrakenteet tehdään välipohjan molemmin puolin, joten rakenteita on avattava ja tiivistettävä myös laatan alapuolelta

## Väestönsuojan katto – ympäröivät rakenteet, lattiarakenteen uusiminen



SOLUMUOVIKAISTA,  
POHJATÄYTENAUHA  
JA ELASTINEN MASSA



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa väestönsuojan päällä on kelluva betonilaatta ja ulko-/väliseinärakenteena kiviainespohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

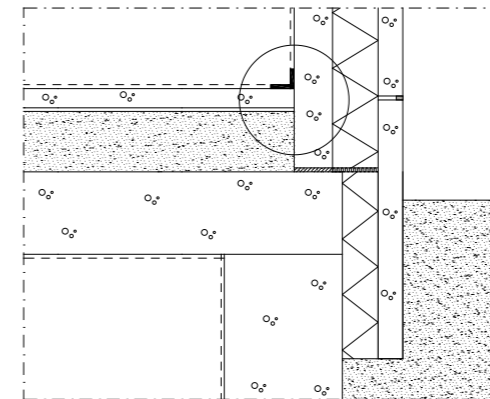
### Toteutusohjeet:

- vanha betonilaatta ja lämmöneristeet puretaan kokonaisuudessaan kantavan rakenteen pintaan saakka
- pinnan puhdistus imuroimalla ja tarvittaessa rakenteiden kuivatus
- tarvittaessa (kevytsoraharkko) seinän sisäpinta oikaistaan suoraksi
- seinäpintaan asennetaan bitumikermi, joka taitetaan lämmöneristeiden päälle
- kantavan laatan päälle asennetaan kevytsora- tai vaahdotasikerros sekä salaojaputkisto, josta ilma johdetaan puhaltimen avulla ulos
- kevytsorakerroksen päälle asennetaan lämmöneristeet ja suodatinkangas
- pintabetonilaatta raudoitetaan ja valetaan
- pintabetonilaatan ja seinän välisen raon tiivistäminen, esim. pohjatäytenauha + elastinen saumamassa, tarvittaessa tartuntapintojen primerointi
- lattiapinnan tasoitus ja viimeistely, kun lattia on kuivunut lattiapäällysteen asennuksen edellyttämään suhteelliseen kosteuteen

### Muuta:

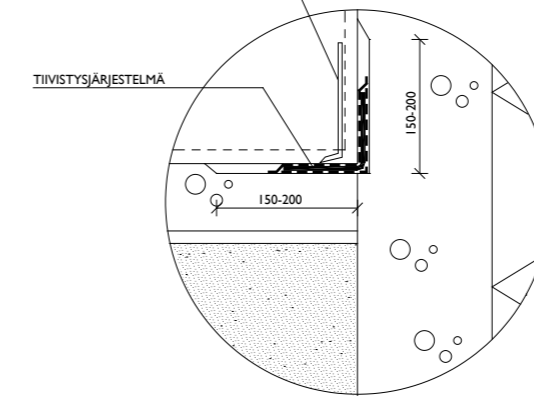
- tiivistysrakenteet tehdään myös väliseinille ja pilareille, jotka lähtevät kantavan laatan päältä
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa harkkopinnat on tasoitettava kauttaaltaan yhtenäiseksi
- pintabetonilaatan ja seinän välisen raon tiivistäminen voidaan tehdä myös rakenteen yläpintaan tiivistysjärjestelmää käyttäen

## Väestönsuojan katto – ympäröivät rakenteet, tiivistyskorjaus



MUOVINEN JALKALISTA TAI  
LATTIAPINNOITTEEN YLÖSNOSTO

TIIVISTYSJÄRJESTELMÄ



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa väestönsuojan päällä on kelluva betonilaatta ja ulko-/väliseinärakenteena kiviainespohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

### Toteutusohjeet:

- seinä- ja lattiapinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150–200 mm leveydeltä
- BETONISEINISSÄ seinäpinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- TIILISEINISSÄ, joissa sisäpinta on rapattu ja maalattu, EIJÄ maalipinta puhdistetaan huolellisesti tartunta-alustaksi, HUOM! myös nurkka-alueilta
- lattiapinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikista irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- alusta oikaistaan tiivistysjärjestelmään kuuluvalla tasoitteella
- tiivistysjärjestelmän asentaminen nurkkaliitosen järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan; tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä; käsittelykerat ja tiivistykseen tarkoitettujen liitosnauhojen asennus järjestelmätoimittajan ohjeen mukaan.
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa on otettava huomioon mahdollinen rakenneosien liikkuminen toistensa suhteen
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmativiiden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla, jotta tiivistyksiä ei rikota

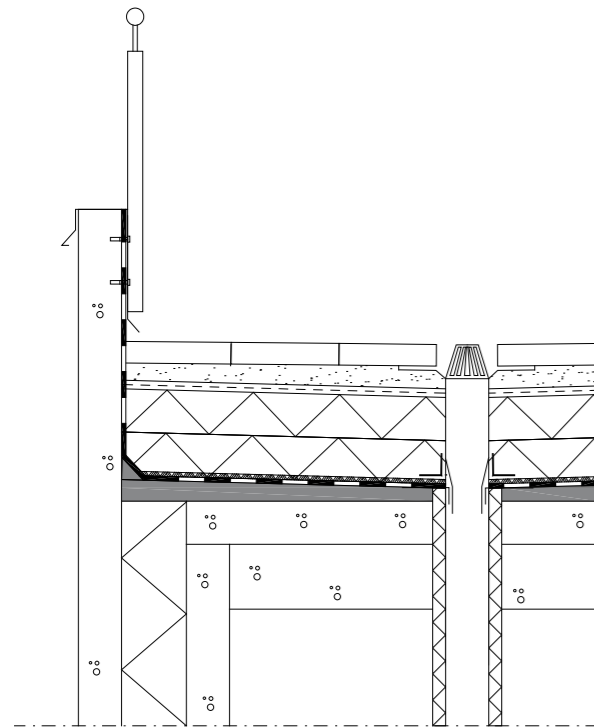
### Muuta:

- tiivistyskorjaus tehdään myös väliseinille ja pilareille, jotka lähtevät kantavan laatan päältä
- seinä- ja lattiarakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai vastaavalla tiivistyskorjauksella kuin lattia-seinäliitos
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa seinä on tasoitettava laatan yläpinnasta katonrajaan yhtenäiseksi
- pintabetonilaatan läpiviennit ja sähköasiat yms. tiivistetään järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan



## 5. ULKOTASO – ULKOSEINÄ

### Kattoterassi – kivirakenteinen ulkoseinä, uusiminen



#### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa liikennöity taso on toteutettu ns. käännetyinä rakenteena

#### Toteutusohjeet:

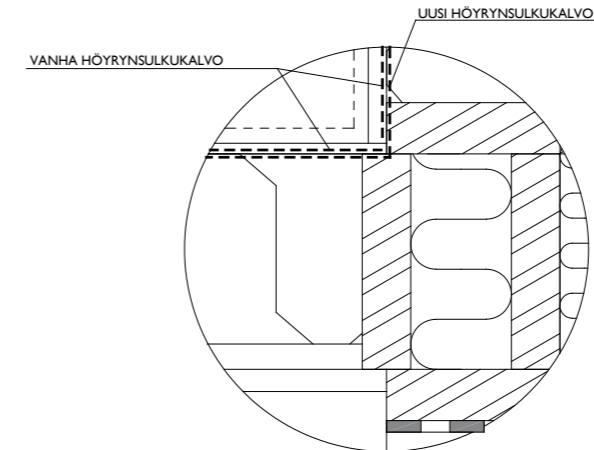
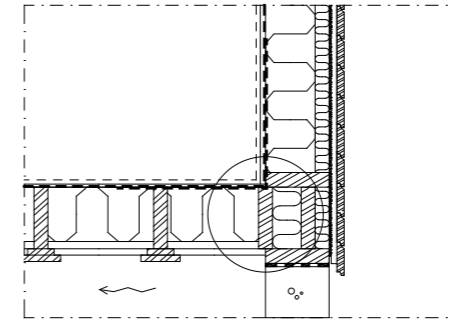
- vanhat rakennekerrokset puretaan kokonaisuudessaan kantavan betonilaatan yläpintaan saakka
- tarvittaessa kuivataan kastuneet rakenteet
- tarvittaessa laatan yläpinta karhennetaan, jotta uusi pintavalu tarttuu siihen
- kantavan laatan pintaan valetaan kallistusvalu, jonka avulla vedet ohjataan kattokaivoihin
- kallistusvalun kuivuttua päällystyskosteuteen, asennetaan uusi ns. käännetyin katon kaivo sekä vedeneristeet, ja ne nostetaan  $\geq 300$  mm valmiin pinnan yläpuolelle
- vedeneristeiden päälle asennetaan salaojamatto, joka mahdollistaa vedeneristeiden päällä kulkevan veden pääsyn kattokaivoon
- asennetaan kosteutta kestäviä ja hyvin vähän vettä imevät lämmöneristeet (pöntattu xps) paikoilleen
- lämmöneristeiden yläpintaan asennetaan suodatinkangas ja kattokaivon yläosa
- asennushiekan ja pintalaatoituksen asennus

#### Muuta:

- vedeneristeiden ylösnosto  $\geq 300$  mm valmiista pinnasta kaikkia pystyrakenteita vasten
- eräs luotettava tapa tehdä ulkoseinäliitos on esitetty julkaisussa RIL 255-1-2014 *Rakennusfysiikka 1, Rakennusfysiikallinen suunnittelu ja tutkimukset*

## 6. RYÖMINTÄTILAINEN ALAPOHJA – ULKOSEINÄ

### Puurakenteinen ryömintätilainen alapohja – puurakenteinen ulkoseinä, tiivistyskorjaus



#### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on puurakenteinen tuuletettu ryömintätilainen alapohja ja ulko-/väliseinärakenteena puuran-kaseinä
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa  $< 5$  mm

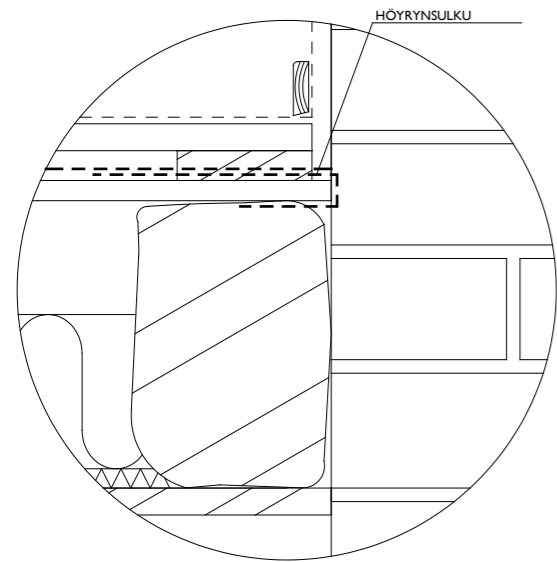
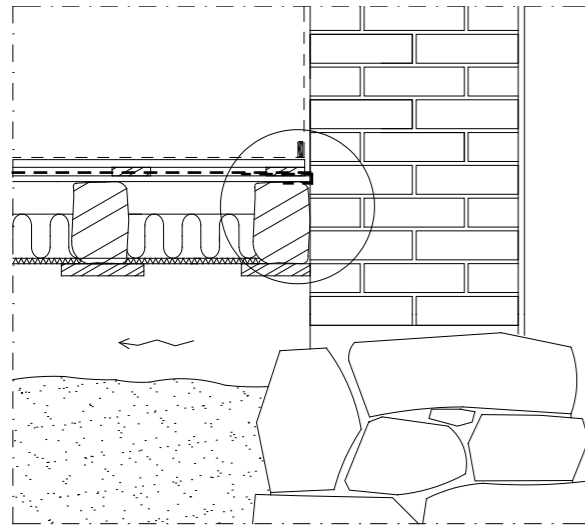
#### Toteutusohjeet:

- alapohja- ja seinärakenne avataan sisäpuolelta noin metrin levyiseltä kaistalta koko ulkoseinän matkalta; höyrynsulku EI saa rikkoa!
- höyrynsulku katkaistaan vaakasuunnassa alasidepuun puolivälistä ja käännetään ylös pois tieltä
- kastunut lämmöneristys ja vaurioituneet materiaalit poistetaan.
- tarvittaessa kuivataan kastuneet puurakenteet
- rakenteiden puhdistus imuroimalla
- lattiapalkkien kiinnitys ei-kantavaan seinään tarkastetaan ja tarvittaessa kiinnitetään naulaamalla; näin varmistetaan, että lattiavasa ei reuna-alueella taivu
- asennetaan vanhat kuivat ja tarvittaessa uudet lämmöneristeet paikoilleen
- asennetaan alapohja-seinäliitokseen uusi höyrynsulku siten, että se nostetaan seinälle noin 500 mm ja tuodaan saman verran lattiavasojen päälle.
- vanha höyrynsulku limitetään uuden päälle ja jatkokohdat teipataan
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmativiiden korjaukset
- asennetaan seinälevytys sekä lattian pintarakenteet paikoilleen
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla, jotta tiivistyksiä ei rikota tiiviyskokeiden suorittaminen ja tarvittavat korjaukset

#### Muuta:

- tiivistyskorjaus tehdään myös väliseinille, sähkörasioille ja läpivienneille
- tiivistyskorjattu liitos estää myös radonin pääsyn sisäilmaan

**Puurakenteinen ryömintätilainen alapohja – kivirakenteinen ulkoseinä, vaurioituneiden materiaalien poisto rakenteesta**



**Sovelluskohteet:**

- kohteet, joissa puurakenteinen on täytealapohja ja ulko-/väliseinärakenteena kiviainespohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

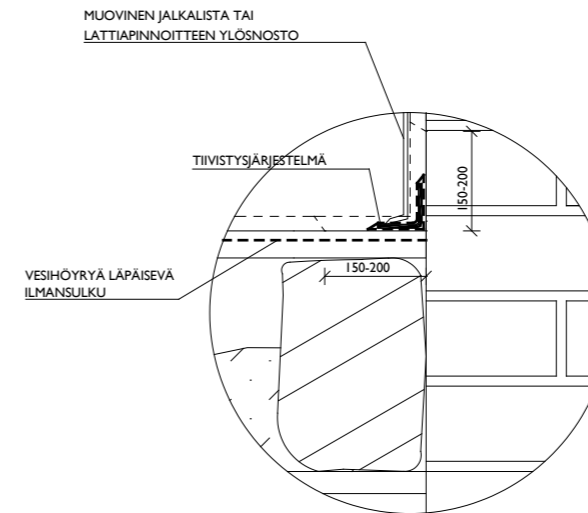
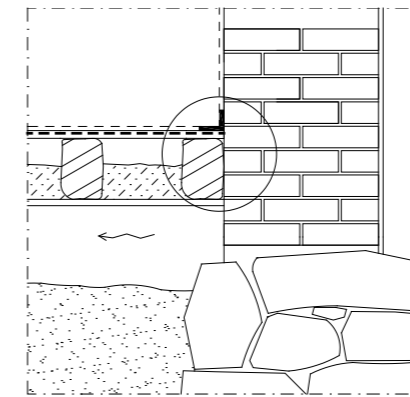
**Toteutusohjeet:**

- lattiarakenteet puretaan kantavia palkkeja lukuun ottamatta kokonaan
- lattiakannattajien pinnat puhdistetaan mekaanisesti ja imuroidaan kauttaaltaan, samoin seinäpinta purettavalta alueelta
- seinäpinta oikaistaan ja tasoitetaan tarvittaessa, jotta höyrynsulku voidaan liittää siihen tiiviisti
- tarvittaessa seinärakenne kuivatetaan ja vaurioituneet lattiakannattajat uusitaan/vahvistetaan
- lattiakannattajien alapintaan asennetaan laudat ja niiden päälle tuulensuojalevy
- lattiavasojen väliin asennetaan lämmöneristys
- lattiavasojen yläpintaan asennetaan levytys, jonka pintaan asennetaan höyrynsulkumuovi, reunat taitetaan levyn alle > 100 mm ja liitos puristetaan tiiviiksi ruuvaamalla; höyrynsulun jatkokset limitetään > 200 mm ja teipataan tiiviiksi
- höyrynsulun päälle asennetaan koolaus, esim. 22 x 100 mm<sup>2</sup>, k400, koolaus vähintään 10 mm irti seinistä
- koolauksen päälle levytys, joka jätetään 10 mm auki seinistä
- levyn päälle uusi lattiamateriaali
- jalkalistojen asennus siten, että ilma voi kiertää levytyksen alla

**Muuta:**

- korjaus tehdään myös väliseinien kohdalla
- seinärakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai tiivistyskorjauksella
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa seinä on tasoitettava laatan pinnasta katonrajaan yhtenäiseksi
- tiivis alapohja estää myös radonin pääsyn sisäilmaan

**Puurakenteinen ryömintätilainen alapohja – kivirakenteinen ulkoseinä, tiivistyskorjaus**



**Sovelluskohteet:**

- kohteet, joissa on puurakenteinen täytealapohja ja ulko-/väliseinärakenteena kiviainespohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

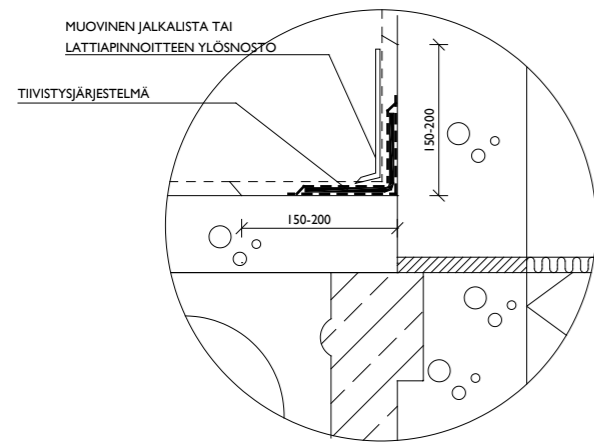
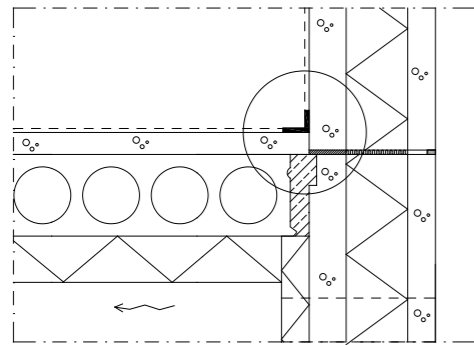
**Toteutusohjeet:**

- seinäpinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150–200 mm leveydeltä, lattiapinnoitteet poistetaan kokonaan vanhan lattiaaudoituksen tai -levytyksen pintaan saakka.
- BETONISEINISSÄ seinäpinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- TIILISEINISSÄ, joissa sisäpinta on rapattu ja maalattu, EIJÄ maalipinta puhdistetaan huolellisesti tartunta-alueeksi, HUOM! myös nurkka-alueilta
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla imurilla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- alusta oikaistaan tiivistysjärjestelmään kuuluvalla tasoitteella
- lattiaaudoituksen tai -levytyksen päälle asennetaan tiivistysjärjestelmään kuuluva ilmansulkukerros järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaan
- tiivistysjärjestelmä asennetaan nurkkaliitoksen järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan; tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä; käsittelykerat ja tiivistykseen tarkoitettujen liitosnauhojen asennus järjestelmätoimittajan ohjeen mukaan.
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa on otettava huomioon mahdollinen rakenneosien liikkuminen toistensa suhteen
- suoritetaan tiiviyskokeet ja tarvittavat ilmatiiviiden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla, jotta tiivistyksiä ei rikota

**Muuta:**

- tiivistyskorjaus tehdään myös väliseinille, sähkörasioille ja läpivienneille
- seinärakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai vastaavalla tiivistyskorjauksella kuin lattia-seinäliitos
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa seinä on tasoitettava laatan pinnasta katonrajaan yhtenäiseksi
- tiivistyskorjattu alapohja estää myös radonin pääsyn sisäilmaan

## Betonirakenteinen ryömintätilainen alapohja – kivirakenteinen ulkoseinä, tiivistyskorjaus



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on betonirakenteinen alapuolelta lämmöneristetty, tuuletettu alapohja ja ulko-/väliseinä-rakenteena kiviainespohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

### Toteutusohjeet:

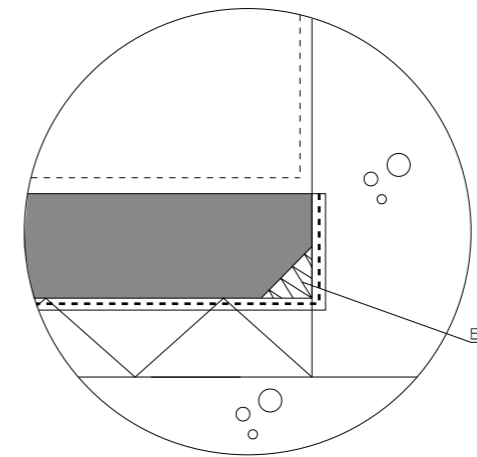
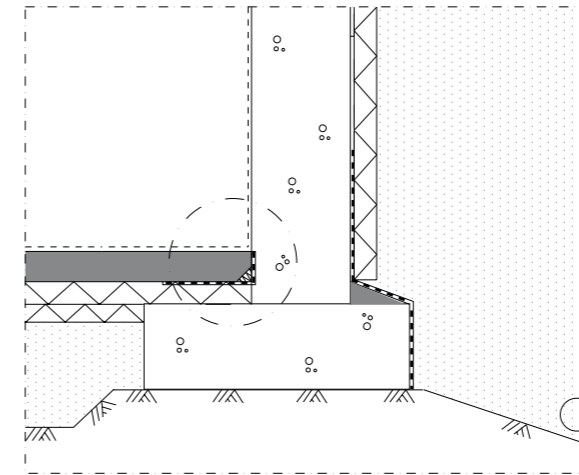
- seinä- ja lattiapinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150–200 mm leveydeltä
- BETONISEINISSÄ seinäpinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- TIILISEINISSÄ, joissa sisäpinta on rapattu ja maalattu, EIJÄ maalipinta puhdistetaan huolellisesti tartunta-alustaksi, HUOM! myös nurkka-alueilta
- lattiapinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- alusta oikaistaan tiivistysjärjestelmään kuuluvalla tasoitteella
- tiivistysjärjestelmän asentaminen nurkkaliitokseen järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan; tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä; käsittelykerat ja tiivistykseen tarkoitettujen liitosnauhojen asennus järjestelmätoimittajan ohjeen mukaan.
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa on otettava huomioon mahdollinen rakenneosien liikkuminen toistensa suhteen
- suoritetaan tiivisykokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla, jotta tiivistyksiä ei rikota

### Muuta:

- tiivistyskorjaus tehdään myös kantavien väliseinien ja pilareiden alapohjaliitoksiin sekä läpivienteihin
- seinä- ja lattiarakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai vastaavalla tiivistyskorjauksella kuin lattia-seinäliitos
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa seinä on tasoitettava laatan pinnasta katonrajaan yhtenäiseksi
- tiivistyskorjattu liitos estää myös radonin pääsyn sisäilmaan

## 7. MAANVASTAINEN SEINÄ – MAANVASTAINEN ALAPOHJA

### Betonirakenteinen alapohja – kivirakenteinen ulkoseinä, uusiminen



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on maanvarainen betonilaatta ja kellarin seinä on sisäpinnaltaan kiviainespohjaista materiaalia, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot; voidaan soveltaa myös kivirakenteisten väliseinien ja betonilaatan välisten liitosten tiivistämiseen.
- rakenteeseen tehdään myös ulkopuolinen veden- ja lämmöneristys (maanpaine poistetaan korjauksen ajaksi).

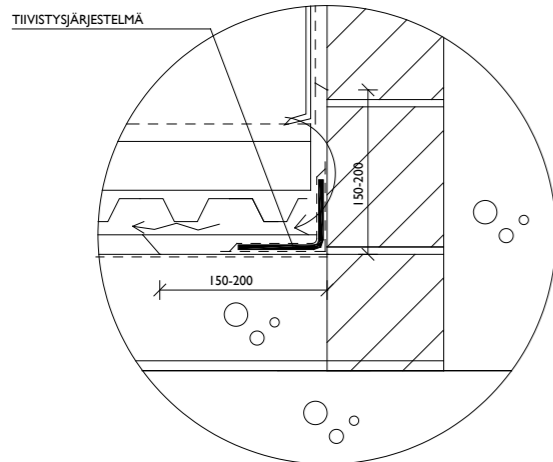
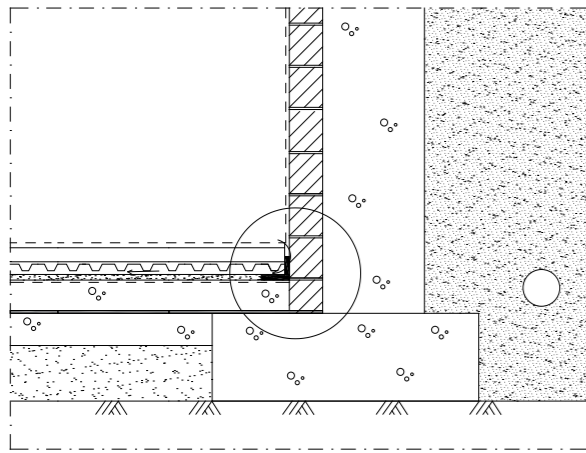
### Toteutusohjeet:

- kellarikerroksen seinän ulkopuolinen maa kaivetaan auki, jotta maanpaine ei kuormita rakennetta
- salaoituksen tarkastaminen ja tarvittaessa uusiminen
- vanha maanvarainen betonilaatta ja lämmöneristeet sekä sisäpuoliset seinärakenteet kantavaan rakenteeseen saakka puretaan kokonaisuudessaan
- tarvittaessa lattian alustäyttö vaihdetaan > 300 mm syvyydeltä kapillaarikatko sepeliin, alle suodatinkangas
- radonputkiston asennus alustäyttöön
- tarvittaessa (kevytsoraharkko) seinän sisäpinta oikaistaan suoraksi
- seinän alareunaan sisäpintaan asennetaan bitumikerrikaista radontitiivistykseksi
- kapillaarikatko-sepelin päälle asennetaan lämmöneristelevyt
- seinään kiinnitetty kermikaista käännetään lämmöneristelevyjen päälle
- betonilaatta raudoitetaan ja valetaan
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- lattiapinnan tasoitus ja viimeistely, kun lattia on kuivunut lattiapäällysteen asennuksen edellyttämään suhteelliseen kosteuteen

### Muuta:

- tiivistysrakenteet tehdään myös väliseinille ja pilareille, jotka ovat omilla anturoilla lattian alapuolella
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa harkkopinnat on tasoitettava kauttaaltaan yhtenäiseksi
- tiivit liitokset estävät myös radonin pääsyn sisäilmaan

## Betonirakenteinen alapohja – kivirakenteinen ulkoseinä, tuulettuva pintarakenne



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on maanvarainen betonilaatta ja kellarikerroksen seinä on sisäpinnaltaan kiviainespohjaista materiaalia, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot. voidaan soveltaa myös kivirakenteisten väliseinien ja betonilaatan välisten liitosten tiivistämiseen.
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

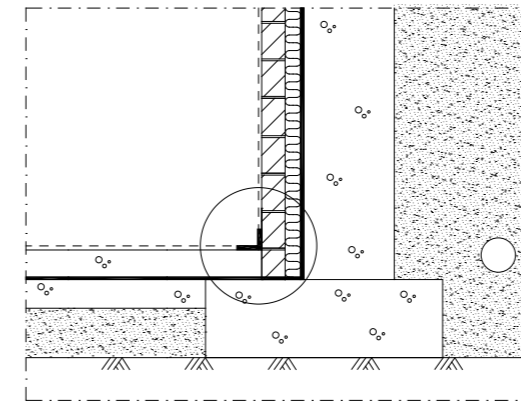
### Toteutusohjeet:

- vanhat pintarakenteet poistetaan betonipintaan saakka kauttaaltaan lattiasta
- seinäpinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150–200 mm korkeudelta
- BETONISEINISSÄ seinäpinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- TIILISEINISSÄ, joissa sisäpinta on rapattu ja maalattu, EHJÄ maalipinta puhdistetaan huolellisesti tartunta-alustaksi, HUOM! myös nurkka-alueilta
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- tarvittaessa betonilaatan ja seinärakenteen kuivatus
- tarvittaessa seinän alaosan ja lattian oikaisu tiivistysjärjestelmään kuuluvalla tasoitteella
- lattiapinnan tiivistysjärjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan
- tiivistysjärjestelmän asentaminen nurkkaliitokseen järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan; tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä; käsittelykerat järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaan.
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa on otettava huomioon mahdollinen rakenneosien liikkuminen toistensa suhteen
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- tiivistetyn alapohjan päälle asennetaan ura- tai nystyrälevy siten että se jää 10 mm auki seinistä
- ura- tai nystyrälevyn päälle tehdään uuden lattian kerrokset kuivina. lattiarakenteet jätetään vähintään 10 mm auki seinistä
- asennetaan jalkalistat siten, että ura- tai nystyrälevyn alta on mahdollista vaihtaa ilmaa

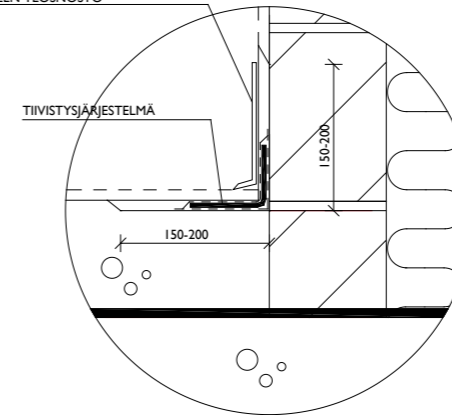
### Muuta:

- tiivistysrakenteet tehdään myös väliseinille ja läpiviennille
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa harkkopinnat on tasoitettava kauttaaltaan yhtenäiseksi
- ura- tai nystyrälevyn alta vaihdettava ilma on johdettava ulos

## Betonirakenteinen alapohja – kivirakenteinen ulkoseinä, tiivistyskorjaus



MUOVINEN JALKALISTA TAI  
LATTIAPINNOITTEEN YLÖSNOSTO



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on maanvarainen betonilaatta ja kellarin seinä on sisäpinnaltaan kiviainespohjaista materiaalia, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot; voidaan soveltaa myös kivirakenteisten väliseinien ja betonilaatan välisten liitosten tiivistämiseen
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

### Toteutusohjeet:

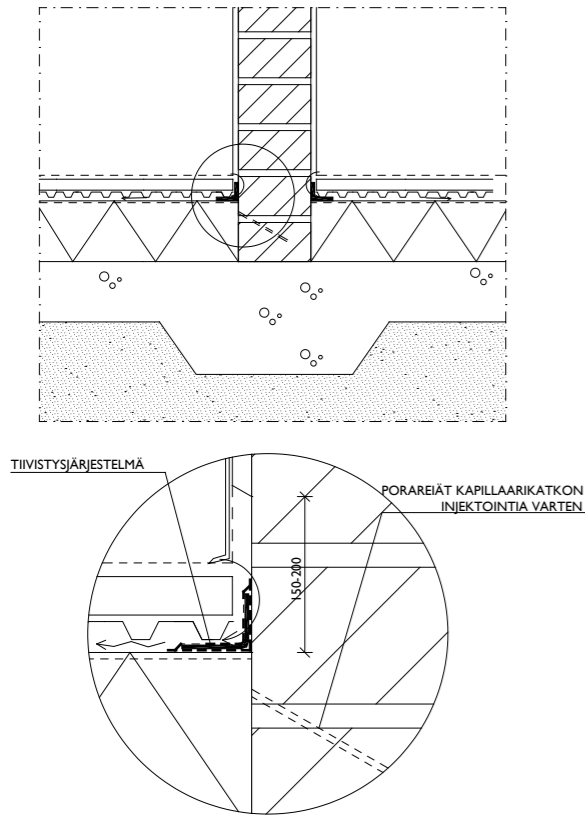
- seinä- ja lattiapinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150-200 mm leveydeltä
- BETONISEINISSÄ seinäpinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- TIILISEINISSÄ, joissa sisäpinta on rapattu ja maalattu, EHJÄ maalipinta puhdistetaan huolellisesti tartunta-alustaksi, HUOM! myös nurkka-alueilta
- lattiapinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- alusta oikaistaan tiivistysjärjestelmään kuuluvalla tasoitteella
- tiivistysjärjestelmän asentaminen nurkkaliitokseen järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan; tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä; käsittelykerat ja tiivistykseen tarkoitettujen liitosnauhojen asennus järjestelmätoimittajan ohjeen mukaan.
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa on otettava huomioon mahdollinen rakenneosien liikkuminen toistensa suhteen
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla, jotta tiivistyksiä ei rikota

### Muuta:

- tiivistyskorjaus tehdään myös väliseinille, sähkörasioille ja läpiviennille
- seinä- ja lattiarakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektioimalla tai vastaavalla tiivistyskorjauksella kuin lattia-seinäliitos
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa seinä on tasoitettava laatan pinnasta katonrajaan yhtenäiseksi
- tiivistyskorjattu liitos estää myös radonin pääsyn sisäilmaan

## 8. MAANVASTAINEN ALAPOHJA – VÄLISEINÄ

### Betonirakenteinen maanvastainen alapohja – kivirakenteinen väliseinä, pintalaatan uusiminen



#### Sovelluskohteet:

- Kohteet, joissa on maanvarainen kaksoisbetonilaatta ja pohjalaatan päältä lähtevä väliseinä on sisäpinnaltaan kiviainespohjaista materiaalia, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot.

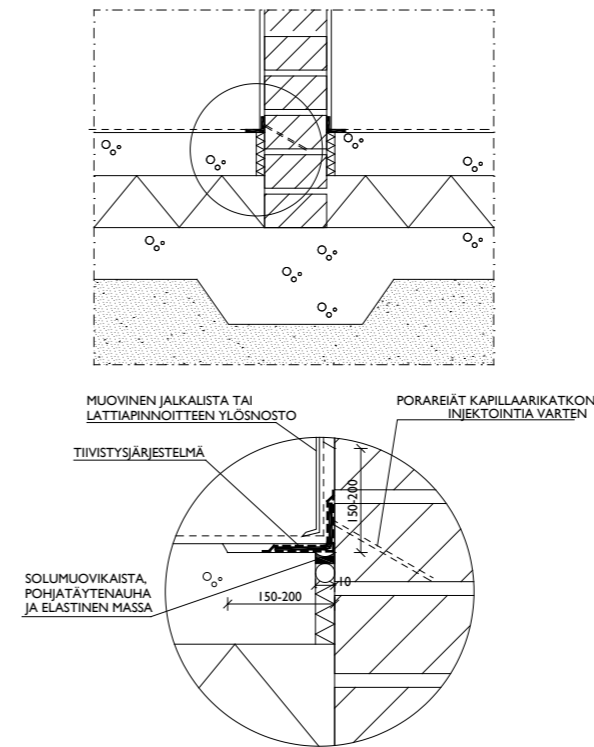
#### Toteutusohjeet:

- Vanha pintabetonilaatta ja lämmöneristeet puretaan kokonaisuudessaan
- Tarvittaessa alalaatan ja seinärakenteen kuivatus
- Tarvittaessa kapillaarikatkoinjektointireikien poraus ja injektointi väliseinän alaosaan
- Vanhan lattiapinnan alapuoliset seinäpinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella tiili- tai betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- Pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- Alusta oikaistaan märkätilatasoitteella
- uuden lämmöneristekerroksen asennus pohjalaatan päälle, saumojen tiivistys polyuretaanivaahdolla ja yläpinnan teippauksella
- tiivistysjärjestelmän asentaminen väliseinän ja lämmöneristeet liitokseen järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan; tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä; käsittelykerrat järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaan.
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviiden korjaukset
- lämmöneristeen päälle asennetaan ura- tai nystyrälevy siten, että se jää 10 mm auki seinistä
- ura- tai nystyrälevyn päälle tehdään uuden lattian kerrokset kuivina. lattiarakenteet jätetään vähintään 10 mm auki seinistä
- asennetaan jalkalistat siten, että ura- tai nystyrälevyn alta on mahdollista vaihtaa ilmaa

#### Muuta:

- tiivistysrakenteet tehdään myös ulkoseinille ja pilareille sekä läpiviennille
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa harkkopinnat on tasoitettava kauttaaltaan yhtenäiseksi
- ura- tai nystyrälevyn alta vaihdettava ilma on johdettava ulos

### Betonirakenteinen maanvastainen alapohja – kivirakenteinen väliseinä, tiivistyskorjaus



#### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on maanvarainen kaksoisbetonilaatta ja pohjalaatan päältä lähtevä väliseinä on sisäpinnaltaan kiviainespohjaista materiaalia, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot.
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

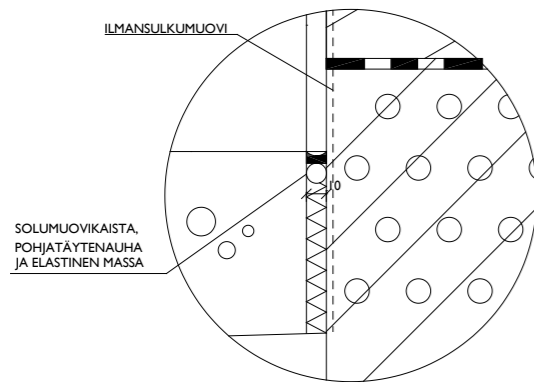
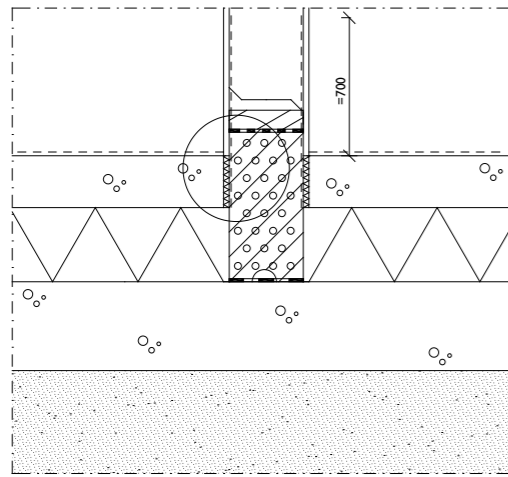
#### Toteutusohjeet:

- seinä- ja lattiapinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150–200 mm leveydeltä
- BETONISEINISSÄ seinäpinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- TIILISEINISSÄ, joissa sisäpinta on rapattu ja maalattu, EHJÄ maalipinta puhdistetaan huolellisesti tartuntaalustaksi, HUOM! myös nurkka-alueilta
- pintalaatan ja seinän välisestä raosta poistetaan vanha materiaali
- tarvittaessa kapillaarikatkoinjektointireikien poraus ja injektointi väliseinään
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- alustan oikaisu tiivistysjärjestelmään kuuluvalla tasoitteella
- pintalaatan ja seinän välisen raon tiivistäminen, esim. pohjatäyttenauha + elastinen saumamassa, tarvittaessa tartuntapintojen primerointi
- tiivistysjärjestelmän asentaminen nurkkaliitokseen järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan; tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä; käsittelykerrat ja tiivistykseen tarkoitettujen liitosnauhojen asennus järjestelmätoimittajan ohjeen mukaan.
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa on otettava huomioon mahdollinen rakenneosien liikkuminen toistensa suhteen
- suoritetaan tiiviyskokeet ja tarvittavat ilmatiiviiden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla, jotta tiivistyksiä ei rikota

#### Muuta:

- tiivistyskorjaus tehdään myös ulkoseinille ja pilareille sekä läpiviennille
- seinä- ja lattiarakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektioimalla tai vastaavalla tiivistyskorjauksella kuin lattia-seinäliitos
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa seinä on tasoitettava kauttaaltaan yläpinnasta katonrajaan yhtenäiseksi

## Betonirakenteinen alapohja – puurakenteinen kantava väliseinä



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa maanvarainen on kaksoisbetonilaatta ja pohjalaatan päältä lähtevä kantava väliseinä on puurakenteinen
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

### Toteutusohjeet:

- seinän levytys poistetaan tarpeen mukaan, mutta kuitenkin vähintään noin 700 mm korkeudelle; HUOM! mahdollista ilmansulkukalvoa EI saa rikkoa!
- ilmansulku irrotetaan seinätolpista ja nostetaan työaikaisesti ylös ja lämmöneristeet poistetaan seinän alaosalta
- seinätolpat tuetaan tolppiin asennettavalla palkilla, jonka avulla pystykuormat siirretään joko betonilaatalle tai vain osalle pystytolpista; pystytukien asennus ja tolppien tarvittava vahvistus
- runkotolpat katkaistaan noin 150 mm lattian yläpinnan yläpuolelta (kuitenkin niin ylhäältä, että uudet rakenteet on mahdollista rakentaa) ja vanha alasidepuu poistetaan
- kaikki vaurioitunut ja irtonainen materiaali poistetaan rakenteen sisältä. Vanha pikisively/huopa voi sisältää haitta-aineita ja mikrobeja, mikä vaikuttaa käytettävään purkutapaan.
- pinnat puhdistetaan mekaanisesti esim. teräsharjalla. puhdistamisen jälkeen korjattava kohta imuroidaan
- tarvittaessa betonirakenteen kuivattaminen (RH < 85 %) ennen mekaanista puhdistusta
- bitumikermikaista liimataan alalaatan yläpintaan
- kevytsoraharkot asennetaan paikoilleen tiiviisti toisiaan vasten; noin joka kolmanteen kevytsoraharkon saumaan alalaattaan asennetaan ruostumaton sisäkierrehylsy ja kierretanko, kierteen halkaisija 8–10 mm.
- kevytsoraharkkojen välit muurataan täyteen muurauslaastilla
- kevytsoraharkon sisäpinta tasoitetaan ilmanpitäväksi kuitulaastilla betonilaatan yläpintaan asti, kun muuraus on kuivunut
- kevytsoraharkon yläpintaan asennetaan bitumikermikaista sekä alasidepuu; alasidepuu kiristetään harkkoja vasten muttereilla, joiden alla on leveät aluslevyt.
- lyhennetyt runkotolpat kiilataan tiukasti alasidepuuta vasten; tolppien alapäiden ja kiilojen kiinnitys kulmaudoin alasidepuuhun.
- seinien tilapäinen tuenta poistetaan, jolloin kuormitus siirtyy uusitulle rakenteelle; tuentaa siirretään ja tehdään vastaavat toimenpiteen seuraavalle seinän osalle
- tarvittaessa uusi ilmansulku (muovikalvo) asennetaan koko avauksen kohdalle ja alareuna viedään betonilaatan alapinnan alapuolelle; vanha ylös nostettu ilman-

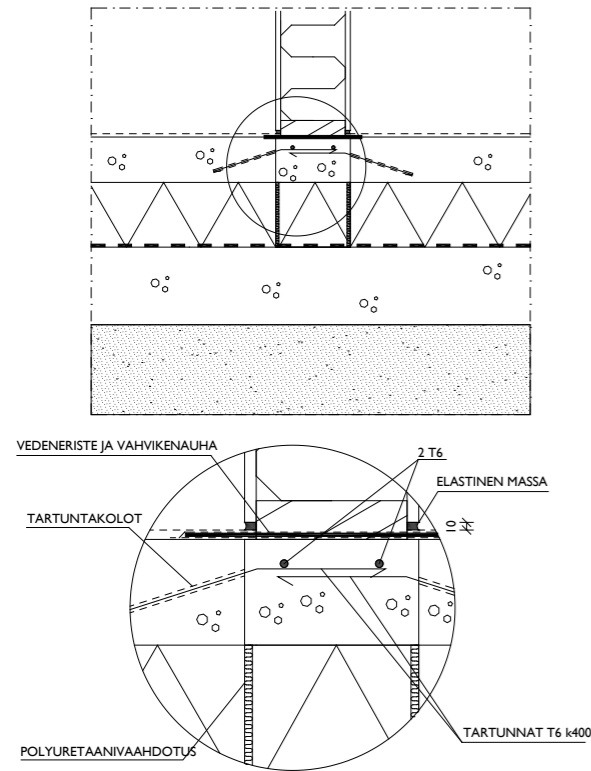
sulku tuodaan uuden päälle ja liitoskohdat teipataan tiiviisti.

- maanvaraisen laatan ja seinän välinen rako tiivistetään elastisella saumamassalla; massan alle tulevalla pohjatäytenauhalla kiristetään ilmansulku betonilaatan ja kevytsoraharkon väliin
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- asennetaan uusi seinälevy paikoilleen, tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla, jotta tiivistyksiä ei rikota

### Muuta:

- lattian ja harkkokorotuksen välinen liitos tiivistetään seinän molemmin puolin
- lattiarakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai tiivistyskorjauksella
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tasoitus on tehtävä yhtenäiseksi betonilaatan yläpinnasta lähtien
- betonilaatan ja kevytsoraharkkokorotuksen väliseen tiivistämiseen voidaan tarvittaessa soveltaa tiivistyskorjausta, ks. kohta Betonivälipohja – kivirakenteinen ulkoseinä, betonisen kaksoislaattapalkiston tiivistyskorjaus, jos korjaukselta vaaditaan erityistä varmuutta

## Betonirakenteinen alapohja – puurakenteinen ei-kantava väliseinä



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on maanvarainen kaksoisbetonilaatta ja pohjalaatan päältä lähtevä ei-kantava väliseinä on puurakenteinen

### Toteutusohjeet:

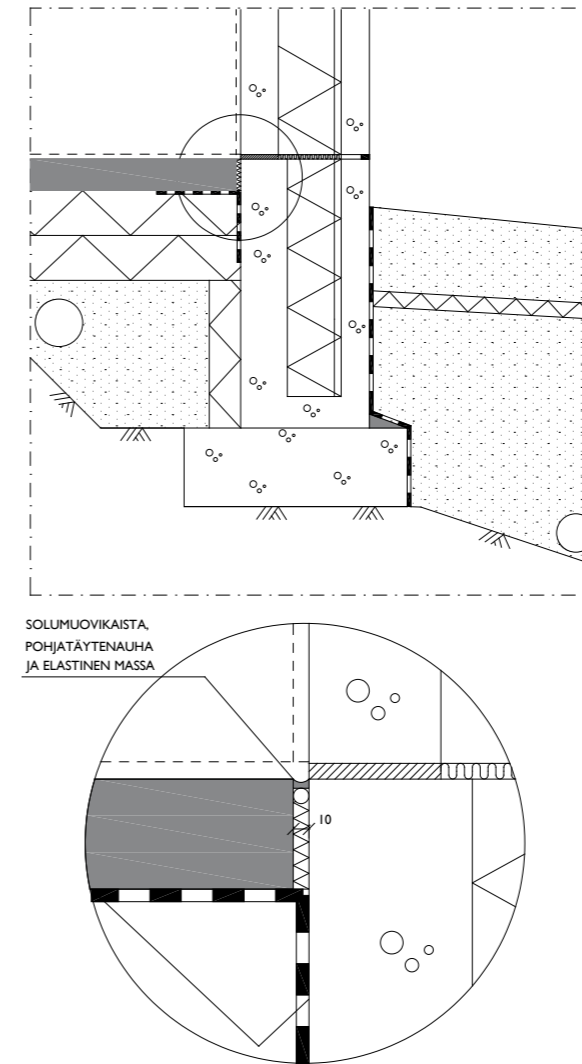
- vanha väliseinä puretaan kokonaisuudessaan
- kaikki vaurioitunut ja irtonainen materiaali poistetaan rakenteen sisältä; vanha pikisively/huopa voi sisältää haitta-aineita ja mikrobeja, mikä vaikuttaa käytettävään purkutapaan.
- pinnat puhdistetaan mekaanisesti esim. teräsharjalla, jotta kaikki puuaines saadaan pois; puhdistamisen jälkeen tila imuroidaan
- tarvittaessa betonirakenteen kuivattaminen (RH < 85 %) ennen mekaanista puhdistusta
- porataan reiät tartuntoja varten pintabetonilaatan reunoihin
- lattiapinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150–200 mm leveydeltä
- betonipinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnalle, HUOM! myös nurkka-alueilta
- asennetaan uusi lämmöneriste pohjalaatan pintaan; eriste asennetaan tiiviisti vanhoja eristeitä vasten, tarvittaessa tiivistys polyuretaanivaahdolla
- juotetaan tartunnat T6k400 laatan reunoissa oleviin tartuntakoloihin
- asennetaan pituussuuntaiset raudoitettangot 2 T6 kiinni tartuntoihin
- valetaan kolo lattian tasoon
- betonin kuivuttua tiivistysjärjestelmän asentaminen vanhan laatan ja uuden valun liitosten yli järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan; tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä; käsittelykerat järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaan.
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa otettava huomioon mahdollinen rakenneseosien liikkuminen toistensa suhteen
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- uuden seinärakenteen tekeminen
- pintojen tasoitus ja viimeistely

### Muuta:

- lattiarakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai tiivistyskorjauksella

## 9. SOKKELI –ALAPOHJA

### Kivirakenteinen sokkeli – maanvastainen betonialapohja, alapohjan uusiminen



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on maanvarainen betonilaatta ja ulko-/väliseinä rakenteena kiviaines pohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

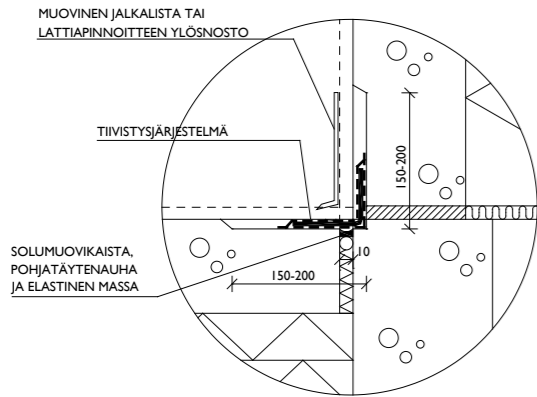
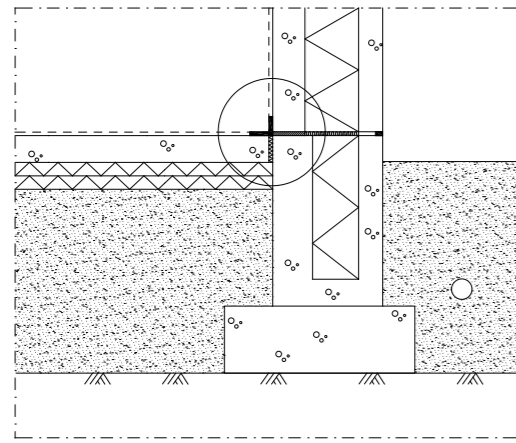
### Toteutusohjeet:

- vanha maanvarainen betonilaatta ja lämmöneristeet puretaan kokonaisuudessaan
- tarvittaessa lattian alustäyttö vaihdetaan > 300 mm syvyydeltä kapillaarikatko sepeliin, alle suodatinkangas radonputkiston asennus alustäyttöön
- sokkelin vierus kaivetaan sisäpuolelta auki ja sokkelpinta puhdistetaan
- tarvittaessa (kevytsoraharkko) sokkelin sisäpinta oikaistaan suoraksi
- sokkelin sisäpintaan asennetaan bitumikermikaista radontitiivistykseksi
- sokkelin sisäpintaan asennetaan solumuovinen lämmöneriste pystyyn
- kapillaarikatkosepelin päälle asennetaan lämmöneristelevyt
- sokkeliin kiinnitetty kermikaista käännetään lämmöneristelevyjen päälle
- betonilaatta raudoitetaan ja valetaan
- maanvaraisen laatan ja seinän välisen raon tiivistäminen, esim. solumuovikaista, pohjatäytenauha + elastinen saumamassa, tarvittaessa tartuntapintojen primointi
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- lattiapinnan tasoitus ja viimeistely, kun lattia on kuivunut lattiapäilysteen asennuksen edellyttämään suhteelliseen kosteuteen

### Muuta:

- tiivistysrakenteet tehdään myös väliseinille ja pilareille, jotka ovat omilla anturoilla lattian alapuolella
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa harkkopinnat on tasoitettava kauttaaltaan yhtenäiseksi
- tiivit liitokset estävät myös radonin pääsyn sisäilmaan

## Kivirakenteinen sokkeli – maanvastainen betonialapohja, tiivistyskorjaus



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on maanvarainen betonilaatta ja ulko-/väliseinärakenteena kiviainespohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

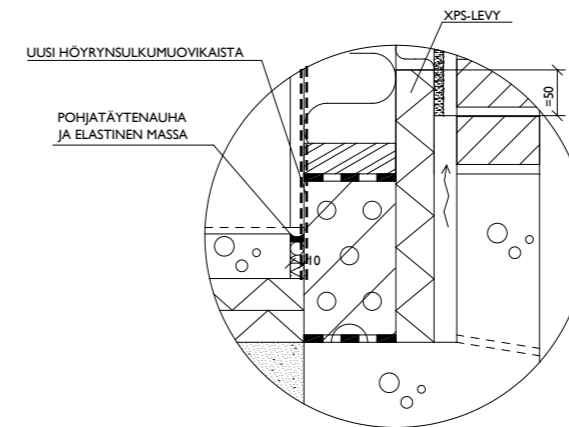
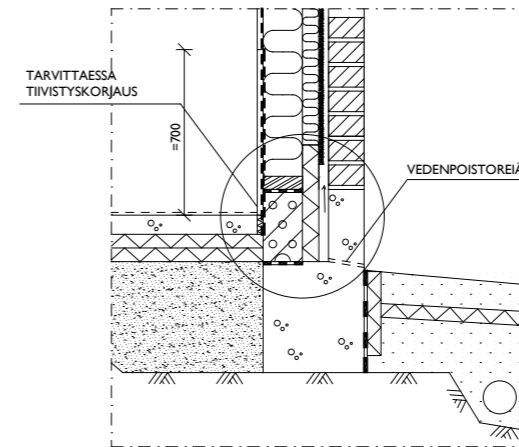
### Toteutusohjeet:

- seinä- ja lattiapinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150–200 mm leveydeltä
- pinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella tiili- tai betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- maanvaraisen laatan ja sokkelin välisestä raosta poistetaan vanha materiaali
- BETONISEINISSÄ seinäpinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- TIILISEINISSÄ, joissa sisäpinta on rapattu ja maalattu, EHJÄ maalipinta puhdistetaan huolellisesti tartunta-alustaksi, HUOM! myös nurkka-alueilta
- betonilaatan pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- alusta oikaistaan tiivistysjärjestelmään kuuluvalla tasoitteella
- maanvaraisen laatan ja seinän välisen raon tiivistäminen, esim. pohjatäytenauha + elastinen saumamassa, tarvittaessa tartuntapintojen primerointi
- tiivistysjärjestelmän asentaminen nurkkaliitokseen järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan.; tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä; käsittelykerat järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaan.
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa on otettava huomioon mahdollinen rakenneosien liikkuminen toistensa suhteen
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla, jotta tiivistyksiä ei rikota

### Muuta:

- tiivistyskorjaus tehdään myös väliseinille ja pilareille, joilla on omat perustukset sekä läpivienneille
- seinä- ja lattiarakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai vastaavalla tiivistyskorjauksella kuin lattia-seinäliitos
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa seinä on tasoitettava laatan pinnasta katonrajaan yhtenäiseksi
- tiivistyskorjattu liitos estää myös radonin pääsyn sisäilmaan

## Puurunkoinen seinä ja valesokkeli – maanvastainen betonialapohja, perusteellinen korjaus



### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on maanvarainen betonilaatta ja seinärakenteena puurunkoinen ulkoseinä valesokkelissa
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

### Toteutusohjeet:

- seinän levytys poistetaan tarpeen mukaan, mutta kuitenkin vähintään noin 700 mm korkeudelle; HUOM! höyrynsulkukalvoa EI saa rikkoa!
- höyrynsulku irrotetaan seinätolpista ja nostetaan työaikaisesti ylös ja lämmöneristeet poistetaan seinän alasasta
- seinätolpat tuetaan tolppiin asennettavalla palkilla, jonka avulla pystykuormat siirretään joko betonilaatalle tai vain osalle pystytolpista; pystytukien asennus ja tolppien tarvittava vahvistus
- runkotolpat katkaistaan noin 150 mm lattian yläpinnan yläpuolelta (kuitenkin niin ylhäältä, että uudet rakenteet on mahdollista rakentaa) ja vanha alasidepuu poistetaan
- kaikki vaurioitunut ja irtonainen materiaali poistetaan rakenteen sisältä. Vanha pikisively/huopa voi sisältää haitta-aineita ja mikrobeja, mikä vaikuttaa käytettävään purkutapaan
- sokkelin ulkokuoreen porataan vedenpoistoreiät
- pinnat puhdistetaan mekaanisesti esim. teräsharjalla; puhdistamisen jälkeen korjattava alue imuroidaan.
- tarvittaessa betonirakenteen kuivattaminen (rh < 85 %) ennen mekaanista puhdistusta.
- bitumikermikaista liimataan betonirakenteen pintaan
- uusi lämmöneriste asennetaan liimalla ja lämmöneristelevystä tehtyjen kiilapalojen avulla paikoilleen sokkelin ulkokuoren sisäpintaa vasten sekä yläreunasta tiiviisti ulkopuolen mineraalivillaa vasten siten, että tuulensuojalevy ja lämmöneriste limittyvät vähintään 50 mm; lämmöneristelevystä tehdyt kiilapalat muodostavat ilmapälin sokkelin ulkokuoren ja lämmöneristelevyn väliin
- kevytsoraharkot asennetaan paikoilleen tiiviisti lämmöneristettä ja toisiaan vasten; noin joka kolmanteen kevytsoraharkon saumakohdasta betonisokkeliin asennetaan ruostumaton sisäkierrehylsy ja kierretanko, kierteen halkaisija 8–10 mm.
- kevytsoraharkkojen välit muurataan täyteen muurauslaastilla.
- kevytsoraharkon sisäpinta tasoitetaan ilmanpitäväksi kuitulaastilla betonilaatan alapintaan asti, kun muuraus on kuivunut.

*jatkuu*



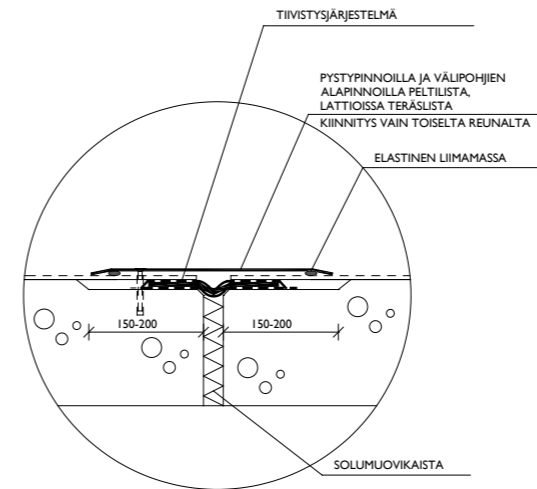
- kevytsoraharkon yläpintaan asennetaan bitumikermitsestä sekä alasidepuu; alasidepuu kiristetään harkkoja vasten muttereilla, joiden alla on leveät aluslevyt.
- lyhennetyt runkotolpat kiilataan tiukasti alasidepuuta vasten. tolppien alapäiden ja kiilojen kiinnitys kulmaudoin alasidepuuhun.
- seinien tilapäinen tuenta poistetaan, jolloin kuormitus siirtyy uusitulle rakenteelle; tuentaa siirretään ja tehdään vastaavat toimenpiteen seuraavalle seinän osalle.
- uusi höyrynsulku asennetaan koko avauksen kohdalle ja alareuna viedään betonilaatan alapinnan tasoon; vanha ylös nostettu höyrynsulku tuodaan uuden päälle ja liitoskohdat teipataan tiiviisti.
- maanvaraisen laatan ja seinän välinen rako tiivistetään elastisella saumamassalla; massan alle tulevalla pohjatäytenauhalla kiristetään höyrynsulku betonilaatan ja kevytsoraharkon väliin.
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviiden korjaukset
- asennetaan uusi seinälevy paikoilleen, tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla, jotta tiivistyksiä ei rikota

#### Muuta:

- lattiarakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai tiivistyskorjauksella
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tasoitus on tehtävä yhtenäiseksi betonilaatan alapinnasta lähtien
- betonilaatan ja kevytsoraharkkorotuksen väliseen tiivistämiseen voidaan tarvittaessa soveltaa tiivistyskorjausta, ks. kohta Betonivälipohja – kivirakenteinen ulkoseinä, betonisen kaksoislaattapalkiston tiivistyskorjaus, jos korjaukselta vaaditaan erityistä varmuutta
- tiivistyskorjattu liitos estää myös radonin pääsyn sisäilmaan

## 10. LIIKUNTASAUMAT, KAIKKI RAKENNUSOSAT

### Liikuntasauaman tiivistys



#### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on rakenteellinen liikuntasauama kiviainespohjaisten materiaalien välillä, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevytbetoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat kohtuullisen pieniä, luokkaa < 10 mm

#### Toteutusohjeet:

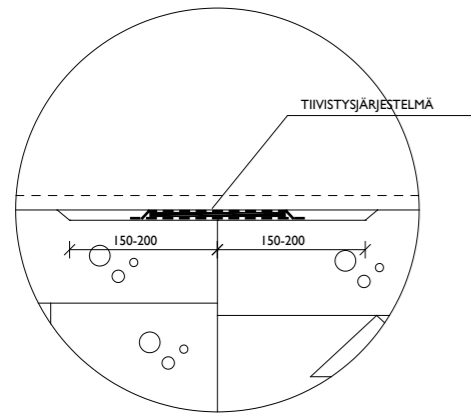
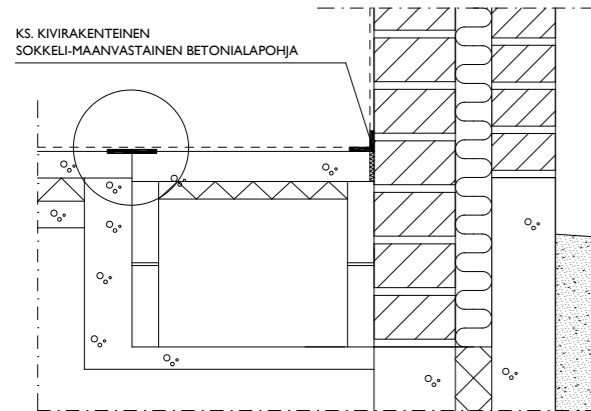
- seinä-, lattia- ja kattopinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150–200 mm leveydeltä 5–10 mm syvyydelle käytävästä tiivistysjärjestelmästä riippuen
- liikuntasauamasta poistetaan vanha vaurioitunut materiaali
- BETONIRAKENTEISSA seinäpinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- TIILISEINISSÄ, joissa sisäpinta on rapattu ja maalattu, EIJÄ maalipinta puhdistetaan huolellisesti tartuntaalustaksi, HUOM! myös nurkka-alueilta
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- alusta oikaistaan tiivistysjärjestelmään kuuluvalla tasotteella
- liikuntasauaman rako täytetään, esim. solumuovilla tai pohjatäytenauha + elastinen saumamassa, tarvittaessa tartuntapintojen primerointi
- tiivistysjärjestelmä asennetaan liikuntasaumaan järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan. tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivelläin vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivelläin vedeneristysjärjestelmällä. käsittelykerat järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaan.
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa on otettava huomioon rakenneseosien liikkuminen toistensa suhteen, joten vahvike painetaan noin 5–10 mm ”pussille”, jotta se sallii liikuntasaumaan kohdistuvat liikkeet
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviiden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- tiivistykset suojataan joko pohjatäytenauhalla ja pintaan tehtävällä elastisella saumauksella tai liikuntasauaman peittäminen esim. pellillä tai edellisten yhdistelmällä
- mekaanisen suojan mekaaninen kiinnitys vain toiselta reunalta, jotta liikkeet mahdollistuvat

#### Muuta:

- tiivistyskorjaus tehdään kaikkiin liikuntasaumoihiin
- seinä- ja lattiarakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai vastaavalla tiivistyskorjauksella kuin liikuntasauma
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa seinä on tasoitettava laatan pinnasta katonrajaan yhtenäiseksi
- tiivistyskorjattu sauma estää alapohjissa myös radonin pääsyn sisäilmaan

## 11. PUTKIKANAALIT

### Betonirakenteisen alapohjan alapuolinen putkikanaali, tiivistyskorjaus



#### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa maanvaraiseen betonilaattaan liittyy putkikanaali
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

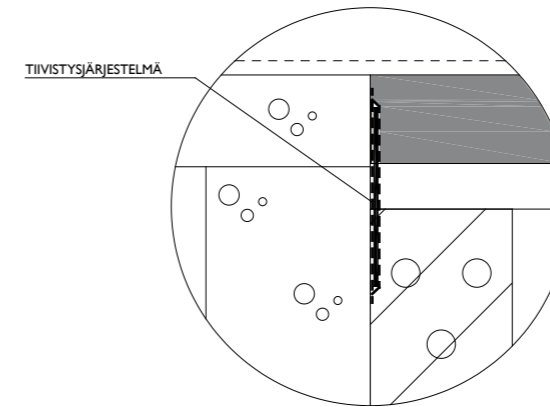
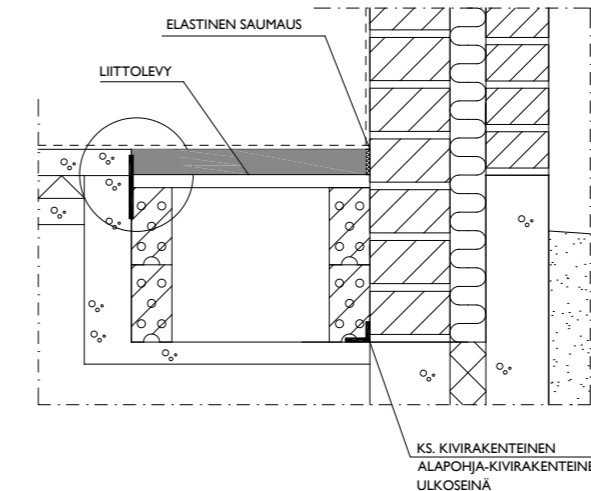
#### Toteutusohjeet:

- seinä- ja lattiapinnoitteet poistetaan liitosalueelta noin 150–200 mm leveydeltä
- seinän ja lattian välisestä liitoksesta poistetaan vanha materiaali
- BETONISEINISSÄ ja -lattiaissa pinnat hiotaan timanttikuppilaikalla ja pölynpoistolaitteistolla varustetulla timanttihiomakoneella betonipinnoille, HUOM! myös nurkka-alueilta
- TIILISEINISSÄ, joissa sisäpinta on rapattu ja maalattu, EIJÄ maalipinta puhdistetaan huolellisesti tartunta-alustaksi, HUOM! myös nurkka-alueilta
- pinnat puhdistetaan huolellisesti imuroimalla kaikesta irtonaaisesta liasta ja pölystä ja varmistetaan alustan lujuudesta ja suoruudesta
- alusta oikaistaan tiivistysjärjestelmään kuuluvalla tasoitteella
- tarvittaessa maanvaraisen laatan ja seinän välisen raon tiivistäminen, esim. pohjatäytenauha + elastinen saumamassa, tarvittaessa tartuntapintojen primerointi
- tiivistysjärjestelmän asentaminen nurkkaliitokseen järjestelmätoimittajan ohjeistuksen mukaan. tyypillisesti näissä käytetään tiivistykseen tarkoitettuja liitosnauhoja tai vaihtoehtoisesti sivellään vedeneriste, minkä jälkeen märkään pintaan painetaan nurkkavahvikekankaat ja pinta sivellään vedeneristysjärjestelmällä. käsittelykerat järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaan.
- tiivistysjärjestelmän asennuksessa on otettava huomioon mahdollinen rakenneosien liikkuminen toistensa suhteen
- suoritetaan merkkiainekokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat
- listat kiinnitetään liimaamalla, jotta tiivistyksiä ei rikota

#### Muuta:

- tiivistyskorjaus tehdään kaikkiin putkikanaalin ja lattian liitoskohtiin
- seinä- ja lattiarakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai vastaavalla tiivistyskorjauksella kuin lattia-seinäliitos
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa seinä on tasoitettava laatan pinnasta katonrajaan yhtenäiseksi
- putkikanaali alipaineistetaan koneellisesti huonetiloihin nähden

### Betonirakenteisen alapohjan alapuolinen putkikanaali, perusteellinen korjaus



#### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa maanvaraiseen betonilaattaan liittyy putkikanaalin seinärakenteena kiviainespohjaiset materiaalit, kuten betoni, tiili sekä kevytsora- ja kevyt-betoniharkot
- rakenteiden liikkeet toisiinsa nähden ovat hyvin pieniä, luokkaa < 5 mm

#### Toteutusohjeet:

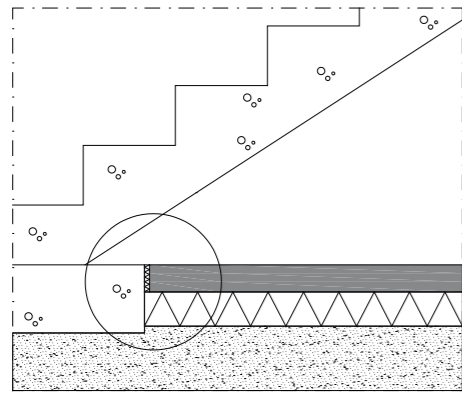
- vanha betonilaatta puretaan kokonaisuudessaan
- putkikanaali tyhjenetään kaikesta materiaalista, myös putkistoista (putkistojen eristeet saattavat sisältää asbestia)
- pinnat puhdistetaan mekaanisesti hiekkapuhaltamalla tai liekittämällä nestekaasupolttimella. lopuksi pinnat imuroidaan
- tarvittaessa seinärakenne ja säilytettävä kanaalin betonirakenne kuivatetaan
- putkikanaalin pohjalaatan ja seinärakenteen välisen liitoksen sekä pintalaatan ja putkikanaalin liitoksen tiivistäminen tiivistyskorjauksella, ks. kohta betonivälipohja-kivirakenteinen ulkoseinä, betonisen kaksoislaattapalkiston tiivistyskorjaus
- kotelopinnat maalataan kauttaaltaan (pölynsidontakäsittely)
- kevytsoraharkkomuuraukset tehdään kanaalin reunoille
- putkien ja sähköjohtojen asennus paikoilleen
- uusi lattiarakenne tehdään teräksisen liittolevyn päälle liittolaattana, betonin kuivumisaika voi olla hyvin pitkä
- kanaalin betonikannen ja seinän välisen raon tiivistäminen, esim. pohjatäytenauha + elastinen saumamassa, tarvittaessa tartuntapintojen primerointi
- suoritetaan tiiviyskokeet ja tarvittavat ilmatiiviyden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat

#### Muuta:

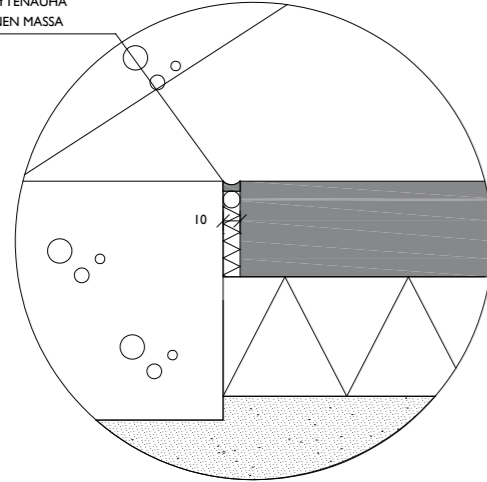
- kanaalin seinämissä ja laatasta rakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai tiivistyskorjauksella
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa harkkopinnat on tasoitettava kauttaaltaan yhtenäiseksi
- tarvittaessa putkikanaali alipaineistetaan koneellisesti huonetiloihin nähden

## 12. PORTAIDEN ALUSTAT

### Kivirakenteisten portaiden alustilan korjaaminen



SOLUMUOVIKAISTA,  
POHJATÄYTENAUHA  
JA ELASTINEN MASSA



#### Sovelluskohteet:

- kohteet, joissa on portaiden tai muiden tuulettumattomien sisäilmaan yhteydessä olevien umpinaisten onkaloiden purkamattomat muottilauδοitukset, maapohja, jne.

#### Toteutusohjeet, purku yläpuolelta:

- alustilaan tehdään työaukko, josta purku- ja rakennustyöt on mahdollista toteuttaa. aukon vähimmäiskokona voidaan pitää 800 x 800 mm<sup>2</sup>
- alustilasta poistetaan kaikki orgaaninen aines ja tarvittaessa myös maanpintaa tasataan
- kaikki tilan pinnat puhdistetaan mekaanisesti, esim. hiekkapuhaltamalla tai liekittämällä nestekaasupolttimella. lopuksi pinnat imuroidaan.
- tarvittaessa säilytettäviä rakenteita kuivatetaan
- tasatun maan pintaan asennetaan solumuovinen lämmöneriste
- solumuovisen lämmöneristeen päälle valetaan paksuudeltaan 80 mm raudoitettu betonilaatta
- betonilaatan ja seinän välisen raon tiivistäminen, esim. pohjatäyttenauha + elastinen saumamassa, tarvittaessa tartuntapintojen primerointi
- tilaan järjestetään ilmanvaihto erillisen suunnitelman mukaan
- työaukko paikataan esim. muuraamalla
- tarvittaessa työaukon reunat tiivistetään
- suoritetaan tiiviyskokeet ja tarvittavat ilmatiivyyden korjaukset
- tasoitetaan ja viimeistellään pinnat

#### Muuta:

- porrastilan seinämissä rakenteen läpi menevät halkeamat on tiivistettävä joko injektoimalla tai tiivistyskorjauksella
- harkkopinnoilla tasoite on seinän ilmanpitävä kerros, joten tarvittaessa seinä on tasoitettava kauttaaltaan yhtenäiseksi

## KUVAILULEHTI

<i>Julkaisija</i>	Ympäristöministeriö		
<i>Tekijä(t)</i>	Inari Weijo, Jukka Lahdensivu, Timo Turunen, Susanna Ahola, Esko Sistonen, Camilla Vornanen-Winqvist, Petri Annila		
<i>Julkaisun nimi</i>	Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus		
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18		
<i>Diari/hankenumero</i>	YM23/612/2015	<i>Teema</i>	Rakennettu ympäristö
<i>ISBN PDF</i>	978-952-361-024-8	<i>ISBN nid.</i>	978-952-361-025-5
<i>ISSN PDF</i>	2490-1024	<i>ISSN nid.</i>	2490-0648
<i>URN-osoite</i>	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-024-8">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-024-8</a>		
<i>Sivumäärä</i>	284	<i>Kieli</i>	Suomi
<i>Asiasanat</i>	Rakentaminen, rakennus, korjaus, korjaussuunnittelu, kosteusvaurio, mikrobivaurio, sisäilmaongelma.		
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjausta käsittelevässä oppaassa tarkastellaan korjaushankkeen vaiheita, korjaussuunnittelua ja aiheeseen liittyvää lainsäädäntöä. Käytössä olevia korjausmenetelmien ja niiden valintaan vaikuttavien tekijöiden käsittelyn lisäksi oppaassa esitetään yksityiskohtaisempia korjausperiaatteita periaateratkaisujen kautta. Oppaassa käydään läpi myös laadunvarmistusmenetelmiä sekä korjausten onnistumisen seurannassa käytössä olevia työkaluja ja menetelmiä. Kosteus- ja mikrobivaurioihin liittyvissä korjaushankkeissa voidaan parantaa myös rakennuksen energiatehokkuutta, jolloin on tärkeää varmistua siitä, että korjattu ja mahdollisesti lisälämmöneneristetty rakenne on toimenpiteiden jälkeen rakennusfysikaalisesti toimiva.</p> <p>Oppaassa esitetyt ratkaisut ovat periaateratkaisuja, joiden antamien tietojen avulla korjaussuunnittelija voi laatia yksityiskohtaiset suunnitelmat aina kuhunkin korjaushankkeeseen soveltuviksi ottaen huomioon rakennuksen, rakennusosien ja taloteknisten järjestelmien yksityiskohdat ja erityispiirteet. Periaateratkaisuja ei ole tarkoitettu käytettäväksi sellaisenaan korjaussuunnittelussa. Sisäilmaongelmat ja niistä seuraavat terveyshaitat ovat usein varsin monimutkainen kokonaisuus, minkä johdosta korjaussuunnittelussa on keskeistä huolehtia kokonaisuuden hallinnasta. Osana korjaussuunnittelua on tärkeää myös määrittää työmaavaiheessa käytettävät laadunvarmistusmenetelmät sekä korjausten onnistumisen todentamiseen ja seurantaan liittyvät toimet.</p> <p>Korjausten ensisijaisena tavoitteena on poistaa kosteus- ja mikrobivaurioista tai muista sisäilman epäpuhtauksista aiheutuva terveyshaitta. Korjaussuunnittelussa on keskeistä aina tapauskohtaisesti määrittää soveltuvat korjaustavat, korjausten laajuus ja korjausten perusteellisuus. Terveyshaitan poistaminen voi toisinaan edellyttää vaurioituneen rakenteen purkamista ja uusimista. Toisinaan rakenteen vaurioitumiseen johtaneen tekijän poistaminen ja epäpuhtauksien pääsyn estäminen sisäilmaan rakenteita tiivistämällä ja kapseloimalla voivat olla riittäviä toimenpiteitä.</p>		
<i>Julkaisun myynti/jakaja</i>	Sähköinen versio: <a href="http://julkaisut.valtioneuvosto.fi">julkaisut.valtioneuvosto.fi</a> Julkaisumyynti: Rakennustieto Oy		
<i>Kustantaja</i>	Ympäristöministeriö		

## PRESENTATIONSBLAD

<i>Utgivare</i>	Miljöministeriet		
<i>Författare</i>	Inari Weijo, Jukka Lahdensivu, Timo Turunen, Susanna Ahola, Esko Sistonen, Camilla Vornanen-Winqvist, Petri Annila		
<i>Publikationens titel</i>	Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus (Reparation av fukt- och mikrobiskadade byggnader)		
<i>Publikationsserie och nummer</i>	Miljöministeriets publikationer 2019:18		
<i>Diarie-/projektnummer</i>	YM23/612/2015	<i>Publikationens tema</i>	Byggd miljö
<i>ISBN PDF</i>	978-952-361-024-8	<i>ISBN pub</i>	978-952-361-025-5
<i>ISSN PDF</i>	2490-1024	<i>ISSN pub</i>	2490-0648
<i>URN adress</i>	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-024-8">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-024-8</a>		
<i>Sidantal</i>	284	<i>Språk</i>	Finska
<i>Nyckelord</i>	Byggande, byggnad, renovering, reparationsprojektering, fuktskada, mikrobiskada, problem med inomhusluften		
<i>Sammandrag</i>	<p>Denna handledning handlar om renovering av fukt- och mikrobiskadade byggnader och behandlar de olika faserna i ett renoveringsprojekt, reparationsprojektering och lagstiftningen på området. Utöver befintliga renoveringsmetoder och faktorer som påverkar valet av dessa redogör handledningen för mer detaljerade renoveringsprinciper genom olika principiella lösningar. Handledningen tar också upp kvalitetssäkringsmetoder samt arbetsredskap och metoder som används vid övervakning av renoveringens resultat. I samband med projekt för renovering av fukt- och mikrobiskadade byggnader kan också byggnadens energiprestanda förbättras. Då är det viktigt att säkerställa att den renoverade konstruktionen, som eventuellt också försetts med extra värmeisolering, är byggnadsfysikaliskt välfungerande efter de vidtagna åtgärderna.</p> <p>De lösningar som presenteras i handboken är principiella lösningar, och med hjälp av informationen om dessa kan reparationsprojekterare utarbeta detaljerade planer som lämpar sig för olika slags renoveringsprojekt med beaktande av detaljerna och särdragen hos byggnaden, byggnadsdelarna och de installationstekniska systemen. De principiella lösningarna är inte avsedda att tillämpas som sådana vid reparationsprojektering. Problem med inomhusluften och de olägenheter för hälsan som dessa orsakar utgör ofta en väldigt komplex helhet, och därför är det viktigt att man i reparationsprojekteringen har kontroll över helheten. Som ett led i reparationsprojekteringen är det också viktigt att fastställa vilka kvalitetssäkringsmetoder som ska användas i byggplatsfasen samt vilka åtgärder som krävs för att man ska kunna fastställa och följa upp hur väl renoveringen lyckats.</p> <p>Det primära målet med renoveringen är att eliminera de olägenheter för hälsan som fukt- och mikrobiskador eller andra föroreningar i inomhusluften orsakar. I reparationsprojekteringen är det viktigt att från fall till fall alltid bestämma vilka renoveringsmetoder som är lämpliga och hur omfattande och grundlig renoveringen ska vara. Ibland krävs det att den skadade konstruktionen rivs och anläggs på nytt för att olägenheterna för hälsan ska kunna elimineras. Andra gånger kan det räcka med att avlägsna den faktor som lett till konstruktionsskador och genom att täta och kapsla in konstruktioner förhindra att föroreningar släpps ut i inomhusluften.</p>		
<i>Beställningar/ distribution</i>	Digital version: <a href="http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/">http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/</a> Försäljning: Ab Bygginfo		
<i>Förläggare</i>	Miljöministeriet		

## DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Ministry of the Environment		
<i>Author(s)</i>	Inari Weijo, Jukka Lahdensivu, Timo Turunen, Susanna Ahola, Esko Sistonen, Camilla Vornanen-Winqvist, Petri Annila		
<i>Title of publication</i>	Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus (Renovation and repair of buildings with moisture and microbial damage)		
<i>Publication series and number</i>	Publications of the Ministry of the Environment. 2019:18		
<i>Register number</i>	YM23/612/2015	<i>Theme of publication</i>	Built environment.
<i>ISBN PDF</i>	978-952-361-024-8	<i>ISBN pub.</i>	978-952-361-025-5
<i>ISSN PDF</i>	2490-1024	<i>ISSN pub</i>	2490-0648
<i>Website address URN</i>	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-024-8">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-024-8</a>		
<i>No. of pages</i>	284	<i>Language</i>	Finnish
<i>Keywords</i>	Construction, building, renovation and repair, renovation planning, moisture damage, microbial damage, indoor air problems		
<i>Abstract</i>	<p>This guide on the renovation and repair of buildings with moisture and microbial damage explores the various stages of a renovation project, renovation design and the legislation on the topic. In addition to the available renovation and repair methods and the factors influencing the selection of the appropriate method, the guide presents more detailed principles of renovation and repair with the help of various solutions in principle. The guide also reviews quality assurance methods and the tools and practices in place for monitoring the success of renovation and repair work. Renovation and repair projects connected to moisture and microbial damage can also improve a building's energy efficiency. In this case, it is important to be sure that after the work is complete, the renovated structure, which may now have additional insulation, is still functional from the perspective of building physics.</p> <p>The solutions presented in the guide are solutions in principle. Based on the information provided in the solutions, renovation designers can prepare detailed plans for each renovation project taking into account the details and special features of the building, its structural elements and its technical building systems. The solutions in principle are not intended to be applied directly to renovation planning as such. Indoor air problems and the resulting health risks are often a very complex issue, which means that it is essential for renovation design to approach the situation holistically. Another important aspect of renovation design is determining the quality assurance methods to be used during the construction phase and deciding on the measures needed to verify and monitor the success of the renovation work.</p> <p>The primary goal of the renovation and repair work is to remove the moisture and microbial damage or other health risks caused by contaminants in the indoor air. In renovation design, it is always essential to determine the appropriate renovation methods and the scope and thoroughness of the renovation work on a case-by-case basis. Sometimes, removing a health risk requires the demolition and rebuilding of the damaged structure. In other cases, it can be enough to remove the factor that led to the structures becoming damaged and prevent the contaminants from entering the air by sealing and encapsulating the affected structures.</p>		
<i>Publication sales/ Distributed by</i>	Online version: <a href="http://julkaisut.valtioneuvosto.fi">julkaisut.valtioneuvosto.fi</a> Publication sales: Building Information Ltd		
<i>Publisher</i>	Ministry of the Environment		

**Rakennuksissa esiintyvät** kosteus- ja mikrobivauriot ovat yleisiä sisäilma-ongelmien aiheuttajia, mutta ongelmia aiheuttavat myös muut, kosteudesta riippumattomat tekijät. Tämän vuoksi ilmenneet ongelmat ja niiden syyt tulee tunnistaa, jotta voidaan varmistua, että korjaustyöt suunnitellaan ja toteutetaan mahdollisimman hyvin ja korjattu rakennus on käyttäjilleen terveellinen ja turvallinen.

Oppaassa annetaan käytännönläheistä tietoa kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjausten suunnittelijoille. Opasta voi käyttää myös oppikirjana alan koulutuksessa. Opas on laadittu silmällä pitäen 1940-luvun jälkeen rakennettuja julkisia palvelurakennuksia ja niissä esiintyviä tavanomaisia rakenteita. Korjausperiaatteet ovat kuitenkin sovellettavissa muuhunkin rakennuskantaan.

Oppaassa käsitellään korjaushankkeen vaiheita ja korjaussuunnitelmien sisältöä sekä aiheeseen liittyvää lainsäädäntöä. Käytössä olevien korjausmenetelmien ja niiden valintaan vaikuttavien tekijöiden käsittelyn lisäksi oppaassa esitetään yksityiskohtaisempia korjausperiaateratkaisuja. Oppaassa käydään läpi myös laadunvarmistusmenetelmiä sekä korjausten onnistumisen seurannassa käytössä olevia työkaluja ja menetelmiä.

Julkaisun myynti:  
[www.rakennustietokauppa.fi](http://www.rakennustietokauppa.fi)

ISBN 978-952-361-025-5



**Ympäristöministeriö**  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

ISBN: 978-952-361-025-5 (nid.)  
ISBN: 978-952-361-024-8 (PDF)  
ISSN: 2490-0648 (nid.)  
ISSN: 2490-1024 (PDF)