

Eeva Jokinen

SISÄILMAKORJAUSTEN LAADUN VARMISTAMINEN

Rakennetun ympäristön tiedekunta
Diplomityö
Toukokuu 2019

TIIVISTELMÄ

EEVA JOKINEN: Sisäilmakorjausten laadun varmistaminen

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 71 sivua, 24 liitesivua

Toukokuu 2019

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennesuunnittelu

Tarkastajat: professori Matti Pentti, diplomi-insinööri Toni Pakkala

Avainsanat: sisäilmakorjaus, sisäilmatutkimus, laadun varmistaminen, laadunvarmistusmenetelmät, korjaussuunnittelu

Sisäilmatutkimuksia viedään eteenpäin jo rutiininomaisesti; vuonna 2016 julkaistu Kuntotutkimusopas sekä tutkijoiden yhä kiristyvät pätevyysvaatimukset ovat osoituksia tiukentuneista vaatimuksista kuntotutkimuksien osalta. Sisäilmakorjauksille ja korjausurakoitsijoille ei ole vielä luotu vastaavaa opasta tai vakiintuneita pätevyysvaatimuksia. Korjausten laadun varmistaminen ja siinä käytettävät mittausmenetelmät ovat oleellinen osa korjausten onnistumista, jotka tulisi huomioida heti tarjouspyyntövaiheessa. Laadun varmistaminen alkaa jo huolellisesti toteutetuista sisäilmatutkimuksista sekä korjaussuunnittelusta, mutta myös sisäilmakorjausten urakoitsijalla on suuri vastuu korjausten onnistumisesta käytännössä.

Tiedonkulku oireilevilta käyttäjiltä kuntotutkijoille, sekä edelleen korjaussuunnittelijoille ja urakoitsijalle, on avainasemassa koko prosessin onnistuneessa läpiviemisessä. Urakoitsijan tulisi ymmärtää, miksi korjauksia suoritetaan ja mikä korjausten tavoitteena on. Korjaustyön onnistumisen kannalta haasteellisimmat työvaiheet tulee käydä läpi myös perehdytyksessä.

Sisäilmakorjausten laadun varmistamisessa tulisi käyttää erilaisia mittaus- ja tutkimusmenetelmiä, kuten merkkiainekoetta, kuitunäytteenottoja tai ilmanäytteenottoja. Erityisesti mittausmenetelmiä käytettäessä vertailukelpoisin tulos saadaan, kun samat mittaukset on suoritettu myös ennen korjausten aloittamista. Mittausolosuhteiden, kuten vuodenajan ja mitattavan tilan tulisi olla mahdollisimman yhdenmukaiset. Sisäilmakorjausten laadun varmistamiseen liittyy oleellisesti myös korjausten valvonta. Valvojalla tulee olla riittävä kokemus sisäilmakorjauskohteista. Osana valvontaa ja laadun varmistusta voidaan korjaustyöstä suorittaa mallityö, joka katselmoidaan yhdessä työn tekijän kanssa läpi. Korjausten valmistuttua voidaan suorittaa myös jälkiseurantaa, jonka kestosta tulee sopia etukäteen. Jälkiseurannalla voidaan viestiä myös tilojen käyttäjille, että suoritettut korjaukset ovat onnistuneet.

Työn yhteydessä toteutetun kyselytutkimuksen tavoitteena oli selvittää eri kaupungeissa ja kunnissa olevia eroavaisuuksia sisäilmakorjausprosessissa ja mahdollisesti löytää laatuun heikentävästi vaikuttavia tekijöitä. Kyselyn vastausprosentti oli kuitenkin heikko, eikä kyselytutkimusten vastauksia voida yleistää. Tutkimuksen perusteella tilaajien antamissa vastauksissa ei havaittu merkittäviä eroavaisuuksia eri kohteiden välillä. Lopputuloksena voidaan kuitenkin todeta, että tilaajan aktiivisuus koko sisäilmaprosessin ajan on tärkeää laadukkaan lopputuloksen aikaansaamiseksi. Tämä edellyttää myös riittävää osaamista ja tietoa sisäilmaprosessin eri vaiheista.

ABSTRACT

EEVA JOKINEN: A quality verification of an indoor air renovation

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 71 pages, 24 Appendix pages

May 2019

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Structural Design

Examiner: Professor Matti Pentti, Master of Science Toni Pakkala

Keywords: indoor air quality investigation, indoor air measurements, quality verification, the repair construction planning

The indoor air -surveys are already routinely advanced; *Kuntotutkimusopas* was published in 2016 and the researchers' still tightening proficiency requirements are indications of the increased demands for the indoor air quality investigation. There is no similar guidance or established proficiency requirements for renovation contractors. The quality verification of the renovations and measuring methods which are used in it are an essential part of the success of renovations. To this should be paid attention immediately at the stage of request of proposals. The quality verification starts already from the indoor air investigation that have been carefully carried out and from the repair construction planning, but the contractor of the indoor air renovations also has a great responsibility for the success of the renovations in practice.

Communication between users, researchers, repair construction planners and renovation contractor should be open and tight, because it is in the key position in the successful carrying through of the whole process. The contractor should understand why the repairs are carried out and what is the objective of indoor air renovation. The most challenging stages must be gone through in the orientation of renovation work, which is important from the point of view of the success.

As part of the quality verification different measuring methods and research methods can be used. The most comparable result is achieved, when the same measuring has also been performed before the renovations. The measuring conditions, such as season and the place to be measured should be as uniform as possible. The supervision of renovation also is essentially connected to the quality verification of an indoor air refurbishment. The supervisor has to have a sufficient experience of the indoor air refurbishments. It is advisable to carry out so called model work from the renovation methods, which is estimated together with the factor of the work through. The model work is one part of supervision and quality verification. When the renovation has been completed, a monitoring followed up can be carried out and normally it includes same measurement methods as in the quality verification stage.

The objective of the executed questionnaire survey was to clarify differences of the indoor air refurbishments in a separate town and municipalities. However, response rate of the inquiry was weak, and the answers of questionnaire surveys can't be generalized. On the basis of the study significant differences were not perceived between different targets in the answers given by the subscribers. However, one can state as a final result that the activity of the subscriber during the whole indoor air refurbishment -process is important to accomplish the high-quality final result. This also requires sufficient know-how and information about the separate stages of the process.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty A-Insinöörit Suunnittelu Oy:lle vuosien 2018 ja 2019 aikana. Työn tarkastajana on Tampereen teknillisessä yliopistossa toiminut professori Matti Pentti ja diplomi-insinööri Toni Pakkala. A-Insinööreillä pääasiallisena ohjaajana ja tarkastajana on toiminut diplomi-insinööri Saija Varjonen. Diplomityön aihe on valikoitunut jo edellisen työnantajan palveluksessa vuonna 2016. Haluankin kiittää A-Insinöörejä ja yksikönjohtajaa Mikko Tarria mahdollisuudesta saattaa diplomityöni päätökseen. Erityiskiitos Saijalle työn tarkastamisesta ja kommentoinnista.

Diplomityöni aloittamisen ja valmiiksi saamisen välillä on tapahtunut paljon; diplomityö onkin yksi niistä harvoista asioista, joka pysynyt mukana sinnikkäästi kaikki nämä vuodet. Tiivis yhteiselomme on käynyt läpi laajan tunteiden kirjon, josta ei olisi selvitty ilman myötäeläviä työkavereita, ystäviä ja läheisiä. Kiitos kuuluu teille.

Vihdoinkin se on valmis.

Hämeenlinnassa, 10.5.2019

Eeva Jokinen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen lähtökohdat.....	1
1.2	Tutkimuksen tavoite ja rajaukset.....	1
1.3	Tutkimuksen rakenne.....	2
2.	TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTO	4
3.	SISÄILMAONGELMAPROSESSIN VAIHEET	5
4.	YLEISIMPIÄ SISÄILMAKORJAUSMENETELMIÄ.....	8
4.1	Tiivistyskorjaukset.....	10
4.1.1	Korjausmenetelmän lähtökohdat	10
4.1.2	Korjausmenetelmälle asetetut tavoitteet.....	11
4.2	Ulkoseinärakenteet	12
4.2.1	Korjausmenetelmien lähtökohdat	13
4.2.2	Rankarakenteinen ulkoseinä	14
4.2.3	Tiili-villa-tiili- ja tiili-villa-betoniulkoseinät.....	15
4.3	Maanvarainen alapohjarakenne	16
4.3.1	Korjausmenetelmien lähtökohdat	17
4.3.2	Tuulettuva alapohja.....	18
4.3.3	Valesokkeli.....	19
4.3.4	Lattiapinnoitteen vauriot	22
5.	MUUT SISÄILMAKORJAUKSISSA HUOMIOITAVAT TEKIJÄT	24
5.1	Pölynhallinta.....	24
5.1.1	Asbesti.....	27
5.1.2	Muut haitta-aineet	28
5.1.3	Teolliset mineraalikuidut.....	28
5.2	Rakennustyömaan kosteudenhallinta.....	29
5.3	Ilmanvaihto	29
5.3.1	Ilmamäärät.....	30
5.3.2	Hallittu korvausilma.....	30
5.3.3	Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuus, ylläpito ja huolto	31
5.4	Korjaustyön urakoitsijan ja valvojan valinta.....	33
6.	LAADUN VARMISTAMISEN MITTAUSMENETELMÄT	35
6.1	Merkkiainekoe	36
6.1.1	Merkkiainekaasut.....	36
6.1.2	Merkkiainekokeessa huomioitavaa	37
6.1.3	Merkkiainekokeen luotettavuuden arviointi.....	39
6.2	Merkkisavu.....	39
6.3	Tiivysmittaus ja lämpökamerakuvaus	40
6.4	Kosteusmittaukset.....	40
6.4.1	Pintakosteuskartoitus	41
6.4.2	Tarkat rakennekosteusmittaukset.....	41

6.5	VOC-ilmanäyte.....	43
6.6	Pölyjen, kuitujen ja muiden hiukkasmaisten epäpuhtauksien tutkimusmenetelmät.....	45
6.6.1	Pölynkoostumusanalyysi.....	45
6.6.2	Pölyn määrä geeliteippimenetelmällä.....	46
6.6.3	Laskeumanäyte (mineraalikulujen määrä).....	46
6.7	Ilmanvaihtolaitteiston tarkastukset.....	47
6.7.1	Ilmamäärien mittaaminen.....	47
6.7.2	Paine-erojen mittaaminen.....	48
6.7.3	Sisäilman olosuhteiden mittaaminen.....	49
6.8	Käyttäjille osoitetut kyselyt.....	50
6.9	Sisäilman mikrobinäyte.....	51
6.10	Jälkiseuranta.....	51
7.	TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI.....	53
7.1	Kyselyn tulosten vertailu eri kohteiden välillä.....	54
7.1.1	Tiedotus ja tiedonkulku.....	54
7.1.2	Sisäilmatutkimukset.....	54
7.1.3	Sisäilmakorjaukset ja korjausten laadun varmistaminen.....	55
7.1.4	Laadun varmistamisen menetelmät.....	57
7.2	Tulosten vertailu eri toimijoiden välillä.....	59
7.3	Kyselytutkimuksen luotettavuuden arviointi.....	60
8.	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	62
	LÄHTEET.....	65

LIITE A: Kyselytutkimuksen kysymykset

LIITE B: Kyselytutkimuksen vastaukset

LYHENTEET JA MERKINNÄT

bulk	kokonaisemissiomääritys, joka kertoo materiaalinäytteen kokonaisemissiot yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$
FLEC	engl. Field and Laboratory Emission Cell, VOC-emissioiden mittaamisessa käytettävä kokonaisemissiomääritys, joka kertoo materiaalinäytteen kaikkien pintojen VOC-emissiot yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$
k	ilmanvaihdon päätelaitteen säätökerroin, k-kerroin [l/s]
q_v	ilmavirta [m^3/h]
TVOC	engl. Total Volatile Organic Compounds, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus
VOC	engl. Volatile Organic Compound, haihtuva orgaaninen yhdiste
Δp_m	paine-ero [Pa]

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen lähtökohdat

Julkisten rakennusten sisäilmakorjauksia on lähes poikkeuksetta käynnissä joka kunnassa ja kaupungissa. Koulujen ja päiväkotien sisäilmaongelmat ovat tulleet osaksi joka päiväistä elämää. Ongelmat eivät koske ainoastaan vanhoja rakennuksia, vaan myös uudiskohteissa oireillaan. Sisäilmakorjauksia on tehty lukuisia, mutta niiden onnistuminen ei ole edelleenkään itsestäänselvyys, vaan ongelmia esiintyy korjausten jälkeenkin. Tutkimuksen tavoitteena onkin perehtyä sisäilmakorjausten laadun varmistamisessa käytettäviin menetelmiin ja selvittää kyselytutkimuksen avulla sisäilmakorjauksissa käytettäviä laadunvarmistusmenetelmiä. Lisäksi tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten sisäilmakorjausten onnistumiseen voidaan vaikuttaa ja mikä merkitys sisäilmaprosessin eri osapuolilla on onnistumisen kannalta.

Oleellisena osana sisäilmakorjausten laadun varmistamisessa on korjaustyön virheiden ennaltaehkäiseminen. Yhteistyö tilaajan, urakoitsijan sekä rakennustyön valvojan kanssa tulee olla avointa ja havaitut vauriot sekä niiden syy ja vaurioitumismekanismi tulee ymmärtää. Korjausten onnistumisen kannalta työnjohdolla on tärkeä rooli työntekijöiden perehdyttämisessä ja tiedon välittämisessä. Tilaajan vastuulla on valita urakoitsija, jolla on riittävä tietotaito sisäilmakorjausten ammattitaitoiseen toteuttamiseen alusta loppuun saakka. Raha- ja aikatauluongelmien yhteensovittaminen laadukkaan korjaustyön kanssa voi johtaa kompromisseihin, jotka tulevat jälkikäteen kalliiksi. Tämän työn lähtökohtana on myös mahdollisten ongelmakohtien selvittäminen koko sisäilmakorjausprosessin osalta ja voitaisiinko ne estää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa esimerkiksi riittävällä tiedottamisella ja tiedonkululla eri toimijoiden välillä.

1.2 Tutkimuksen tavoite ja rajaukset

Yleisesti rakentamisen laadunvalvonnasta on olemassa useita julkaisuja, jotka käsittelevät pääasiassa pölyn- ja kosteudenhallintaan liittyviä seikkoja. Julkaisuja, joissa olisi huomioitu sisäilmakorjausten onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä laaja-alaisemmin, on sen sijaan selvästi vähemmän. Tämän työn tarkoituksena on koota samaan teokseen sisäilmakorjausten laadun varmistamisessa käytettäviä menetelmiä. Vaikka työssä keskitytään pääasiassa laadun varmistamisessa käytettäviin mittaus- ja tutkimusmenetelmiin, on tässä työssä huomioitu myös muita korjausten onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä. Työn tavoitteena onkin muodostaa lukijalle kokonaiskäsitys siitä, mitä keinoja korjausten onnistumisen varmistamiseen on käytettävissä.

Työssä korostetaan niitä laadun varmistamisen mittaus- ja tutkimusmenetelmiä, jotka liittyvät nimenomaan sisäilmakorjauksiin joko korjausten aikana tai niiden jälkeen seurantavaiheessa. Mittaus- ja tutkimusmenetelmien lisäksi työssä on käsitelty lyhyesti urakoitsijan ja korjaustyön valvojan valinnan merkitystä, ilmanvaihtoa sekä pölyn- ja kosteudenhallintaa. Pölynhallinnan yhteydessä on kerrottu myös asbestin, muiden haitta-aineiden sekä teollisten mineraalikulujen merkityksestä purku- ja korjaustyössä.

Ilmanvaihto on yksi merkittävimmistä tekijöistä sisäilman laadun kannalta. Työssä on käyty lyhyesti läpi ilmamäärien mitoitus, hallitun korvausilman merkitystä sekä ilmanvaihtojärjestelmän ylläpitoa ja huoltoa. Huollon yhteydessä on kerrottu myös ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden arvioinnista. Ilmanvaihtoon palataan uudelleen laadun varmistamisen mittausmenetelmien yhteydessä, jossa on kerrottu ilmanvaihtolaitteiston tarkastuksen yhteydessä suoritettavista mittaus- ja tutkimusmenetelmistä.

Kyselytutkimuksen kohteeksi on valittu pääasiassa julkiset opetusrakennukset, joissa sisäilmaongelmista ja epäonnistuneista korjauksista on kärsitty ympäri Suomea. Sisäilmakorjauksen toteutustapa riippuu pääasiassa korjattavasta rakenteesta sekä havaitusta ongelmasta. Työn ulkopuolelle on rajattu yläpohja- ja vesikattorakenteiden korjaukset, sillä esimerkiksi vesikaton vuodoista aiheutuneen vaurion korjaustoimenpiteenä on useimmiten vesikaton ja yläpohjan eristeiden uusiminen. Lisäksi välipohjarakenteet on jätetty tutkimuksen ulkopuolelle. Täten selvityksessä keskitytään lähinnä alapohja- ja ulkoseinärakenteisiin. Kyseisten rakenteiden yleisimpiä sisäilmakorjausmenetelmiä on käsitelty lyhyesti työn alussa. Erilaisista rakenteista myös hirsirunkoiset rakennukset jätetään tämän tutkimuksen ulkopuolelle, sillä hirsirungon korjaustavat ovat usein erilaiset kuin muilla ulkoseinärakenteilla.

1.3 Tutkimuksen rakenne

Tutkimus etenee eri rakenteiden korjausmenetelmistä korjausten laadun varmistamiseen ja siinä käytettäviin mittausmenetelmiin sekä muihin korjausten laatuun vaikuttaviin tekijöihin. Sisäilmatutkimusten toteutusta ja korjaussuunnittelua sivutaan ainoastaan korjausten laatuun vaikuttavien tekijöiden näkökulmasta. Työn alussa tuodaan esille myös sisäilmakorjausprosessin eri vaiheita ja vastuunjako prosessissa toimivien eri osapuolien välillä.

Tutkimus jakaantuu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa käydään läpi kirjallisuusselvityksen omaisesti sisäilmakorjausmenetelmiä eri rakenneosien vauriotilanteissa. Korjausmenetelmien esittelyssä tuodaan esille etenkin korjauksen onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä ja korjausmenetelmälle asetettavia tavoitteita. Kirjallisuusselvityksen pääpaino on laadun varmistukseen käytettävissä mittausmenetelmissä sekä ennakoivassa laadun varmistuksessa. Lisäksi käsitellään jälkiseurannassa käytettäviä mittausmenetelmiä ja jälkiseurannan kestoa. Sisäilmakorjausten laadun varmistamiseen sisältyy oleellisena osana

myös tilojen käyttäjien huomioiminen ja oirekokemusten selvittäminen, joka voidaan toteuttaa esimerkiksi käyttäjäkyselyillä. Työssä huomioidaan myös siivouksen merkitystä korjaustyön onnistumisen kannalta.

Toisessa osassa toteutetaan kyselytutkimus, jossa pyritään keräämään kokemuksia sisäilmakorjausten vaiheista ja onnistumisesta eri osapuolien näkökulmasta. Kyselyissä pyritään esittämään samoja kysymyksiä eri toimijoille saman korjauskohteen sisällä. Tämän jälkeen saatuja tuloksia verrataan kohteen sisällä, mutta myös eri kohteiden samojen osapuolien vastauksia verrataan keskenään. Kyselyn kohteina ovat tilaaja, kuntotutkija, sisäilmakorjausten urakoitsijan edustaja, korjaustyön valvoja ja tilojen käyttäjät. Kyselyssä kerätään tietoa muun muassa tiedon kulkeutumisesta eri osapuolten välillä, korjaustyön aikataulun onnistumisesta, käytetyistä laadun varmistuksen menetelmistä sekä korjaustyön onnistumisen jälkiseurannasta.

2. TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTO

Työ koostuu kirjallisuusselvitysosuudesta sekä kyselytutkimuksesta. Kirjallisuusselvityksessä tutkimusaineistona käytetään alan kirjallisia ja sähköisiä julkaisuja. Merkittävimpinä lähdeaineistoina erilaisissa tavoitearvoissa ja toimenpiderajoissa ovat Sosiaali- ja Terveysministeriön julkaisemat teokset, kuten Asumisterveysasetus, Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Terveysturvallisuusasetus sekä Terveysturvallisuuslaki. Tutkimuksen aineiston kannalta tärkeänä lähdeaineistona on Ympäristöministeriön julkaisema Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus -opas. Kirjallisuuslähteinä käytetään esimerkiksi Rakentajainkalentereita sekä Sisäilmaseminaarien vuosittaisia julkaisuja, joissa on käsitelty alan tuoreimpia tutkimustuloksia. Kirjallisuusselvitysosuudessa tarkastellaan myös eri oppilaitosten aiheeseen liittyviä opinnäytetöitä. Kirjallisuuslähteinä hyödynnetään lisäksi korjaustöissä käytettävien tuotteiden asennusohjeita (valmistajan antamat ohjeet tuotteiden käyttöön) sekä Rakennustiedon julkaisemia ohjekortteja.

Työn toisen osan aineisto kerätään kyselytutkimuksella, johon osallistuvat sisäilmakorjausprosessin tilaaja, kuntotutkija, korjaustyön urakoitsija ja valvoja sekä tilojen käyttäjän edustaja. Kyselyt on lähetetty ensin kuntien/kaupunkien edustajille (tilaaja), ja vastauksen saamisen jälkeen tilaajalta on tiedusteltu muiden kohteessa toimineiden osapuolien yhteystietoja. Kyselyihin perustuvassa tutkimuksen osuudessa vertaillaan etenkin samassa kohteessa toimineiden, eri osapuolien antamia vastauksia. Tällöin saadaan käsitys siitä, miten sisäilmakorjauksissa mukana olevat, eri alan osapuolet näkevät sisäilmakorjausten toteutuksen eri vaiheet samassa kohteessa.

Kyselyt suoritetaan strukturoituna kyselynä, jossa kaikki saavat täytettäväksi kyselylomakkeen. Niin kutsutussa lomakekyselyssä on valmiita kysymyksiä, joihin on annettu valmiit vastausvaihtoehdot. Haastateltava valitsee annetuista vastausvaihtoehdoista mielestään parhaiten sopivan vaihtoehdon tai vaihtoehdot. Kyselyn kysymykset alkavat taustatietokysymyksistä, joissa määritetään vastaajan työnkuva prosessissa sekä kohteen perustiedot. Tämän jälkeen siirrytään sisäilmakorjauksen eri prosessivaiheiden onnistumiseen liittyviin kysymyksiin. Kysymykset ovat pääosin kaikille samat, ainoastaan tilojen käyttäjille kysymyksiä on suppeampi määrä.

3. SISÄILMAONGELMAPROSESSIN VAIHEET

Sisäilmaongelma saa useimmiten alkunsa käyttäjien kokemista oireista tai havaitusta rakenteellisesta vauriosta, kuten kosteusvauriosta. [1] Tilanne täytyy ottaa vakavasti, sillä pahimmassa tapauksessa sisäilmaongelma voi aiheuttaa tilojen käyttäjien terveydelle vaaraa tai haittaa. Aluksi tulee selvittää ongelman kokonaiskuva, joka useimmiten vaatii moniammatillista osaamista ja useiden eri tekijöiden huomioon ottamista. Pelkkä rakennusosien tai rakenteiden tarkastelu ei riitä, vaan myös ilmanvaihtolaitteet ja muu talotekniikka sekä mahdolliset puutteet huoltotoimenpiteissä tai siivouksessa tulee huomioida. [2] Pelkästään jo puutteellinen siivoustyö voi aiheuttaa käyttäjissä oireilua. Epäpuhtaudet voivat tulla sisäilmaan myös ihmisistä ja tiloissa tapahtuvasta toiminnasta [1].

Sisäilmaongelman selvittämisen etenemisestä on tehty eräänlainen prosessikaavio, joka lähtee liikkeelle esiselvitysvaiheesta ja päättyy sisäilmakorjausten onnistumisen seurantaan. Sisäilmaongelman käsittelyn vaiheet on esitetty tarkimmin Rakennustiedon julkaisemassa ohjekortissa RT 18-11217 *Sisäilmasto-ongelman selvittäminen*. Seuraavassa kuvassa (Kuva 1) on esitetty sisäilmasto-ongelman selvittämisen prosessikaavio. Prosessikaaviossa lähdetään liikkeelle sisäilmasto-ongelman esiselvitystyöstä ja edetään sisäilmastonselvityksen ja kuntotutkimusten tilaamiseen. Tämän jälkeen tehdään arvio ongelman laajuudesta, vaikutuksista terveydelle sekä mahdollisesta korjaustarpeesta. Kolmannessa vaiheessa siirretään kerätty tieto korjaussuunnittelijoille ja aloitetaan korjaussuunnittelu. Viimeinen vaihe on korjausten jälkeisen seurannan toteutus. [2]

Rakennustiedon ohjekortissa selvitystyön ensimmäisessä vaiheessa suositellaan johtavan asiantuntijan palkkaamista. Johtavan asiantuntijan tarkoituksena koordinoida sisäilmaongelmaprosessin etenemistä ja huolehtia tiedonkulusta. Prosessin johtaminen vaatii riittävää pätevyyttä. Ohjekortin mukaan johtavalta asiantuntijalta edellytetään vähintään kolmen vuoden työkokemusta sekä rakennusterveysasiantuntijan pätevyyttä. Aikaisempi työkokemus voi koostua esimerkiksi sisäilmaselvityksistä tai sisäilmakorjausten suunnittelusta. Johtava asiantuntija neuvoo tilaajaa päätöksenteossa sekä esimerkiksi kuntotutkijoiden ja korjaussuunnittelijoiden kilpailuttamisessa. [2]

VIESTINTÄ

SISÄILMASTO-ONGELMAN SELVITYSVAIHEET JA TOIMIJA

Selvitysten aloittamisesta tiedottaminen	ESISELVITYKSET / VAIHE 1, tavoiteaika 1 kk	
	JOHTAVAN ASiantuntijan VALINTA	Tilaaaja
	LÄHTÖTIE TOJEN KERÄÄMINEN	Johtava asiantuntija
	KÄYTTÄJÄKYSELYT	Terveydenhuollon ammattilainen
	ARVIOINTIKÄYNTI	Johtava asiantuntija, tilaajan edustaja, kiinteistön huollon edustaja, työsuojelupäällikkö ja -valtuutettu, tilojen käyttäjien esimies ja henkilöstön edustaja, terveydenhuollon ammattilainen
	ARVIOINTIKÄYNTIRAPORTTI / TUTKIMUSSUUNNITELMA	Johtava asiantuntija laatii, tilaaja ja sisäilmaryhmä hyväksyy
Tuloksista ja jatkotoimenpiteistä tiedottaminen	TILANNEARVIO SISÄILMASTO-ONGELMASTA • Ongelman syy selvitetty; toimenpiteistä ja korjauksista sekä seurannasta sopiminen • Ongelman syy epäselvä; selvitysvaiheeseen siirtyminen	
Selvitysten sisällöstä, aikataulusta ja toimijoista tiedottaminen	SELVITYKSET / VAIHE 2, tavoiteaika 3...5 kk	
	KONSULTTIRYHMÄN KOKOAMINEN (Selvitystyön tekijöiden valinta)	Tilaaaja ja johtava asiantuntija
	SISÄILMASTOSELVITYS, KUNTOTUTKIMUKSET JA TERVEDELLEISET SELVITYKSET	Rakennustekninen ja rakennusfysikaalinen asiantuntija, lvi- ja sisäilmastoasiantuntija, terveydenhuollon ammattilainen. Asiantuntijaryhmää johtaa johtava asiantuntija.
	ARVIO ALTISTUMISOLOSUhteista JA YHTeenVETO TARVITTAVISTA KORJauksista	Johtava asiantuntija yhteistyössä konsulttiryhmän kanssa
	TERVEDELLEISEN MERKITYKSEN ARVIO	Terveydenhuollon ammattilaisen johdolla, esitellään sisäilmaryhmälle
Tuloksista ja jatkotoimenpiteistä tiedottaminen	TILANNEARVIO SISÄILMASTO-ONGELMASTA, SEN TERVEDELLEISESTÄ MERKITYKSESTÄ JA KORJauSTARPEESTA • Ongelman syistä moniammatillinen yhteenveto; tavoitteiden asettaminen toimenpiteille ja korjauksille sekä seurannasta sopiminen • Suunnittelu- ja toteutusvaiheeseen siirtyminen	
Suunnittelun aikataulusta tiedottaminen	SUUNNITTELU JA TOTEUTUS / VAIHE 3	
	TIEDONSIIRTO KORJauSSUUNNITTELIJOILLE	Johtava asiantuntija
Korjausten toteuttamisesta, aikataulusta ja tekijästä tiedottaminen	KORJauSSUUNNITELMIEN TARKASTAMINEN TERVEYSNÄKÖKOHTIEN KANNALTA	Johtava asiantuntija
	TIEDONSIIRTO URAKOITSIJALLE JA TYÖMAAN JOHDOLLE	Johtava asiantuntija rakennuttajan, suunnittelijan ja valvojan kanssa
	TYÖMAAKOKOUKSIIN JA VALVONTAAN OSALLISTUMINEN	Johtava asiantuntija rakennuttajan, urakoitsijan ja valvojan kanssa
	TOTEUTUKSEN DOKUMENTOINTI	Johtava asiantuntija valvojan kanssa
Seurannan toteuttamisesta, aikataulusta ja tuloksista tiedottaminen	SEURANTA / VAIHE 4 TOIMENPITEIDEN JA KORJauSTEN JÄLKEISEN SEURANNAN TOTEUTUS	
		Johtava asiantuntija, tilaaja, sisäilmaryhmä ja terveydenhuollon ammattilainen

Kuva 1 Sisäilmasto-ongelman selvittäminen vaiheittain [2].

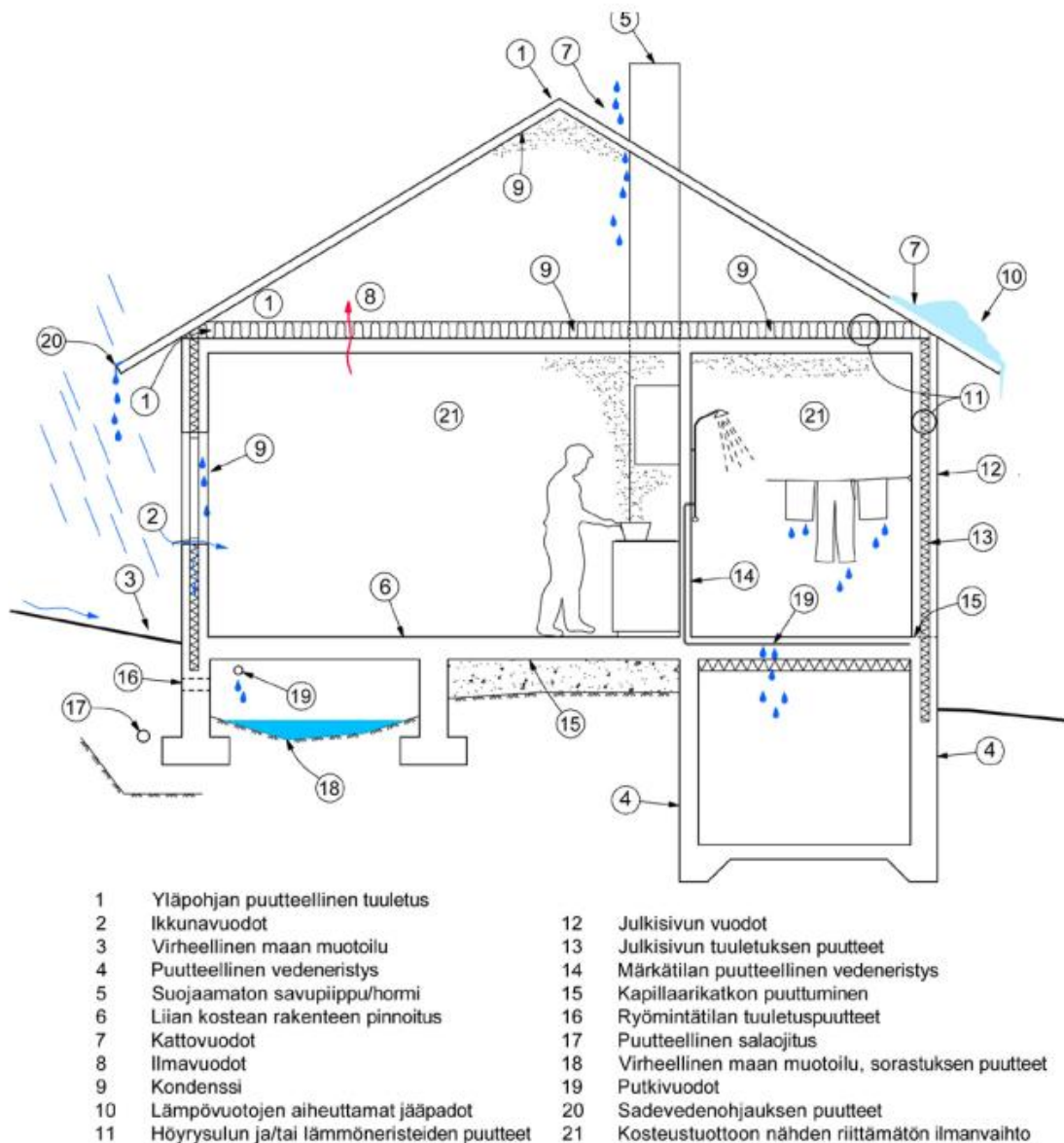
Esiselvitystyön jälkeen varsinaisena asiantuntijapalveluna tehtävän selvitystyön eli kuntotutkimuksen tilaa yleensä rakennuksen omistajan edustaja tai työnantaja. Johtavan asiantuntijan tehtäviin kuuluu lähtötietoaineiston kerääminen ja välittäminen tutkijoille ja edelleen korjaussuunnittelijoille sekä korjaustyön urakoitsijoille. Tiedonkulku edellä mainittujen toimijoiden välillä on myös tärkeässä asemassa. Työpaikoilla voidaan perustaa myös sisäilmatyöryhmä, joka koostuu mm. tilaajan ja henkilöstön edustajasta, työsuojelun ja työterveyshuollon edustajasta sekä tarvittavista selvitystyön asiantuntijoista. [2]

Kuntotutkimuksissa selvitetään kiinteistön rakenteellisen kunnon lisäksi myös LVI-järjestelmien kuntoa sekä muita sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä. Tutkimukset tulee toteuttaa riittäväällä laajuudella, jotta sisäilmaongelman syy ja mahdollisten vaurioiden laajuus saadaan selvitettyä. Tutkimusten pohjalta suositellaan korjaustoimenpiteitä, joille on annettu arvio myös niiden laajuudesta sekä kiireellisyydestä. [2] Korjaussuunnitelmasta tulee käydä ilmi, mitkä rakenteet korjataan ja miltä laajuudelta, korjaustapa ja korjauksessa käytettävät materiaalit. Korjaussuunnittelu aloitetaan suoritettujen tutkimusten ja niistä saadun tiedon perusteella. Korjaussuunnitelmissa esitetään vaatimukset mallityöstä sekä sen toteuttamisesta ja hyväksymisestä, laadunvarmistusmenetelmät, suojaukset ja osastoinnit, työnaikaisen siivouksen ja loppusiivouksen taso. [1] Johtava asiantuntija tarkastaa korjaussuunnitelmat terveystarkastuksen kannalta. Viimeisessä selvitystyön vaiheessa korjausten onnistumista, käyttäjien terveydentilaa sekä kiinteistön huollon ja ylläpidon laatua arvioidaan seurantavaiheessa, jonka järjestämisestä huolehtii johtava asiantuntija. [2]

4. YLEISIMPIÄ SISÄILMAKORJAUSMENETELMIÄ

Ennen sisäilmakorjaukseen ryhtymistä tulee kohteeseen olla laadittuna yksilöity korjaussuunnitelma. Korjaussuunnitelmassa huomioidaan kuntotutkimuksissa esiin tulleet vauriot, jotka pyritään korjauksilla poistamaan tai vähintään estämään epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan esimerkiksi tiivistyskorjauksilla. Korjaukset tulisi toteuttaa siten, että vaurion aiheuttaja saadaan poistettua niin, ettei se pääse enää uusiutumaan. [3] Korjausten pääasiallisena tavoitteena on tehdä rakennuksesta turvallinen ja terveellinen. Myös rakenteiden rakennusfysikaalinen toimivuus tulee saavuttaa. [4] Joissakin tapauksissa vaadittavat korjaukset ovat teknisesti sekä taloudellisesti vaikeasti toteutettavissa, jolloin vaurioiden korjaamisessa täytyy tehdä kompromisseja. Taloudellisista syistä korjauksien aloitusta voidaan myös joutua siirtämään. Tällöin keskitytään toimenpiteisiin, joilla tilat voidaan pitää käytössä aiheuttamatta tilojen käyttäjille terveydellistä haittaa tai vaaraa. [3]

Monien sisäilmakorjausten syynä on rakenteissa esiintyvät kosteus- tai mikrobivauriot. Rakennusmateriaalit kestävät kosteutta, mutta kosteuden sietokyvyn raja on jokaiselle materiaalille yksilöllinen. Kosteudenkesto riippuu kosteuspitoisuuden lisäksi myös kosteusaltistumisen kestosta ja toistuvuudesta sekä rakenteen kuivumisnopeudesta. Kun kosteusrasituksen sietokyky ylittyy, syntyy rakenteeseen kosteusvaurioita ja/tai mikrobivaurioita. Seuraavassa kuvassa on esitetty yleisimpiä kosteusvaurioiden syitä, jotka johtuvat rakenteissa olevista virheistä tai puutteista. Kosteuslähteitä on sekä rakennuksen sisä- että ulkopuolella. [3]



Kuva 2 Yleisimpiä kosteuden aiheuttamia vaurioita [3].

Kosteus- ja mikrobivauriutilanteissa tulee vaurion laajuus ja syy selvittää ja näin rajata korjausta vaativat rakenteet ja alueet. Myös rakenteiden suunnitelmien mukaisuuden toteuttaminen on tarpeellista erityisesti korjaussuunnittelun näkökulmasta. Tehtyjen tutkimusten perusteella voidaan toteuttaa korjaussuunnitelma, jossa esitetään purettavat, korjattavat ja uusittavat rakenteet sekä korjausten laajuus. Korjausten onnistuminen edellyttää tutkimusten riittävää laajuutta, korjaussuunnittelijan ammattitaitoa sekä itse korjaustyön huolellista toteuttamista ja valvomista. [3]

Seuraavissa luvuissa on lyhyesti esitetty yleisimpiä sisäilmakorjausmenetelmiä yleisimmille rakennetyypeille. Lisäksi jokaisen korjausmenetelmän kohdalla on esitetty korjauksille asetettuja tavoitteita sekä edellytyksiä korjausten onnistumiselle.

4.1 Tiivistyskorjaukset

Mikäli rakennuksen sisätilat ovat alipaineiset ulkoilmaan nähden, eikä hallittua korvausilmansaantia ole taattu esimerkiksi korvausilmaventtiileillä tai riittävällä tuloilmalla ilmanvaihtolaitteiston avulla, voi korvausilmaa kulkeutua sisäilmaan ulkovaipan epätiiviskohdista. [3] Tämän niin kutsutun hallitsemattoman korvausilman mukana sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia esimerkiksi maaperästä, rakenteista ja ulkoilmasta, jonka seurauksena sisäilman laatu voi heikentyä. Epäpuhtauksia ovat esimerkiksi mikrobit, teolliset mineraalikuidut lämmöneristeistä sekä maaperän radon. [3] Rakennusten ilmatiiviyden parantamisessa rakennuksen ulkovaipan ilmatiiveyttä pyritään parantamaan siten, että korvausilman kulkeutuminen rakenteista ei olisi enää mahdollista. [5]

Rakenteiden tiivistyskorjauksissa ilmavirtauksia estetään, jolloin myös niiden kuivattava vaikutus poistuu. Tämän vuoksi tiivistyskorjausten suunnittelussa tulee huomioida tiivistysten kokonaisvaikutusta rakenteen rakennusfysikaaliseen toimivuuteen. Korjaussuunnitelmat tulee tehdä aina tapauskohtaisesti. [5] Yleisimpiä tiivistyskohteita ovat betonirakenteiden kuivumiskutistumasta aiheutuneiden rakojen ja liikuntasauvojen tiivistäminen sekä rakenneliittymien ja läpivientien tiivistäminen. [3] Puurakenteiden tiivistämisessä tulee huomioida lämpötila- ja kosteusvaihteluiden aiheuttamat liikkeet. Puurakenteisissa ulkoseinissä ilmatiiviyttä saavutetaan esimerkiksi höyrinsulkumuovilla tai ilmansululla. Ilmansulkuna voi toimia esimerkiksi kalvo-, levy-, kivi- tai massiivipuurakenne. Höyryn- ja ilmansulun liitokset, jatkokset ja läpiviennit tulee tiivistää huolellisesti. Tiiviyden parantaminen tapahtuu täten höyrinsulkukalvon ja ilmansulun yhtenäisyyttä parantamalla eli tiivistämällä limityksiä, liitoskohtia ja läpivientejä. [6] Höyrinsulkumuovi tai ilmansulkukalvo saattaa vanhoissa rakennuksissa olla nykymääräysten valossa hyvinkin puutteellisesti asennettu, jolloin ilmatiiviydessä voi esiintyä merkittäviäkin puutteita. [3]

Yleisesti ottaen mikrobivaurioituneet rakenteet ja rakennusmateriaalit tulee aina poistaa, eikä niitä pidä tiivistää. Mikäli mikrobivaurioituneen rakennusmateriaalin poistaminen rakenteesta on kuitenkin mahdotonta, voidaan rakenteen tiivistämistä eli mikrobivaurion kapseloimista rakenteen sisään harkita. Tällöin käytettävä tiivistäminen menetelmä ja -tuote tulee suunnitella erityisellä huolellisuudella. [5]

4.1.1 Korjausmenetelmän lähtökohdat

Rakennusten ja rakenteiden ilmatiiviyden parantamisella on monia eri vaikutuksia. Rakenteista tulevan vuotoilman mukana sisäilmaan voi kulkeutua rakenteista epäpuhtauksia, kuten mikrobiperäisiä epäpuhtauksia, hiukkasia ja kuituja, radonia sekä kemiallisia epäpuhtauksia ja muita haitta-aineita. Pahimmassa tapauksessa ne voivat aiheuttaa terveyshaitan tilojen käyttäjille. Epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan on todennäköisempää etenkin silloin, kun sisätilat ovat alipaineisia ulkoilmaan nähden. Alipaineen suuruus ja rakenteiden tiiviyttä vaikuttavat oleellisesti ilmavuotojen määrään. [3] Ilmavuotokohdat vaikuttavat myös rakenteen ääni- ja palotekniseen toimivuuteen. [5]

Tiivistyksillä voidaan lisäksi tavoitella säästöjä energian kulutuksessa. Tehtyjen tutkimusten mukaan, ilmanvuotoluvun kasvaessa yhdellä yksiköllä 2-kerroksisessa pientalossa, kasvaa tilojen ja ilmanvaihdon lämmitysenergiankulutus noin 7 % ja kokonaisenergian kulutus noin 4 %. Tyypillisen pientalon lämmitysenergiankulutuksesta hallitsemattoman vuotoilmanvaihdon osuus olisi tutkimusten mukaan noin 15 – 30 %. [7] Tiiviillä ulkovaipalla voidaan vaikuttaa myös rakennuksen energiatodistuksen energiatehokkuusluokkaan, mikä todennetaan yleensä tiiviysmittauksella. [8]

Mikäli sisätilat ovat ylipaineisia, voi lämpimän sisäilman sisältämä kosteus päästä kulkeutumaan epätiiviyshohtista rakenteisiin. Etenkin silloin, kun ulkoilma on sisäilmaa viileämpää, kosteus voi rakenteissa tiivistyä kylmemmälle pinnalle ja aiheuttaa täten paikallisen kosteusvaurion. Kosteuden tiivistymiskohta riippuu rakenteen lämpötilajakaumasta. Yhdessä sisätiloista kulkutuvan lämpimän ilman kanssa, kosteus aiheuttaa mikrobeille otolliset kasvuolosuhteet. Sisävaipan ollessa ilmatiivis, myös kosteuskonvektio eli vesihöyryn ja veden siirtyminen ilmapirran mukana rakenteisiin vähenee. [3]

4.1.2 Korjausmenetelmälle asetetut tavoitteet

Tiivistyskorjauksien onnistumista voidaan mitata muun muassa merkkiainekokeella, josta on julkaistu Rakennustiedon ohjekortti RT 14-11197 *Rakenteiden ilmatiiviiden tarkastelu merkkiainekokein*. Ohjekortissa on annettu tavoitetasomääritelmät korjausten tiiviydelle. Tavoitetasoja on kolme, joista tavoiteltavan tason määrittelee yleensä korjauskohteen pääsuunnittelija. Ohjekortin tasomääritelmät ovat seuraavat [9]:

1. *Täysin tiivis, vuotoja ei sallita*
2. *Merkittävä tiiviiden parantaminen: Sallitaan vähäisiä vuotoja alipaineistettuna, -10 Pa.*
3. *Tiiveyden parantaminen: ei saa olla merkittäviä vuotoja alipaineistettuna, -10 Pa ja enintään vähäisiä vuotoja käyttötilanteessa, ilmanvaihto tasapainotettuna alle -5 Pa.*

Noudatettava tavoitetaso riippuu siitä, mikä on ollut korjauksen lähtökohtana. Mikäli korjauksen lähtökohtana on ollut esimerkiksi mikrobin kulkeutuminen rakenteista tai maaperästä sisäilmaan, on tavoitetaso huomattavasti tiukempi kuin energiatehokkuutta parantavissa sisäilmakorjauksissa. [9]

Tiivistyskorjauksissa käytettäville materiaaleille ei ole esitetty viranomaisvaatimuksia, mutta materiaalien yksittäisille ominaisuuksille on olemassa standardeja. Materiaaleilta vaaditaan yleisesti elastisuutta, hyvää silloituskykyä ja pitkäaikaiskestävyyttä. Lisäksi tiivistysmateriaalin tulee olla kyseiseen käyttötarkoitukseen testattu. [6] Mikäli materiaalia käytetään sisätiloissa pintamateriaalina, on sen suositeltavaa täyttää myös rakennusmateriaalien päästöluokitus M1, jota vaaditaan sisäilmastoluokituksissa S1 ja S2. [10]

Yksi tiivistyskorjauksissa hyödynnettävä julkaisu on Rakennusinsinööriliiton julkaisema RIL 107-2012 *Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet*. Ohjeiden mukaan tiivistämisessä käytettäviä materiaaleja ovat esimerkiksi saumanauhut, tiivistysmassat, polyuretaanivaahdot, erikoisteipit ja erikoisliimanauhut. Tiivistysmateriaaleja käytettäessä tulee huomiota kiinnittää myös tartunta-alustaan ja sen materiaaliominaisuuksiin sekä puhtauteen. Tartunta-alueen tulee olla myös riittävän leveä. Muita huomioitavia ominaisuuksia ovat vesihöyrynläpäisevyys tai vesihöyrynvastus sekä kemikaalien kestävyys. [6]

Itse tiivistystyö tulee suorittaa tiivistysmateriaalin valmistajan ohjeiden mukaisesti ja hyvää rakennustapaa noudattaen. Sisäilmakorjauksissa tulisi tiivistyskorjausten tekijällä olla myös tuntemusta sisäilmaongelmista ja ymmärrys siitä, miksi korjauksia tehdään ja mihin niillä pyritään [1]. Yleisesti ottaen tiivistys vaatii huolellisen pohjatyön. Tiivistettävältä pinnalta tulisi poistaa mahdolliset maalit ja tasoitteet puhtaaseen ja lujaan pintaan asti. Kaikki irtomainen aines poistetaan niin, että alustaksi saadaan kiinteä pinta ja hiontapöly tulee poistaa huolellisesti imuroinnilla. Tarvittaessa voidaan käyttää tartunnan parantamiseksi pohjustusainetta. [11]

Koska tiivistyskorjauksessa suljetaan ilmapuoreittejä, tulee korjausten jälkeen tarkistaa rakennuksen painesuhteet ja tarvittaessa säätää ilmamäärät uudelleen. Mikäli kohteessa on koneellinen tulo-poisto-ilmanvaihto, suositellaan ilmanvaihdon tasapainottamista tiivistyskorjausten jälkeen. [5] Mikäli kohteessa on painovoimainen ilmanvaihto tai pelkkä koneellinen poisto, tulisi riittävästä korvausilmansaannista huolehtia lisäämällä esimerkiksi raitisilmaventtiilejä tarvittaessa. [3]

4.2 Ulkoseinärakenteet

Yleisimpiä syitä ulkoseinärakenteiden korjauksille ovat vesisateiden ja sulamisvesien aiheuttamat vauriot, ulkoseinärakenteen heikko tuulettavuus ja puutteet kosteuden poistumisessa rakenteesta. Ongelmia aiheuttavat myös kosteuden tiivistyminen rakenteiden sisään sekä rakennuskosteuden aiheuttamat kosteusvauriot. [6] Vanhoissa ulkoseinärakenteissa vaurion aiheuttajia voi olla useampia, jolloin korjauksessa on huomioitava koko rakennekokonaisuus. Myös käyttäjien toiminnalla voi olla vaurioita aiheuttava vaikutus, kuten lumien kasaaminen ulkoseinärakenteita vasten tai märkätilojen puutteellinen tuuletus tilojen käytön jälkeen. Rakennuksen vierustalle istutettu kasvillisuus voi estää ulkoseinärakenteiden tuulettavuutta ja lisätä rakenteiden kosteusrasitusta. Käyttäjien riittävä ohjeistuksella voidaankin ennaltaehkäistä vaurioiden syntymistä. [3]

Ulkoseinärakenteeseen syntyvä kosteusvaurio, ja yleensä sen seurauksena syntyvä mikrobivaurio, voivat esiintyä monessa eri sijainnissa ulkoseinärakenteen poikkileikkauksessa. Sisäpinta, sisäkuoren ulkopinta, eristekerros ja tuuletusväliin rajoittuva seinärakenteen ulkopinta ovat kaikki mahdollisia sijainteja vaurioille. Korkeussuunnassa seinärakenne vaurioituu todennäköisemmin alaosistaan. Ulkoseinissä olevat kosteus- ja/tai mikrobivauriot todetaan useimmiten kosteusmittausten tai rakennusmateriaalista teetetytyn

mikrobimäärityksen tulosten perusteella. Esimerkiksi runkotolpissa tai alaohjauspuissa olevat näkyvät lahovauriot voidaan todeta myös aistinvaraiseen arviointiin perustuen. Kosteusteknisesti toimivassa ulkoseinärakenteessa on huolehdittu riittävästä rakenteen tuuleutuksesta ja lisäksi rakenteen vesihöyrynvastuksen tulee kasvaa siirryttäessä rakenteessa ulkopinnasta sisäpintaan päin. [3]

Seuraavissa luvuissa on käyty läpi ulkoseinärakenteiden korjauksille asetettuja lähtökoh-
tia sekä lyhyesti esitelty eri ulkoseinärakennetyyppien ominaispiirteitä.

4.2.1 Korjausmenetelmien lähtökohdat

Julkisivun pääasiallisena tehtävänä on suojata ulkoseinärakennetta viistosateelta. Julkisi-
vuun liittyvien rakenteiden, kuten ikkunoiden ja ovien liittymien, tulee niin ikään olla
vedenpitäviä. Ikkunarakenteiden liittymäkohdista lämmöneristekerrokseen pääsevä viis-
tosade voi kastella lämmöneristeitä ja aiheuttaa täten kosteus- ja mikrobivaurioita. Lisäksi
puiset ikkunarakenteet voivat vaurioitua. Julkisivua pitkin valuva sadevesi ohjataan jul-
kisivurakenteen ulkopuolelle esimerkiksi erilaisten tippareunojen avulla. Kaikki vaaka-
suorat tai viistot pinnat tulee suojata esimerkiksi pellityksillä. [6]

Mikäli julkisivun taakse pääsee vettä, täytyy sen päästä poistumaan rakenteesta. Raken-
teen kuivuminen voi tapahtua diffuusion avulla, mikä edellyttää rakennusmateriaalien ve-
sihöyrynvastuksen pienenemistä siirryttäessä sisäpinnasta ulkopintaa kohden. Jotta sisäil-
massa oleva kosteus ei kuitenkaan pääsisi kulkeutumaan diffuusion tai konvektion avulla
ulkoseinärakenteeseen, täytyy lämmöneristeen lämpimämmällä puolella olla vesihöyry-
tiivis- ja ilmatiivis kerros. Höyrynsulun ja ilmansulun vaikutuksista on kerrottu enemmän
edellisessä luvussa 4.1. *Tiivistyskorjaukset*. Vesihöyry- ja ilmatiiviin kerroksen tulee olla
yhtenäinen, jolloin kerroksen liittymäkohtien (alapohja, yläpohja, ikkunat, ovet), läpi-
vientien toteuttamiseen tulisi kiinnittää erityistä huomioita. [3]

Jotta ulkoseinärakenteessa oleva kosteus pääsisi poistumaan rakenteesta, tulee julkisivu-
verhouksen taakse järjestää riittävä tuuletusväli. Tuuletusvälin toiminta perustuu ilman
liikkumiseen tuuletusvälissä, mikä edellyttää paine-eroa. Tuuli ja lämpötilaero saavat il-
man liikkumaan tuuletusvälissä, mutta välin on oltava riittävän suuri. Lisäksi sen on ol-
tava avoin ja yhtenäinen koko ulkoseinän matkalta, alhaalta ylös asti. Tuuletusvälin tulee
olla siis avoin kahdelta reunalta. Tuuletusväli estää myös sadeveden konvektion julkisi-
vumateriaalista lämmöneristeeseen. [3] Ympäristöministeriön asetuksessa (782/2017) ra-
kennusten kosteusteknisestä toimivuudesta tuuletusvälin leveydelle ei ole annettu täsmäl-
listä arvoa. Asetuksessa on määritely myös, että mikäli ulkoverhouksen taakse pääsee
vettä, tulee sen myös päästä poistumaan rakenteesta rakenteita vaurioittamatta. [12] Ase-
tus on korvannut rakentamismääräyskokoelman osan C2 Kosteus, jossa tuuletusvälin le-
veydeksi määriteltiin yleisesti 20 mm ja tiilistä muuratun ulkoverhouksen takana vähin-
tään 30 mm. [13]

Ulkoseinärakenteiden korjaamisessa tulee huomioida Ympäristöministeriön asetus 782/2017 rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta, jossa on esitetty velvoittavat säännökset rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden suunnittelusta ja rakentamisesta. Asetus koskee myös korjaus- ja muutostyötä. Asetuksessa ulkoseinärakenteelle on annettu säännöksiä ulkoseinärakenteen ja sen liitosten vesihöyrynvastuksesta ja ilmatiiviyydestä sekä satunnaisesti rakenteeseen tunkeutuvan veden vaikutuksista siten, että seinän kosteuspitoisuus ei saa nousta haitallisen suureksi, ja että veden on poistuttava rakenteesta vahinkoa tai terveysriskiä aiheuttamatta. Asetuksessa tarkennetaan höyrynsulun, ilmanulun ja tuulensuojan sekä tuuletusvälin merkitystä sekä ominaisuuksia. Asetuksen mukaisesti ilman- ja höyrynsulun saumat, reunat ja läpivientikohdat tulee määräysten mukaisesti tiivistää huolellisesti. [12]

Mikäli tiilistä muurattu julkisivurakenne joudutaan kokonaisuudessaan purkamaan, tulee uuden kuorimuurin suunnittelussa huomioida voimassa olevat määräykset ja ohjeet. Esimerkiksi julkaisun RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet mukaan tulee tiiliverhous muurata täysin saumoin ja muuratun ulkoverhouksen vähimmäispaksuuden on oltava 85 mm. Mikäli räystäät ovat lyhyet tai niitä ei ole tai seinä on altis voimakkaalle kosteusrasitukselle, suositellaan käytettäväksi tiivissaumalaastia ja ulkokuoren vähimmäispaksuudeksi 120 mm. Tuuletusvälin vähimmäisleveydeksi on määriteltä 30 mm, voimakkaalle viistosaderasituksille altistuvissa ulkokuorissa vähintään 40 mm. Lisäksi Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeissa on suositeltu, että myös vanhoissa tiiliverhotuissa puurunkoisissa ulkoseinissä tuulensuojan lämmönvastuksen tulisi vähintään $1,6 \text{ m}^2\text{K/W}$ (enintään 10 m korkea tiiliverhous). [6]

4.2.2 Rankarakenteinen ulkoseinä

Rankarakenteinen ulkoseinä on kerroksellinen rakenne. Sisäpuolelta lueteltuna rakenne koostuu yleensä sisäverhouslevystä, höyrynsulusta, eriste- ja runkokerroksesta, mahdollisesta tuulensuojalevystä ja tuulettuvasta julkisivusta. Rakennusajankohdasta riippuen rakenteessa voi höyrynsulun tilalla olla käytetty ilmansulkua tai sisäverhouslevy on asennettu suoraan eristekerroksen päälle. Rankarakenteisissa seinissä on julkisivumateriaalina käytetty useimmiten puuverhousta tai tiilikuorimuuria. Lautaverhotuissa julkisivuissa tuuletusväli voi olla puutteellinen esimerkiksi pystylaudoituksen vaakakoolauksen vuoksi, tuuletusväli on ala- tai yläpäästään suljettu tai tuuletusvälin suuruus on riittämätön. Tiilikuorimuurin tuulettavuuden ongelmista on kerrottu seuraavassa luvussa. Vanhoissa ulkoseinärakenteissa yleinen ongelma on myös ulkoseinärakenteen alaohjauspuun sijainti maanpinnan tasolla tai sen alapuolella. [3] Valesokkelirakenteesta on kerrottu lisää luvussa 4.4.2. *Valesokkeli*.

Sisäilmassa olevan kosteuden siirtymistä ulkoseinärakenteisiin voidaan estää höyrynsulkukalvolla, kuten edellä on jo todettu. Sisäilman kosteus voi hetkellisesti kasvaa käyttäjän toiminnan, kuten ruuanlaiton, peseytymisen tai pyykinpesun seurauksena. Tätä kutsutaan

käyttäjien aiheuttamaksi kosteuslisäksi. Tyypillisesti kosteuslisä on suurempi asuinrakennuksissa kuin toimisto- tai opetusrakennuksissa. Kosteuslisä tulisikin pyrkiä poistamaan tehostetulla tuuletuksella. Jos rakennus on sisätiloiltaan ylipaineinen ulkoilmaan nähden, kosteuslisä voi kulkeutua rakenteisiin. Mikäli sisä- ja ulkoilman lämpötilaero ja kosteuslisä ovat riittävän suuret, voi kosteus päästä tiivistymään vedeksi ulkoseinärakenteen sisällä olevaan kylmään rakenneosaan. Riskialttiimpia kohtia kosteuden tiivistymiselle ovat kylmäsillat ja puutteellisesti lämmöneristetyt kohdat. Myös rakennusaikaisen kosteuden haihtuminen sisäilmaan voi aiheuttaa kosteuslisän rakennuksen valmistumisen jälkeen. [3]

4.2.3 Tiili-villa-tiili- ja tiili-villa-betoniulkoseinät

Etenkin koulurakennuksissa on käytetty ulkoseinärakenteena tiili-villa-tiili- tai tiili-villa-betoniulkoseinärakennetta. Kantavana rakenteena toimii muurattu tai betonista valettu sisäkuori ja lämmöneristeinä on käytetty mineraalivillaa. Ulkokuori on tyypillisesti puhtaaksimuurattua tiiltä. Kuorimuurin ja lämmöneristeen väliin ei rankarakenteisen ulkoseinän tapaan ole välttämättä jätetty tuuletusväliä, sillä tuuletusvälin käyttö yleistyi vasta 1980-luvulla. Tuuletusvälin tuulettavuuden edellytyksenä on tiilikuoren alaosan avoimet pystysaumamat. Tuuletusvälin toimimattomuus aiheutuu tiiliverhouksessa yleensä avoimien pystysaumojen puuttumisesta, pystysaumojen tukkeutumisesta laastipurseilla tai koko tuuletusvälin tukkeutumisesta tiilikuoren laastipurseiden vuoksi. Mikäli laastipurseet otavat kiinni lämmöneristeeseen, ne voivat siirtää kosteutta myös tiiliverhouksesta lämmöneristeeseen. [3]

Rakenteen kuivumiskyky on heikompi kuin rankarakenteisella ulkoseinällä. Lisäksi rakenteesta puuttuu erillinen höyryn- tai ilmansulkukerros, jolloin sisäilmasta diffuusiolla ulospäin siirtyvä sisäilman kosteus voi talvikaudella tiivistyä ulkokuoren sisäpintaan. Kosteus- ja mikrobivaurioiden syntyminen on mahdollista, mikäli kosteus ei pääse kuivumaan rakenteesta. Ikkuna- ja ovirakenteiden liittymät sisäkuoreen ovat yleensä niin ikään epätiivittä ja sisäkuoren ilmatiiviys on heikko. Mikäli sisäkuoren tiilimuurausta ei ole rapattu, ilmavuotoja voi tapahtua myös tiilisaumojen kautta. Sisäkuoreessa voi esiintyä myös halkeamia ja rakoja, jotka mahdollistavat ilmavuodot rakenteesta. Tällöin eristetilassa esiintyvät mikrobit ja muut epäpuhtaudet pääsevät kulkeutumaan sisäilmaan. [3]

Mikäli ulkoseinärakenteen lämmöneriste on päässyt jatkuvasti kastumaan ja lämmöneristeessä todetaan mikrobivaurioita, tulee vaurioitunut materiaali yleensä poistaa rakenteesta ulkokautta. Ulkokuoren purkamisen ja uuden ulkokuoren rakentamisen yhteydessä voidaan parantaa uuden ulkokuoren tiiviyyttä ja tuulettavuutta, jolloin myös vaurion aiheuttaja saadaan poistettua. Lisäksi korjauksella voidaan parantaa rakennuksen energiatehokkuutta. Uuden kuorimuurin tukemistarve tulee niin ikään kartoittaa. Sisäkuoren tiivistäminen on usein myös tarpeellinen korjaustoimenpide. Ulkokuoren tiilissä ja saumauslaastissa voi myös esiintyä rapautumista, jonka aste tulee selvittää. [14]

4.3 Maanvarainen alapohjarakenne

Maanvaraisella laattalla tarkoitetaan betonirakenteista alapohjalaattaa, jossa teräsbetoni-laatan alle on tavallisimmin asennettu lämmöneriste ja lämmöneristeen alla on kapillaa-riatkona toimiva salaojituskerros. [3] Maanvarainen alapohja on yleisin alapohjarat-kaisu, josta on vuosien saatossa käytetty erilaisia muunnelmia. Alapohjalaattaa ei ole vält-tämättä lämmöneristetty ollenkaan tai lämmöneristys on asennettu vain laatan reuna-alu-eille. Niin kutsutussa kaksoislaattarakenteessa betonilaattoja on kaksi, pohjalaatta ja pin-talaatta, jossa lämmöneriste on sijoitettu niiden väliin. Väliseinät alkavat yleensä jo poh-jalaatan päältä, jolloin alaohjauspuu ja väliseinärungon alapää ovat pintalaatan alapuo-lella. Kolmas käytetty rakennetyyppi on puukorotettu lattia, jossa yksinkertaisen alapoh-jalaatan päälle on koolattu lämmöneristetty, puurakenteinen lattia. Eristeenä on voitu käyttää esimerkiksi mineraalivillaa tai sahanpurua. Myös käyttövesiputkistot on tyypilli-sesti sijoitettu puukoolatun lattian eristetilaan. [14]

Mikäli alapohjalaatta on eristetty yläpuolelta, korjausmenetelmänä on yleensä pintara-kenteiden ja eristekerroksen purkaminen pohjalaatan päältä. Pohjalaatan pinta tulee puh-distaa huolellisesti, jonka jälkeen sen pinnalle asennetaan vedeneristys. Alapohjalaatta eristetään uudelleen yläpuolelta kosteutta kestäväällä lämmöneristeellä, jonka lisäksi myös pintarakenteiden tulee sietää kosteutta. [15] Raskain korjausmenetelmä on koko lattiarakenteen purkaminen ja uuden alapohjarakenteen rakentaminen, mikä voidaan toteuttaa esimerkiksi peruskorjauksen yhteydessä. Tällöin alapohjarakenne suunnitellaan kuten uudiskohteessa ja alapohjan liittymistä muihin rakenteisiin laaditaan erillinen korjaus-suunnitelma. Kosteusvaurioitunut alapohjalaatta voidaan korjata myös asentamalla laatan päälle uusi, tuulettuva lattiarakenne. Ongelmana on kuitenkin lattian korottuminen. [16] Kaksoislaattarakenteissa laattojen välinen eristetilä voidaan myös alipaineistaa, jolloin epäpuhtaudet eivät pääse kulkeutumaan rakenteesta sisäilmaan. Tuulettuvan lattiaraken-teen ja alipaineistetun eristetilan toimivuuden edellytyksenä on alapohjarakenteen liitty-mien tiivistäminen. Kaksoislaattarakenteen eristetilan alipaineistamisella on todettu ole-van myös rakennetta kuivattava vaikutus. [17]

Mikäli alapohjarakenteessa on todettu esimerkiksi mikrobivaurioita lattiapinnoitteessa ja mikrobivaurioitunutta rakennetta ei saada poistettua, voidaan se myös kapseloida. Kap-seloinnissa rakenteen pintaan tehdään yhtenäinen kalvo, joka estää epäpuhtauksien kul-keutumisen sisäilmaan konvektion tai diffuusion avulla [5]. Maatäytössä luonnollisesti esiintyvien mikrobien ja muiden epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan on myös mahdollista alapohjarakenteen epätiiviyshkohdista, joka voidaan estää tiivistyskorjauk-silla. [18]

Seuraavissa luvuissa on käyty läpi maanvastaisen alapohjarakenteen korjauksille asetet-tuja lähtökohtia sekä lyhyesti esitelty tuulettuvan alapohjarakenteen erityispiirteitä. Li-säksi erikseen on käsitelty valesokkelirakennetta ja lattiapinnoitteiden vaurioita.

4.3.1 Korjausmenetelmien lähtökohdat

Maanvarainen alapohjarakenne on nimensä mukaisesti maanvastainen rakenne. Korjausmenetelmien lähtökohdana on rakenteen muuttaminen kosteusteknisesti toimivammaksi rakenteeksi. [15] Suurimmat ongelmat maanvastaisissa rakenteissa ovat kosteuden aiheuttamia, ja niitä pyritään ehkäisemään rakennuspohjan kuivatuksella ja kuivana pitämällä sekä kosteuden tunkeutumisen estämisellä rakenteisiin. Rakennuspohjan kuivana pitämisen yhtenä osana on hulevesien johtaminen pois rakennuksen viereltä riittävien maanpinnan kallistusten ja sadevesijärjestelmän avulla. Ohjeiden mukaan riittävä maanpinnan kallistus kolmen metrin matkalla rakennuksen perusmuurista 1:20 eli korkeuseron on oltava vähintään 0,15 m. [6]

Rakennuspohjan salaojitus on toinen tärkeä alapohjan kosteustilanteeseen vaikuttava tekijä. Salaojituskerrokset ja salaojaputket sijoitetaan rakennuksen ympärille ja tarvittaessa sen alapuolelle. Salaojaputkien korkeimman kohdan tulee sijaita vähintään 0,4 m viereisen lattian alapinnan alapuolella ja salaojituskerroksen alapuolella. Nykyään käytettävien salaojaputkien halkaisija on 110 mm. Vanhojen salaojaputkien yleisimpiä ongelmia ovat salaojien painuminen notkolle tai putkistojen kasaan painuminen. Mikäli salaojaputkistojen ympärille ei ole asennettu tarpeeksi karkearakeista salaojituskerrosta, voi ympäröivän maa-aineksen hienoaines tukkia salaojaputkistot tai maa voi tiivistyä vettä läpäisemättömäksi salaojan ympärillä. [3]

Rakennuspohjan salaojitus toteutetaan, jotta veden kapillaarinen kosteuden siirtyminen maaperästä rakenteisiin voidaan estää, ja jotta pohjavedenpinta voidaan pitää riittävällä etäisyydellä lattiasta. Salaojituskerroksen tulee olla hyvin vettä läpäisevää, tasarakeista ja seulottua luonnonkiviainesta kuten sepeliä. Myös kevytsoraa voidaan käyttää, jolloin se toimii samalla myös lämmöneristeenä. Salaojituskerros on erotettava suodatinkankaalla sitä ympäröivistä maalajeista, jotta niiden sisältämä hienoaines ei pääse sekoittumaan salaojituskerrokseen. Alapohjan alle sijoitettava salaojituskerroksen paksuuden on oltava vähintään 200 mm. Perusmuuria tai kellarin seinää vasten tulevan pystysuuntaisen salaojan tulee niin ikään olla vähintään 200 mm leveä. [6]

Yksi maanvastaisen alapohjarakenteen kosteusvaurioiden syistä on maapohjan lämpötilan kohoaminen ja lämpötilaeron pieneneminen maapohjan ja alapohjalaatan välillä. Lämmin sisäilma saa alapohjalaatan ja maapohjan lämpötilan kohoamaan. Mikäli alapohjalaatan alle ei ole asennettu lämmöneristettä, lämmöneristekerros on ohut tai lämmöneristemateriaalilla on itsessään heikko lämmöneristävyys, lämpötilaero maapohjan ja sisäilman välillä jää pieneksi ja kosteusvaurioiden riski kasvaa. Lämpötilan noustessa huokosilma pystyy sitomaan itseensä enemmän kosteutta, jolloin kosteusjakauma maapohjan ja sisäilman välillä kasvaa. Tällöin vesihöyryn diffuusio (kosteuden siirtyminen pienemmän pitoisuuden suuntaan) maapohjasta sisäilmaan kasvaa. Mikäli lattiapinnoitteen vesihöyrynvastus on korkea, on kosteuden tiivistyminen lattiapinnoitteen alapintaan

mahdollista. Kosteus voi aiheuttaa lattiapinnoitteen ja/tai sen kiinnitysliiman vaurioitumista, josta kerrottu lisää luvussa 4.3.4. Vaurioita voi syntyä myös korkean suhteellisen kosteuden seurauksena, vaikka tiivistymistä ei tapahtuisi. Jos lattiapinnoitteen vesihöyrynvastus on alhainen, ei suhteellinen kosteus pääse nousemaan niin korkeaksi kuin tiiviin lattiapinnoitteen alla. Myös alapohjarakenteen pinta-alalla on vaikutusta, sillä suurien alapohjarakenteiden maapohjan keskialueet eivät pääse viilenemään kuten reuna-alueet ja alapohjan lämpötila voi kohota lähelle sisäilman lämpötilaa. [15]

Tyypillisesti diffuusion aiheuttamia vaurioita esiintyy etenkin silloin, kun lattiapinnoite on korjausten yhteydessä vaihdettu tiiviimpään pinnoitteeseen. Verrattuna kapillaarisen kosteuden nousemiseen, diffuusiolla tapahtuvassa kosteuden siirtymisessä kosteusmäärät ovat huomattavasti pienempiä. Kapillaarista kosteuden nousua alapohjalaataan tapahtuu silloin, kun betonilaatan alapuolelle ei ole asennettu kapillaarista kosteuden nousua estävää materiaalikerrosta. Laatan alla olevan maa-aineksen kapillaarisuudella on merkittävä vaikutus. [16] Rakennuksen sisäpuolinen kosteus on yleensä peräisin putkivuodoista tai muusta vesivahingosta. Rakennusaikaisen kosteuden mahdollisuus tulee myös huomioida. [14] Kosteusvaurion syitä voi kuitenkin samassa rakenteessa olla useampia, eikä kaikkia aiheuttajia välttämättä saada poistettua tai ne ovat jääneet kuntotutkimusten yhteydessä havaitsematta. [3]

Puukoolatun lattian ongelman aiheuttajia ovat sisäpuolinen lämmöneristys ja kapillaarinen kosteuden nouseminen, mikäli puukoolauksen ja betonilaatan väliin ei ole asennettu kapillaarikatkoa kuten bitumikaistaa. Kriittisin tilanne puukoolatussa lattiassa syntyy silloin, kun lattiapäällysteenä on käytetty tiivistä pinnoitetta, kuten muovimattoa. Tällöin betonilaatan suhteellinen kosteus myös laatan yläpinnassa voi nousta hyvin korkeaksi. Kosteusrasitus laatan yläpuolella oleviin rakenteisiin kuten puukoolaukseen ja käytettyyn eristemateriaaliin on suuri ja vaurioituminen on todennäköistä. Mikäli laatan yläpinta on kosteuseristetty bitumisivelyllä, voi kostean ja lämpimän sisäilman kosteus tiivistyä myös viileämmän laatan pintaan. [14]

4.3.2 Tuulettuva alapohja

Maanvaraisen lattiarakenteen lisäksi käytetään myös tuulettuvalla alustilalla eli ryömintätalalla toteutettavaa alapohjarakennetta. Ryömintätila rajoittuu yläpuolelta rakennuksen alapohjarakenteeseen, sivuilta perusmuuriin eli sokkeliin ja alapuolelta perusmaahan. Ryömintätilan kosteusteknisessä toimivuudessa tulee huomioida useita seikkoja. Hulevesien pääsy ryömintätilaan ja maaperän kosteuden nousun estämisessä pätevät samat rakennuspohjan kuivatusmenetelmät kuin maanvaraisessa alapohjarakenteessa. Lisäksi kosteustekninen toimivuus varmistetaan ryömintätilan tehokkaalla, ympärivuotisella tuuletuksella ja tarvittaessa maapohjan lämmöneristyksellä ja ryömintätilan lämmityksellä. Ryömintätilaa voidaan myös kuivata koneellisesti. [6]

Yleisimmin ryömintätilan tuuletus tapahtuu ulkoilmalla, jolloin kesäaikana ulkoilman korkea suhteellinen kosteus voi kasvattaa myös ryömintätilan suhteellista kosteutta ja kosteutta voi tiivistyä kylmemmille pinnoille. Lämmin ulkoilma lämmittää ryömintätilan maapohjaa, jolloin se jäähtyy. Ilman jäähtyessä ryömintätilan suhteellinen kosteus kasvaa ja tuulettaminen voi jopa kasvattaa ryömintätilan suhteellista kosteutta. Tilanne muuttuu vasta, kun maapohjan ja alustatilan lämpötila kohoaa. Lisäämällä maapohjan pinnan lämmöneristystä voidaan lämmönsiirtyminen maapohjaan estää, jolloin tuuletusilmassa oleva lämpö ei pääse siirtymään siihen. Tällöin tuuletusilma ei pääse jäähtymään, ja se pystyy sitomaan ryömintätilan kosteutta. [15]

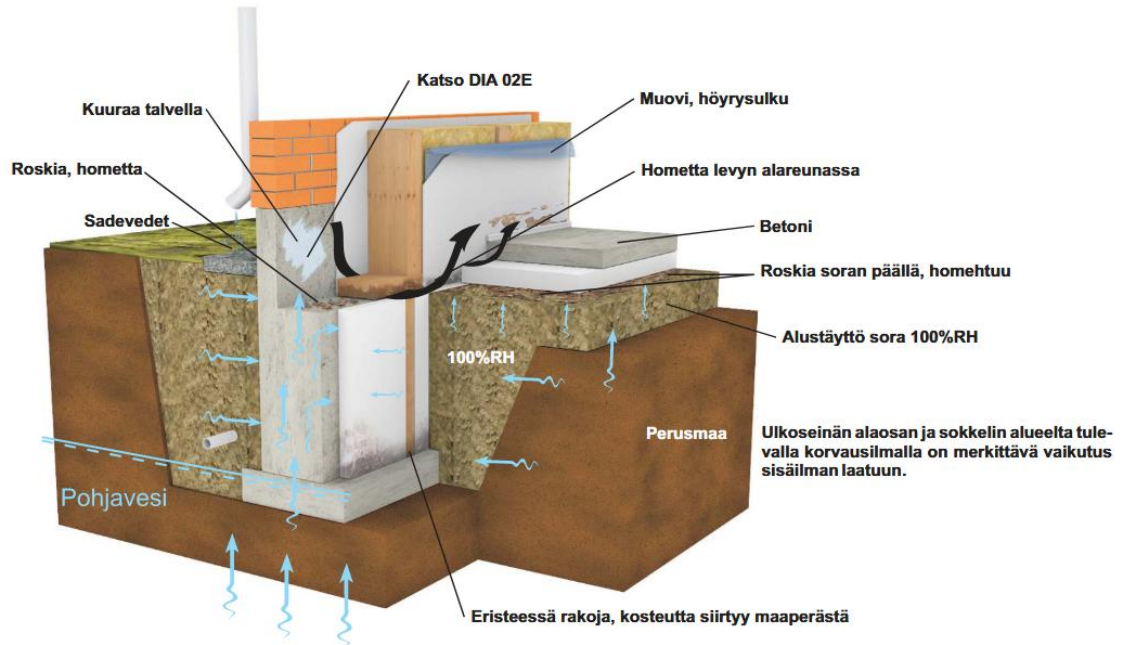
Ryömintätilallisen alapohjarakenteen suunnittelussa tulee huomioida, että toimivassakin ryömintätilassa voi kesäaikaan olla mikrobikasvulle otolliset kasvuolosuhteet kuten edellä on todettu. Tämän takia ryömintätila täytyy pitää puhtaana eikä sinne saa jättää rakennusjätettä tai muuta orgaanista ainesta. Myös mahdolliset muottilaudoitukset tulisi poistaa. Lisäksi ryömintätilaan rajoittuvat materiaalit suositellaan valitsemaan siten, että ne ovat mahdollisimman hyvin kosteutta kestäviä ja kosteana lujuutensa säilyttäviä. Koska mikrobikasvu ryömintätilassa on mahdollista, tulee erityistä huomioita kiinnittää alapohjan ilmatiiviyeen sisätiloihin nähden. Epäpuhtauksien kulkeutuminen ryömintätilasta sisäilmaan tulee estää. [6]

Ryömintätilan ja sisätilan välinen alapohjarakenne on yleisimmin puu- tai betonirakenne. Alapohjarakenteessa sallittu kosteustaso on riippuvainen rakenteessa käytetyistä materiaaleista ja niiden kosteudenkestosta. Vallitseva kosteustaso on puolestaan riippuvainen sisäilman ja ryömintätilan olosuhteista sekä rakenteen ominaisuuksista. Alapohjarakenteen alapinnassa ja perusmuurin sisäpinnassa voi ajoittain syntyä jopa kondensoitunutta kosteutta. Tämä voidaan hyväksyä, mikäli alapohjassa ei ole mikrobivaurioituvaa ainesta tai korkean kosteuspitoisuuden jakso on lyhyt. Riippuen alapohjarakenteesta, sen yläosassa suhteellinen kosteus vaihtelee tyypillisesti noin 60...85 %. Betonirakenteissa, ryömintätilallisissa alapohjissa sisäpinnan ilmatiiviys on helpompi toteuttaa kuin puurakenteisissa alapohjarakenteissa. Puurakenteisissa alapohjarakenteissa ryömintätilan suhteellisen kosteuden tulisi olla alle 80 % mikrobikasvun välttämiseksi. Kantavat puurakenteet voidaan myös lämmöneristää alapinnasta, jolloin puurakenteisen alapohjan kosteustekninen toimivuus paranee. [3]

4.3.3 Valesokkeli

Valesokkelilla tarkoitetaan sokkelirakennetta, jossa ulkoseinän alaohjauspuu on sokkelin yläpinnan alapuolella. Alaohjauspuu voi tapauskohtaisesti olla tällöin jopa maan pinnan alapuolella. Maanvaraiseen laattaan nähden alaohjauspuu voi sijaita joko sen päällä tai laatan yläpinnan alapuolella. Alaohjauspuita voi olla myös kaksi päällekkäin. Valesokkelirakenteen ongelmana on yleensä alaohjauspuihin kohdistuva kosteusrasitus. Pahimmassa tapauksessa alajuoksu on maanvaraisen betonilaatan ja betonisokkelin välissä, jolloin kuivumisesta voi tapahtua ainoastaan alajuoksun yläpinnasta. Valesokkelirakenne on

todennäköisimmin vaurioitunut kohdasta, jossa lattiapinta on lähimpänä maanpintaa tai sokkeliin kohdistuva kosteusrasitus on muuten suuri esimerkiksi sadevedenohjauksessa olevien puutteiden vuoksi. [3] Seuraavassa kuvassa on esitetty valesokkelirakenteen tyyppisimpiä ongelmia ja vaurioita.



Kuva 3 Valesokkelin tyyppisimpiä kosteuslähteitä ja vauriopaikkoja [19].

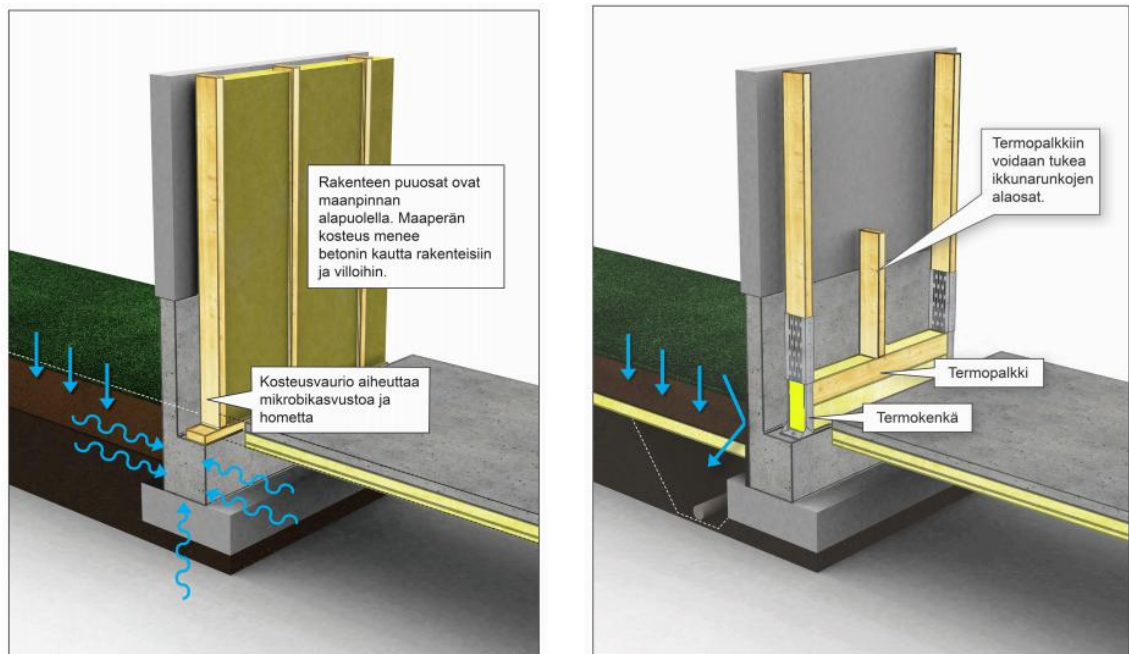
Nykymääräyksissä ulkoseinän alaohjauspuun tulisi sijaita maanpinnan yläpuolella. Lisäksi ulkoseinän tulisi lähteä perusmuurin yläpinnasta, eikä perusmuurin ulkopinta saa nousta alaohjauspuun eteen. [6]

Valesokkelia on käytetty yleisesti 1960-1990-luvuilla rakennetuissa pientaloissa sekä yksikerroksissa palvelu- ja liikerakennuksissa. Valesokkelirakenteiden korjausmenetelmänä on käytetty useampaa vaihtoehtoa. Yleisimmin käytetyt korjausmenetelmät ovat niin kutsuttuja korotuskorjauksia, jossa ulkoseinän alaosa puretaan vähintään perusmuurin yläpintaan saakka ja uusi runko asennetaan uuden korotuksen päälle. [20] Rakennustiedon julkaiseman ohjekortin RT 80-10712 *Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot* mukaan rakenteiden uusiminen tulisi suorittaa vaurioituneen kohdan lisäksi 0,2...0,5 metriä vauriotumattoman rakenteen puolelle [21]. Korjauksissa tulee myös huomioida maanpinnan kallistuksien ja sadevesien ohjauksien puutteet, jotka tulisi korjata samassa yhteydessä. Myös salaojien olemassaolo/toimivuus sekä perusmuurin vedeneristys tulee tarkistaa ja tarpeen mukaan korjata. Tällöin uuden rakenteen kohdistuva kosteusrasitus saadaan pieneneväksi. [6]

Korotuksena on yleisesti paljon käytetty kevytsoraharkkoa. Kevytsoraharkot muurataan vanhan alajuoksun tilalle. Ennen harkkojen muurausta on tärkeää puhdistaa alusta huolellisesti kaikista orgaanisesta ja muusta irtaaineksesta. Harkon koko valitaan vanhan alaohjauspuun leveyden ja perusmuurin korkeuden mukaan. Uusi alajuoksu asennetaan

muurauslaastin kovettumisen jälkeen. Purkutyo ja muuraustyö tehdään yleensä 2 – 3 runkotolpan väliä kerrallaan. Korjausmenetelmän huonoja puolia ovat työmenetelmän hitaus, harkkorakenteen heikko lämmöneristyskyky ja täten kondenssiveden muodostumisen mahdollisuus. Tämän vuoksi harkon ja perusmuurin väliin asennetaan yleensä XPS-eriste, mutta lämmöneristyskyky heikkenee yleensä aina vanhaan, mineraalivillalla eristettyyn rakenteeseen verrattuna. Joissakin tapauksissa lämmöneristelevyä ei pystytä tilanpuutteen vuoksi asentamaan. [20]

Valesokkelirakenteen korjaukseen on kehitetty myös erityisesti siihen tarkoitettuja tuotteita. Yksi näistä tuotteista on Lamox Oy:n kehittämä Termokenkä ja Termopalkki, joiden avulla alajuoksun korotuskorjaus tehdään. Valmistajan mukaan menetelmä on harkkomuurausta nopeampi työmenetelmä ja lisäksi lämmöneristävyyskyky on huomattavasti parempi kuin kevytsoraharkolla. Alapäästään katkaistuiden runkotolppien tilalle asennetaan termokengät ja runkotolppien väliin termopalkki. Termopalkki on valmistettu EPS-eristeestä ja se kiinnitetään tolppien väliin huolellisesti uretaanilla. Valmistajan ohjeiden mukaan termokengän ja -palkin alle asennetaan ensimmäisenä höyrynsulkumuovi, joka liimataan paikoilleen uretaanilla. [22] Alla on esitetty valmistajan periaatekuva termotuotteilla korjatusta valesokkelirakenteesta.



Kuva 4 Perinteinen valesokkelirakenne (vas.) ja Termotuotteella korjattu rakenne (oik.) [22].

Termokengällä ja termopalkilla korjatun valesokkelirakenteen ongelmakohtia ja haittapuolia on tutkittu vuonna 2017 valmistuneessa Rakennusterveysasiantuntija-koulutuksen opinnäytetyössä. Työssä on otettu kantaa höyrynsulkumuovin kiinnittämiseen uretaanivaahdolla, sillä uretaanivaahdovalmistajan tuotetietojen mukaan uretaani ei tartu polyeteenimuoviin. Työssä tehtiin tartuntakokeita, joiden perusteella uretaani irtosi polyeteenikalvosta kuivumisen jälkeen. Polyuretaanivaahdo kutistuu jonkin verran kuivuessaan,

jolloin ilmareitti alapohjasta sisäilmaan on mahdollinen. [23] Lamox Oy:n detailjiirustuksissa lattia- ja seinäliittymän tiivistys suositellaan lopuksi tekemään vielä Ardex-tiivistysohjeiden mukaisesti. [22]

Lisäksi opinnäytetyössä otettiin kantaa metallista valmistetun termokengän lämmönjohdavuuteen ja sen aiheuttamaan kylmäsiltaan rakenteessa. Kylmäsilta muodostuu, kun kylmästä sokkelirakenteesta johtuu kylmää metalliseen termokenkään ja edelleen runkotolpan alaosaan. Opinnäytetyössä tehtyjen mallinnusten ja lämpökuvausten perusteella kylmäsilta aiheuttaa voimakkaita kylmiä alueita ulkoseiniin, jotka voivat mahdollistaa sisäilman kosteuden kondensoitumisen rakenteeseen. Lämpökuvissa todettiin myös ilmavuoja termokengän vierestä sisäverhouslevyn taakse. [23]

4.3.4 Lattiapinnoitteen vauriot

Kun suhteellinen kosteus laatan ja lattiapinnoitteen rajapinnassa kohoaa riittävän suureksi, voi lattiapinnoitteessa ja/tai sen kiinnitysliimassa tapahtua vaurioita. Kuten edellä on todettu, kosteus voi siirtyä maapohjasta alapohjan betonirakenteisiin. Myös rakennuskosteuden aiheuttamat vauriot ovat mahdollisia, jos alapohjalaattaa ei ole kuivatettu riittävän kuivaksi ja lattia on pinnoitettu tiiviillä pinnoitemateriaalilla. Rakennuskosteuden aiheuttamia lattiapinnoitteen vaurioita voi esiintyä myös välipohjarakenteissa. [15] Päälystevaurioiden esiintyminen on riippuvainen etenkin käytetyistä materiaaleista, kosteudesta sekä kiinnitysalustan pH:sta eli sen alkalisuudesta. Korkea pH mahdollistaa alkali-
sen hydrolyysin eli veden kemiallisen reaktion. Kun reaktio pääsee käynnistymään, se jatkuu loppuun asti, vaikka rakenne kuivuisikin normaaliolosuhteeseen. Tällöin sisäilmaan voi päästä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä eli niin kutsuttuja VOC-yhdisteitä. Yleisimmin käytettyjä lattiapinnoitteita, joiden yhteydessä vaurioita yleensä esiintyy, ovat muovimatto- ja vinyylimattopinnoitteet. [24]

Yleisimmät muovipäälysteiden päästöt aiheutuvat päälystemateriaalin sisältämistä pehmittimistä. Pehmittimiä käytetään muun muassa päälysteen taipuisuuden parantamiseksi, jolloin esimerkiksi asennustyö helpottuu. Päästöjä voi tapahtua myös kiinnitysliimasta, tasoitteesta tai käytetystä pohjustusaineesta eli niin kutsutusta primerista. Materiaalin VOC-yhdisteiden kokonaisemissiot koostuvat primäärisistä emissioista sekä sekundäärisistä emissioista. Materiaalin vanhetessa primääriemissioiden osuus kokonaisemissioista pienenee, kun taas sekundääriemissioiden osuus aiheutuu liiallisesta kosteudesta, jolloin niiden osuus kokonaisemissioista tyypillisesti kasvaa materiaalin vanhetessa. Niin ikään kiinnitysliimoissa on käytetty pehmittimiä. 2000-luvun aikana helposti haihtuvien orgaanisten liuotinyhdisteiden käytöstä on kuitenkin vähitellen luovuttu, mutta uusien vähäpäästöisten mattoliimojen käytön yleistymistä on hidastanut niiden hankalampi työstettävyys sekä korkea hinta. [24]

Muovipäälysteen ja/tai sen kiinnitysliiman kemiallisen vaurioitumisen riskiä voidaan pienentää käyttämällä matala-alkalisia tasoitteita. Matala-alkalisten tasoitteiden myötä

kiinnitysalustan pH laskee betonin 13:sta arvoon 11 tai vähemmän. Tasoitekerroksen paksuuden tulee kuitenkin olla riittävä. Myös muovimaton alapinnan mikrobivaurioituminen on mahdollista, mutta tyypillisesti mikrobikasvua tapahtuu vasta suhteellisen kosteuden ollessa pitkiä aikoja yli 90 %RH muovimaton alapinnassa. Mikäli muovimaton ja betoni-laatan väliin on jäänyt herkästi vaurioituvaa orgaanista ainesta, on mikrobivaurioituminen todennäköisempää. [24]

Päällysteen vaurioituminen todetaan yleensä VOC-ilmanäytteellä tai FLEC-näytteellä. Ilmanäytteessä tutkitaan nimensä mukaisesti sisäilmassa olevia yhdisteitä. FLEC-näytteissä keskitytään rakenteen pintaemissioihin eli näyte otetaan suoraan ehjän päällystemateriaalin päältä. Lisäksi päällysteestä voidaan ottaa niin kutsuttu bulk-emissionäyte, jossa pintamateriaalista irrotetaan laboratorioon otettava materiaalinäyte. [25] Materiaalinäyte eroaa edellä mainituista näytteistä oleellisesti siten, että näytteessä voi olla mukana myös päällysteeseen kiinnittynyttä liimaa, tasoitetta, pohjustusainetta ja betonia. Tällöin analyysin tuloksena saadaan yhdisteitä, joita on vapautunut näytteen kaikilta pinnoilta. [26] Asumisterveysasetuksessa on annettu toimenpiderajat sekä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudelle että yksittäisille yhdisteille [27]. Toimistotyyppisille työpaikoille on annettu omat viitearvot VOC-yhdisteiden osalta Työterveyslaitoksen toimesta [28].

Mikäli muovipäällyste ja/tai sen kiinnitysliiman todetaan vaurioituneen, korjausmenetelmänä on yleensä päällysteen ja lattian pintarakenteiden poistaminen. Vaurioituneesta pinnoitemateriaalista tai kiinnitysliimasta siirtyy VOC-emissioita myös mahdolliseen tasoitekerrokseen sekä betoniin. Ensin poistetaan lattiapinnoite ja sen kiinnitysliima. Tämän jälkeen tasoite jyrksitään yleensä kokonaan pois, riippuen tasoitepaksuudesta. Kun pintaosat on poistettu, selvitetään betonirakenteen VOC-yhdisteiden pitoisuus. Mikäli betonirakenteissa todetaan VOC-yhdisteitä, voidaan niiden poistamiseen käyttää huonetilan lämmitystä. Menetelmässä betonilaatan lämpötilaa nostetaan + 30...35 °C:n lämpötilaan, jolloin laatassa olevat emissiot alkavat siirtyä laatan sisäpintaan päin ja edelleen sisäilmaan. Huonetilan ja betonilaatan lämmitysmenetyksessä tulee huolehtia myös riittävän tehokkaasta ilmanvaihdosta, jotta betonilaatasta sisäilmaan siirtyneet yhdisteet saadaan laimenemaan ilmanvaihdon mukana. Tällöin laimentuneeseen sisäilmaan pääsee haihtumaan uusia emissioyhdisteitä betonilaatasta. [29]

Lämmityksen lisäksi rakenteeseen emittoituneet yhdisteet voidaan myös kapseloida rakenteen sisään, jolloin niitä ei poisteta rakenteesta ollenkaan. Kapselointi on tiivistyskorjausmenetelmä, jonka tarkoituksena on estää lattiarakenteessa olevien kaasumaisten epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan. Kapseloinnissa käytettävät aineet ovat yleensä myös vesihöyryntiiviitä, jolloin betonilaatassa mahdollisesti oleva kosteus ei pääse enää kuivumaan sisäilmaan. Tämän vuoksi tulee rakenteen kosteuskäyttämiseen kiinnittää erityistä huomioita kapselointia suunniteltaessa. [30]

5. MUUT SISÄILMAKORJAUKSISSA HUOMIOITAVAT TEKIJÄT

Itse korjaustyön ja sen laadun lisäksi sisäilmakorjauksissa tulee huomioida myös muita seikkoja, jotka vaikuttavat sisäilmakorjausten onnistumiseen. Seuraavissa luvuissa on käsitelty pölyn- ja kosteudenhallintaa, ilmanvaihtoa sekä korjaustyön urakoitsijan valintaa. Pölyn- ja kosteudenhallinnan onnistumisella suurin vastuu on korjaustyön aikaisella toiminnalla sekä valvonnalla, mutta ne tulee huomioida jo suunnittelutyössä. Asianmukainen pölyn- ja kosteudenhallinta aiheuttavat kustannuksia urakoitsijalle, mutta suojausten pettäessä kustannukset voivat nousta huomattavasti korkeammaksi ja seuraukset voivat ulottua vuosien päähän. Pahimmassa tapauksessa laiminlyönnit vaikuttavat korjatuissa tiloissa työskentelevien henkilöiden terveyteen. [31]

Mikäli sisäilmakorjausten yhteydessä tiloissa on tehty tiivistyskorjauksia, on ilmanvaihdon tasapainottaminen korjausten valmistuttua erityisen tärkeässä asemassa korjausten onnistumisen kannalta. Tiivistyskorjauksissa rakennusvaipan tiiviys kasvaa, jolloin ilma- vuodot rakenteista vähenevät ja näin ollen tilojen painesuhteet muuttuvat. [3] Ilmanvaihtokanavat tulee ottaa huomioon myös pölyhallinnassa ja niille voidaan asettaa puhtausvaatimuksia. [10]

Tilaaaja voi omalta osaltaan vaikuttaa korjaustyön laatuun asettamalla selvät vaatimukset urakoitsijan osaamiselle jo kilpailutuksen yhteydessä. Sekä urakoitsijalla että valvojalla aikaisempi kokemus sisäilmakorjauksista on suositeltavaa, sillä etenkin mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku- ja korjaustöissä on paljon erityispiirteitä normaaliin korjaustyöhön nähden. Lisäksi tilaaaja voi määrittää etukäteen käytettävät laadunvarmistusmenetelmät ja jälkiseurantaan liittyvät tutkimukset sekä niiden ajankohdan. [2]

5.1 Pölynhallinta

Sisäilmakorjauksissa pölynhallinta on tärkeässä roolissa korjausten onnistumisen kannalta. Kun kyse on sisäilmakorjauksista, ollaan purkutyössä useimmiten tekemisissä mikrobien tai muiden haitta-aineiden kanssa. Pöly voi mikrobien lisäksi sisältää esimerkiksi asbestia, mineraalikulitua tai muita vaarallisia pölyjä. Terveyshaittojen lisäksi hallitsematon pöly aiheuttaa pintojen, tilojen ja ilmanvaihtokanavistojen likaantumista, viihtyisyyden alenemista ja kustannusten lisääntymistä. [31]

Pölyn torjunnan ensisijaisena tavoitteena on jo pölyn syntymisen estäminen, joka onnistuu valitsemalla vähemmän pölyviä työmenetelmiä. Myös purkutyössä käytettäviin työvälineisiin voidaan lisätä kohdepoistolaitteistoja, joka vähentävät pölyn leviämistä ympäristöön. Osastoinnilla rajoitetaan syntyneen pölyn leviämistä muihin tiloihin eristämällä

korjattava tila ja alipaineistamalla se. Alipaineistuksen ansiosta ilmavirta tapahtuu puhtaista tiloista korjattavaan tilaan. Tarvittaessa ympäröivät tilat voidaan myös ylipaineistaa. Alipaineistuslaitteet tulee valita ja säätää siten, että osastoidussa tilassa ilma vaihtuu 6 – 10 kertaa tunnissa tai useammin, mikäli kyseessä on vaarallisten aineiden purkutyö. Alipaineistusta tulee tarkkailla paine-eromittareilla toistuvasti päivän aikana. Eristettyyn tilaan asennetaan usein myös ilmanpuhdistaja, joka täytyy varustaa riittävän tehokkaalla suodattimella. Korjattavat tilat tulee myös säännöllisesti siivota pölystä asianmukaisilla menetelmillä. Asianmukaisella pölynhallinnalla estetään pölyn leviäminen, taataan turvallinen työympäristö ja saadaan suojattua tilat, pinnat sekä talotekniikka. [31]

Jotta pölyntorjunnasta voidaan huolehtia koko korjaushankkeen ajan, tulee korjaustyöntekijöillä olla riittävä tieto ja ymmärrys pölyntorjunnan tärkeydestä. Työntekijät tulee kouluttaa ja perehdyttää oikeiden työmenetelmien käyttöön ja motivoida käyttämään niitä. Perehdytyksessä on käsiteltävä muun muassa eri työvaiheiden aiheuttama pöly ja pölyn haitallisuus, käytettävät pölyntorjuntamenetelmät, henkilökohtaisten suojaimien käyttö ja huolto sekä velvollisuus ilmoittaa havaituista vioista tai puutteista esimiehille. Työntekijöiden on osattava huolehtia myös osastoivien seinien tiiviydestä sekä kulkuaukkojen ja sulkutilojen sulkemisesta. Työnjohdon on lisäksi valvottava pölyntorjuntaohjeistuksen noudattamista. [31]

Myös korjaustyöntekijöiden ja muiden tiloissa liikkuvien henkilökohtaisista suojaimista on huolehdittava. Työntekijöiden suojaustehokkuus määräytyy purettavien materiaalien perusteella. Hengityssuojaimissa on eri luokan pölynsuojaimia, jotka on luokiteltu hiukkassuodattimen tehokkuuden perusteella. Mikäli kyseessä on tavanomainen purkutyö, jossa ei synny esimerkiksi kaasuja, käytetään P2-tason hiukkassuojainta. Sisäilmakorjauksissa purkutöissä esiintyy usein mikrobeja tai muita erityisen haitallisia pölyjä kuten asbestia, jolloin on käytettävä P3-luokan pölynsuojainta. Hengityssuojainten lisäksi tulee huomiota kiinnittää myös vaatteiden puhdistukseen ja vaihtoon siirryttäessä pois osastoidulta alueelta. Mikäli tiloissa syntyy vaarallisia pölyjä kuten mikrobeja, on osastoivan tilan sisäänkäynnin yhteydessä oltava niin kutsuttu sulkutila. Sulkutilassa tulee suojavaatteet imuroida HEPA-suodattimella varustetulla imurilla tai kertakäyttöiset suojavaatteet riisuttava. Mikäli työvaatteiden puhtaudesta ei pidetä riittävää huolta, voi vaatteista kulkeutua puhtaisiin tiloihin huomattava määrä pölyä. [31]

Tilojen puhtautta voidaan arvioida korjaus- tai purkutyön aikana sekä korjaustöiden päätyttyä. Korjaustyön aikana tilojen puhtaudella on merkitystä etenkin osastoiduissa tiloissa työskentelevien henkilöiden terveyteen, mutta myös samassa rakennuksissa liikkuvien tai asuvien henkilöiden terveyteen. Työpaikan ilmalle on eri säädöksissä ja määräyksissä asetettu ilmassa oleville pölylajeille haitalliseksi tunnettuja pitoisuuksia (HTP), jotka tulee huomioida. Lisäksi esimerkiksi asbestille ja lyijylle on annettu sitovat raja-arvot [32]. Sitovat raja-arvot on esitetty Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisemassa *HTP-arvot 2016* -julkaisussa. Korjaustyön aikana voidaan tehdä myös pölyn määrään ja laatuun liit-

tyviä mittauksia. Osastoinnin toimivuutta ja pölyn leviämistä voidaan arvioida hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuuden määrittämisellä, joka yleensä mitataan osastoidun tilan viereisistä eli puhtaista tiloista. Työntekijöiden altistumista ja kohdepoistojen toimivuutta voidaan mitata hengittyvän ja alveolijakeisen pölyn pitoisuuden mittauksella. Hengittyvällä pölyllä tarkoitetaan hiukkasia, jotka yleensä voivat joutua hengitysteihin ja alveolijakeisella pölyllä keuhkorakkuloihin asti kulkeutuvia hiukkasia, joiden koko on alle 5 – 10 µm. Edellä mainitut mittaukset voidaan toteuttaa joko suoraan osoittavilla mittarilla tai keräävällä menetelmällä. [31] Alla olevassa taulukossa on esitetty Putusa-tutkimushankkeessa asetettuja tavoitteita pölypitoisuuden enimmäisarvoiksi.

Taulukko 1 Putusa-tutkimushankkeessa asetetut tavoitteet pölypitoisuuden enimmäisarvoiksi [31].

Hengittyvä pöly	5 mg/m ³	Voi ylittyä hetkellisesti, ei kuitenkaan yli 10 mg/m ³
Alveolijakeinen pöly	0,5 mg/m ³	
PM ₁₀ -pitoisuus	50 µg/m ³	Korjausalueen viereiset tilat

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuus 24 tunnin mittauksen aikana saa olla enintään 50 µg/m³ [25].

Korjaustyön päätyttyä voidaan tilojen puhtaustaso arvioida pinnoille kertyneen pölyn perusteella. Pintojen pölykertymille ei ole annettu varsinaisia määräyksiä, vaan tilaajan on itse määritettävä haluttu puhtaustaso ja se on kirjattava urakkasopimukseen. Yleisesti käytössä on *Sisäilmastoluokitus 2018* -julkaisussa annettu puhtausluokka P1. Mikäli puhtausluokitusta ei käytetä, tulee noudattaa normaalia hyvän rakennustavan mukaista käytäntöä. Rakennustöiden puhtausluokituksen tarkoituksena on varmistaa tilojen puhtaus, kun tilat rakennustöiden jälkeen luovutetaan käyttäjälle. Sisäilmaan ei saa kulkeutua rakennusvaiheesta peräisin olevia epäpuhtauksia rakennuksen käytön aikana. [10] Puhtausseuranta voidaan toteuttaa myös jälkiseurantana, jossa seuranta voidaan ulottaa jopa viiden vuoden päähän korjausten valmistumisesta [33].

Puhtausluokassa P1 vaatimuksia on esitetty korjaustyön toteutukselle ja siivoukselle. Myös pinnoille kertyvälle pölylle on asetettu sallitut raja-arvot, joiden toteutuminen mitataan niin kutsutulla geeliteippimenetelmällä. Pölykertymän mittaus tulisi tehdä aikaisintaan kaksi tuntia siivouksen jälkeen, jolloin myös ilmassa olevat pölyhiukkaset ehtivät laskeutua tilapinnoille ennen mittauksen suorittamista. Pölykertymien enimmäistasot on esitetty seuraavassa taulukossa [10].

Taulukko 2 Puhtausluokan P1 pölykertymän enimmäistasot [10].

Tarkastusajankohta	Arvioitavat pinnat	Pölykertymä (peitto-%) (SFS 5994 INSTA 800)
Ennen ilmanvaihdon toimintakoetta	Alakaton yläpuolella olevat pinnat. Näkyvät pinnan ja kalusteiden sisäpinnat pl. lattiapinnat	5,0
Ennen rakennuksen luovutusta	Näkyvät pinnat ja kalusteiden sisäpinnat. Lattiapinnat.	1,0
	Lattiapinnat	3,0

Ennen pölykertymämittausta suoritetaan tiloissa aistinvarainen arviointi, jossa tarkastellaan pintojen puhtautta, kuten kaikki näkyvät pinnat ja kalusteiden sisäpinnat. Aistinvarainen arviointi ja pölynkertymän mittausta tulee suorittaa ennen tilojen luovutusta käyttäjälle. Pölykertymän mittausta käytetään yleensä silloin, mikäli puhtaustason aistinvaraisessa arvioinnissa ei päästä yksimielisyyteen tai mittauksesta on etukäteen sovittu. [10]

5.1.1 Asbesti

Suomessa asbestia käyttö oli runsasta jo 1930-luvulla. Asbestin ja asbestia sisältävien tuotteiden myyminen ja käyttöönotto on kielletty vuonna 1994, jonka jälkeen rakennetuissa rakennuksissa asbestia ei täten pitäisi enää esiintyä. [34] Asbestilajeja on useita erilaisia ja ne kaikki kuuluvat syöpävaarallisiin aineisiin. Rakenteeltaan asbesti on kuitumainen silikaattimineraali, joiden paksuus vaihtelee 0,03 – 3 mikrometrin välillä ja pituus voi olla useita kymmeniä mikrometrejä. Asbestia ja asbestipitoisia materiaaleja on käytetty niiden hyvien ominaisuuksien vuoksi. [35]

Kun asbesti on sitoutunut rakennusmateriaaliin, se ei aiheuta terveydellistä vaaraa. Asbestikuituja vapautuu ilmaan silloin, kun asbestipitoista materiaalia puretaan tai työstetään. Tällöin asbestikuidut voivat kulkeutua hengityksen mukana keuhkoihin. Terveysvaikutukset ilmenevät vasta 10 – 30 vuoden kuluttua altistumisesta. Suomessa asbestin käyttöä alettiin rajoittaa jo 1970-luvun loppupuolella. [35] Vuonna 2016 voimaan tulleen asbestilain myötä ennen vuonna 1994 valmistuneissa rakennuksissa tulee teettää asbestikartoitus, mikäli rakennuksessa on tarkoituksena tehdä purkutöitä. Lisäksi asbestipurkutöitä saa tehdä ainoastaan asbestipurkuun valtuutettu urakoitsija. Asbestilaki tulee huomioida sisäilmakorjauksia tehdessä. [34]

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa (osa III) on annettu raja-arvoja asbestikuitujen esiintymiselle sisäilmassa ja tasopinnoilla. Soveltamisohjeen mukaan toimenpiderajan ylittymisenä pidetään aina tilannetta, jossa asbestikuituja esiintyy pinnoille laskeutuneessa pölyssä. Sisäilmassa asbestikuiduille on asennettu toimenpiderajaksi 0,01 kuitua/cm³. Toimenpideraja on sama, kuin asbestityöstä annetussa lainsäädännössä. Mikäli

asbestikuituja esiintyy huonepinnoilla, mutta sisäilmasta mitattuna asbestikuitujen pitoisuus jää alle 0,01 kuitua/cm³, on ilmapitoisuuden toimenpideraja määräävä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että huonepinnoilla voi esiintyä yksittäisiä asbestikuituja, vaikka rakennuksessa ei välttämättä olisikaan varsinaista asbestilähdettä. [25]

5.1.2 Muut haitta-aineet

Asbestin lisäksi muita yleisempiä rakennuksissa esiintyviä haitta-aineita ovat esimerkiksi kreosootti, PCB-yhdisteet, öljyt ja raskasmetallit. Rakennusmateriaalit ja rakennuksessa käytetyt laitteet voivat sisältää haitallisia aineita, jotka voivat aiheuttaa terveydellistä haittaa tai vaaraa ympäristölle. Vastuu niiden tunnistamisesta ja asianmukaisesta käsittelystä on ensisijaisesti kiinteistön omistajalla. Haitallisten aineiden kartoituksesta on säädetty Suomen lainsäädännössä. Suurin riski altistumiselle on yleensä purku- ja korjaustöiden yhteydessä, mutta myös rakennuksen normaalin käytön aikana. Rakenteissa esiintyvät haitalliset aineet puretaan yleensä haitallisten aineiden purkutyönä, mikäli rakenne on pahoin saastunut. Myös haitta-aineiden kapselointia voidaan joissakin tapauksissa käyttää. Haitta-aineet tulee aina lajitella asianmukaisesti ja käsitellä vaarallisena jätteenä. [36]

5.1.3 Teolliset mineraalikuidut

Teolliset mineraalikuidut ovat epäorgaanisia kuitumaisia hiukkasia, jotka voivat esiintyä sisäilmassa leijuvana tai pinnoille laskeutuneena. Näistä pinnoille laskeutuneet kuidut ovat altistumisen kannalta merkittävämpiä, sillä mineraalikuidut laskeutuvat yleensä nopeasti. Teollisiin mineraalikuituihin lukeutuvat esimerkiksi keraamiset kuidut sekä eristevilla- ja lasikuidut. [37] Näistä keraamisia kuituja ja lasikuituja tarvitaan pääasiassa teollisuuden tarpeissa tai tietyissä käyttökohteissa, eikä niiden esiintyminen asuin- tai toimistotiloissa ole yleistä. Eristevillakuituja käytetään pääasiassa lämmöneristeenä, mutta myös ääneneristeenä. Eristevillakuidut ovat muodoltaan epäsäännöllisiä ja myös niiden koko vaihtelee. Eristevilloista lasivilla valmistetaan sulatetusta lasista tai kierrätyslasista, vuorivillaa kiviaineksesta ja kuonavillaa malmin jalostuksen kuonasta. [38]

Mineraalikuitujen aiheuttamat terveysvaikutukset riippuvat kuitujen koosta. Keuhkoihin saakka kulkeutuvia kuituja ovat ainoastaan mineraalivillakuidut, joiden halkaisija on enintään 3 µm. Sitä suuremmat kuidut jäävät yleensä ylähengitysteihin, jossa ne voivat aiheuttaa ärsytysoireita nenässä ja nielussa. Ärsytysoireita voi esiintyä myös iholla ja silmissä. Ihoärsytystä aiheuttavat kuidut ovat halkaisijaltaan 5 – 10, joista paksuimpien kuitujen on todettu aiheuttavan enemmän ärsytysoireita. Eristevillakuidut poistuvat elimistöstä muutamien viikkojen tai kuukausien aikana, eikä niiden ole uskota aiheuttavan pitkäaikaisia terveyshaittoja. [37]

Sisätiloissa teollisten mineraalikuitujen lähteitä ovat rakennuksen ulkovaipassa käytetyt lämmöneristeen, ilmanvaihtojärjestelmien lämpö-, ääni- ja paloeristemateriaalit sekä suo-

dattimet. Lisäksi mineraalikuituja käytetään huonetiloissa käytettävissä akustiikkalevyissä. Sisäilmassa esiintyvät kuidut ovat useimmiten peräisin ilmanvaihtojärjestelmistä ja yleisimmin niiden äänenvaimentimista. Äänenvaimentimien tarkoituksena on vaimentaa puhaltamien tuottamaa melua ja äänen kulkeutumista kanavistoja pitkien. Ilmanvaihtokoneen sisäpintaan asennettavat mineraalivillalevyt tulisi ensin peittää esimerkiksi lasikuitukankaalla ja tämän jälkeen reikäpellillä. Joissakin tapauksissa reikäpelti on saatettu jättää asentamatta, jolloin ilmavirta kuluttaa äänenvaimenninta ja pahimmassa tapauksessa hajottaa sen. Niin ikään ilmanvaihtokanavistoissa käytetään reikäpellillä pinnoitettuja mineraalivillavaimentimia. Mikäli epäillään kuitujen irtoamista äänenvaimentimista, on niiden korjausmenetelmänä pinnoittaminen ilmavirran rasiutusta kestäväällä materiaalilla tai reikäpellin käsittely sideaineella. Äänenvaimentimet voidaan tarvittaessa myös uusida kokonaan. [37]

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa on teollisten mineraalikuitujen toimenpiderajaksi asetettu $0,2$ kuitua/cm² kahden viikon aikana pinnoille laskeutuneesta pölystä. [25] Sisäilmastoluokituksessa on annettu raja-arvoja ilmanvaihtotuotteissa esiintyville mineraalikuuduille. Ilmanvaihtojärjestelmien kanaviin ja kanavanosiin liittyvät vaatimukset koskevat ainoastaan tuotteita, joiden valmistuksessa on käytetty mineraalikuituja. Sisäilmastoluokituksessa ilmavirtaan irtoaville mineraalikuuduille on asetettu raja-arvoksi $< 0,1$ kpl/m³. Sama raja-arvo koskee myös ilmansuodattimia. [10]

5.2 Rakennustyömaan kosteudenhallinta

Kuten uudiskohteissa, myös korjausrakentamisessa tulee huomioida rakennuksen kosteudenhallintaan liittyvät seikat. Kosteudenhallinnasta ja sen laadusta päättää yleensä rakennuttaja yhdessä asiantuntijoiden kanssa. Tavoitetaso kirjataan kosteudenhallinta-asiakirjaan, jonka pohjalta toteutetaan työmaalla käytettävä kosteudenhallintasuunnitelma. Haluttu tavoitetaso esitetään myös tarjouspyyntöasiakirjoissa. Myös eri toimijoiden vastuut ja valvonta tulee sopia etukäteen. Kosteudenhallinta voidaan toteuttaa esimerkiksi Kuivaketju10-toimintamallin mukaisesti [39]. Erityisesti huomiota tulee kiinnittää mahdollisiin kosteusriskeihin, riittävien kuivumisaikojen toteutumiseen, työmaaolosuhteiden hallintaan sekä rakenteiden ja rakennusmateriaalien mahdolliseen kastumiseen. Lisäksi tarvittaessa tulee huolehtia tarpeellisista kosteusmittauksista. Kosteusmittauksia käytetään etenkin betonilaatan kuivumisen ja pinnoitettavuuden arviointiin, jolloin voidaan minimoida kosteuden aiheuttamaa pinnoitteen vaurioitumisriskiä. Kosteudenhallinnan kokonaisvaltainen hallinta edellyttää myös tehokasta seuranta- ja valvontaa. [40]

5.3 Ilmanvaihto

Jotta sisätiloihin saataisiin riittävä määrä puhdasta tuloilmaa, tulee ilmanvaihdon olla kunnossa. Ilmanvaihdon tärkeimpänä tehtävänä on poistaa sisäilmasta epäpuhtauksia ja tuoda tilalle puhdasta ilmaa. Sisäilman kannalta ilmanvaihdon ongelmat liittyvät yleensä

ilmamäärien riittämättömyyteen, ilman puutteelliseen jakautumiseen, ilmanvaihtolaitteiston ja vuotoilman mukana tuleviin epäpuhtauksiin sekä rakennuksen vääriin painesuhteisiin. Vanhemmissa rakennuksissa ilmanvaihto on yleensä toteutettu painovoimaisena ilmanvaihtona, jota käytettiin yleisesti 1960-luvulle asti. Tämän jälkeen alkoi yleistyä myös koneellinen poistoilmanvaihto. Nykyisin käytetyin ilmanvaihdon muoto on koneellinen tulo-poisto-ilmanvaihto, jossa sekä tuloilma että poistoilma tulevat ilmanvaihtokoneen kautta. [3]

5.3.1 Ilmamäärät

Tilojen ilmamäärät tulisi säätää tilojen käyttäjien tarpeiden mukaisesti. Yleensä ilmamäärien säätö tehdään tiloissa toimivien käyttäjien lukumäärän ja tiloissa tapahtuvat toiminnan perusteella. Mikäli tilojen käyttötarkoitus muuttuu tai tilojen käyttäjien määrä lisääntyy, tulisi ilmamäärien mitoitus suorittaa uudelleen ja säätää ilmamäärät sen mukaiseksi. Jos ilmanvaihto on riittämätön, ilmaan alkaa kertyä epäpuhtauksia sekä kosteutta. Epäpuhtaudet voivat olla peräisin esimerkiksi rakenteista tai tilojen käyttäjistä. Myös uudet materiaalit voivat toimia päästöjen lähteenä. Tehokas ilmanvaihto voi puolestaan laskea etenkin talvisaikaan ilmankosteuden tasoa sisätiloissa, jolloin kuiva sisäilma voi aiheuttaa tilojen käyttäjillä ärsytysoireita ja herkistää muille epäpuhtauksille. [3]

Uuden rakennuksen ilmanvaihdon suunnittelun tavoitteet on esitetty asetuksessa *Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta* [41]. Asetuksen lisäksi FINVAC (*The Finnish Association of HVAC Societies*) on laatinut Ympäristöministeriön asetuksen tueksi oppaat ilmanvaihdon mitoituksesta asuinrakennuksissa ja muissa kuin asuinrakennuksissa. [42] Ympäristöministeriön asetuksessa ja edellä mainituissa oppaissa on muun muassa annettu mitoitusarvot ilmamäärille asuinrakennuksessa ja muissa kuin asuinrakennuksissa. Ilmamäärien mittauksessa ja säädöissä tulee huomioida myös tilojen painesuhteet. Sisätilojen tulisi määräysten mukaisesti olla hieman alipaineisia ulkoilmaan nähden, jotta kosteus ja ilma kulkevat rakenteissa ulkoa sisäänpäin. Ilmamäärät tulee täten säätää siten, että poistoilma on hieman tuloilmaa suurempi. Myös painesuhteet ympäröiviin tiloihin tulee huomioida. Ilmamäärien riittävyttä voidaan arvioida myös sisäilman hiilidioksidipitoisuuden mittauksella. [3]

5.3.2 Hallittu korvausilma

Rakennuksissa, joissa on ainoastaan poistoilmanvaihto tai painovoimainen ilmanvaihto, tulee huolehtia riittävästä ja hallitusta korvausilmansaannista. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilma vaihtuu lämpötilan ja tuulen aiheuttamien paine-erojen avulla. Paine-ero ulkoilman ja sisäilman välillä on riippuvainen sääolosuhteista, jolloin ilmavirrat voivat vaihdella suuresti. Jotta painovoimainen ilmanvaihto toimisi suunnitellusti, tulisi korvausilmaventtiilien olla riittävän suuret ja venttiilejä oltava jokaisessa oleskelutilassa.

Poistoilmahormit ovat usein sijoitettu kylpyhuoneen ja keittiön yhteyteen, jolloin on huomioitava siirtoilman kulkeutuminen korvausilmaventtiililtä poistoilmaventtiilille. Mikäli korvausilmaventtiileitä ei ole riittävästi tai niitä ei ole ollenkaan asennettu, ilma ei vaihdu tai korvausilma voi olla epähallittua rakenteiden kautta tulevaa vuotoilmaa. [3]

Koneellinen poistoilmanvaihto on yleensä toteutettu katolle asennetun huippuimurin avulla. Korvausilma saadaan painovoimaisen ilmanvaihdon tapaan ulkoseinään asennetuista korvausilmaventtiileistä. Ilman vaihtumista voidaan tehostaa säätämällä huippuimurin puhaltimen kierrosnopeutta. Mikäli hallittua korvausilmansaantia ei ole järjestetty, korvausilma tulee epätiiviyskohdista rakenteiden kautta. Tällöin sisäilmaan voi kulkeutua myös rakenteissa olevia epäpuhtauksia. Hallitsemattomat ilmapuodot voivat aiheuttaa mm. vedon tunnetta ja täten alentaa asumisviihtyvyyttä. Korvausilmaventtiileissä on useita erilaisia malleja, joissa korvausilman määrä voi olla itsestään säätyvä esimerkiksi ulkoilman lämpötilan tai sisäilman suhteellisen kosteuden mukaan. Lisäksi korvausilmaventtiileistä on saatavilla sähkölämmitteisiä malleja, joissa ulkoa tuleva kylmä ilma lämmitetään ennen huonetilaan päätymistä. Korvausilmaa voidaan tuoda huonetilaan myös ikkunan karmiin asennettavilla karmiventtiileillä. [43]

5.3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuus, ylläpito ja huolto

Ilmanvaihtojärjestelmän asianmukaisen toimivuuden tarkastamiseen on annettu ohjeet Suomen LVI-liitto SULVI ry:n ohjeessa 1, *Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus. Yleisohje ja tilaajan ohje*. Tarkastuksessa selvitetään järjestelmän perustiedot ja koneiden palvelualueet. Ilmanvaihtokoneiden ja erillispuhaltimien ohjaustapaa selvittäessä tulee huomioida mahdolliset aikaohjelmat tai esimerkiksi ulkoilman lämpötilasta riippuvat säädöt, jotka voivat vaikuttaa tilojen painesuhteisiin. Ilmanvaihtojärjestelmässä olevien erilaisten antureiden tekninen käyttöikä voi olla huomattavasti itse ilmanvaihtokoneen käyttöikää lyhyempi ja vioittunut anturi voi aiheuttaa häiriöitä laitteiston toiminnassa. Myös säätö- ja palopeltien virheasennot ovat mahdollisia. [3] Ilmanvaihdon kuntotutkimusta suositellaan yleensä kiinteistön normaaliin ylläpitoon kuuluvan kuntoarvioinnin perusteella. Sisäilmaongelmaisissa kohteissa tehtyjen tutkimusten perusteella voidaan tarpeen mukaan suositella IV-kuntotutkimusta, mikäli sisäilmatutkimuksissa on havaittu ongelmayhteys sisäilman ja ilmanvaihdon välillä. Myös kiinteistön energiatehokkuutta tarkasteltaessa on perusteltua toteuttaa IV-kuntotutkimus. [44]

Ilmanvaihdon kuntotutkimukseen sisältyy ilmanvaihtojärjestelmän huollon ja ylläpidon arviointi. Ilmanvaihtolaitteistoiden kunnossa ja toimivuudessa tapahtuu heikkenemistä käytön aikana, mikä johtuu muun muassa laitteiden normaalista kulumisesta ja likaantumisesta. Jatkuvalle seurannalle ja laitteistojen huolenpidolle pidetään yllä laitteiden toimintakuntoa. Mikäli asianmukaiset hoito- ja ylläpitotehtävät jäävät tekemättä, vaikutukset heijastuvat sisäilmastoon. Myös laitteiston osien käyttöikä lyhenee, käyttöhäiriöt lisääntyvät ja kustannukset kasvavat. Huoltokirjan laatiminen ja sen päivittäminen ovat olennainen osa ilmanvaihtolaitteiston ylläpitoa. [45]

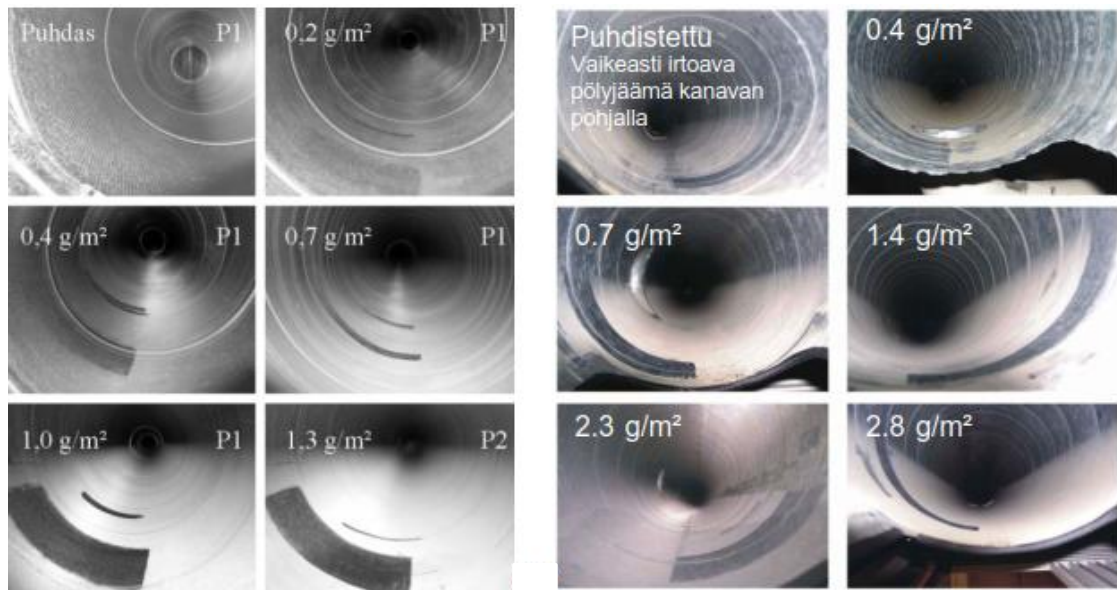
Kanavistojen ja ilmanvaihtolaitteiden puhtaudesta on annettu säädöksiä ainoastaan pelastuslaissa. Pelastuslain mukaan rakennuksen omistajan, haltijan tai toiminnanharjoittajan on pidettävä huolta kanavien ja laitteiden puhtaudesta sekä huollosta, jotta ilmanvaihtokanavat tai -laitteet eivät aiheuta tulipalovaaraa. [46] Sisäilmastoluokituksessa 2018 ilmanvaihtokanavien puhtauden tarkastusväliksi on suositeltu viittä vuotta. Sisäilmastoluokituksessa on määritelty myös ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräinen pölykertymä, joka ei saa ylittyä. Pölykertymän raja-arvo riippuu puhtausluokasta sekä siitä, onko ilmanvaihtojärjestelmä uusi luovutusvalmis vai vanha, jo käytössä ollut. Annetut raja-arvot on esitetty alla olevassa taulukossa. [10] Tuloilmajärjestelmän likaantuminen aiheutuu yleensä ulkoilmassa olevista epäpuhtauksista sekä puutteista tulo-, palautus- ja kierrätysilman suodattamisessa. Poistoilmajärjestelmän likaantuminen on puolestaan riippuvainen lähinnä tilojen käyttötarkoituksesta. [46]

Hyvinkin huollettu ilmanvaihtojärjestelmä likaantuu vuosien käytön aikana. Tuloilmajärjestelmän likaantumiseen vaikuttaa rakennuksen ja ulkoilmalaitteiden sijainti, ulkoilman epäpuhtaudet sekä tulo-, palautus- ja kierrätysilman suodatus. Poistoilmajärjestelmän likaantumiseen vaikuttaa pääasiassa tilan käyttötarkoitus.

Taulukko 3 Ilmanvaihtojärjestelmän sisäpinnan pölykertymän keskiarvo [10].

Puhtausluokka	P1	Muu kuin P1-luokka
Luovutusvalmis ilmanvaihtojärjestelmä	0,7 g/m ²	-
Käytössä ollut ilmanvaihtojärjestelmä	2,0 g/m ²	5 g/m ²

Silmämääräinen puhtauden tarkastus suoritetaan pyyhkäisemällä sormella noin 10 cm:n pituiselta matkalta tarkasteltavaa pintaa, jolloin voidaan arvioida pinnalla olevan pölykerroksen paksuutta ja kasautumista. Samalla arvioidaan myös lian kiinnittymistä pintaan. Lisäksi voidaan käyttää puhtauden tarkistamiseen suunniteltua mittauskampaa, jolla määritetään pölykertymän paksuutta. Jokainen tarkastuspiste tulee valokuvata. Kanavien puhtautasoa voidaan verrata myös Suomen LVI-liitto Sulvi ry:n julkaisemassa kuntotutkimusohjeessa esitettyihin vertailukuviin. Ohjeessa on esitetty vertailukuvat sekä uusille että käytössä oleville tuloilmakanaville. Tarkastus tulee tehdä aina vähintään viidestä eri pisteestä ja tarkastuspisteiden määrää kasvatetaan, mikäli kanaviston pituus on yli 1000 m. [46] Sisäasianministeriön julkaisemassa asetuksessa ilmanvaihtokanavien ja -laitteistojen puhdistamisesta määritellään esimerkiksi koulujen ja päiväkotien ilmanvaihtokanavien ja -laitteistojen puhdistusväliksi viisi vuotta. [47]



Kuva 5 Ilmanvaihtokanaviston puhtauden arvioinnin vertailukuvat uusille ja käytössä olleille kanavistoille [46].

Ilmanvaihtokoneen puhtauden tarkastuksessa tarkastetaan esimerkiksi ulkoilmasäleikköjen, suodattimien ja lämmönottokennojen puhtaus sekä äänenvaimentimien pintojen kunto. [46] Suodattimien vaihtoväli riippuu pääasiassa kohteen sijainnista. Kaupungissa, taajamissa tai vilkasliikenteisen tien vierellä sijaitsevan rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän perushuolto tulisi suorittaa kaksi kertaa vuodessa, jolloin myös suodattimet vaihdetaan. Suodattimien käyttöikä vaihtelee yleensä puolesta vuodesta yhteen vuoteen. Mikäli kiinteistö sijaitsee erittäin pölyisissä ja nokisissa olosuhteissa, suodattimien vaihto voidaan joutua tekemään jopa neljä kertaa vuodessa [48]. Mikäli suodatinta ei vaihdeta riittävän usein, suodattimen maksimipölykuorma saavutetaan ja suodattimen tekniset ominaisuudet alkavat heikentyä. Suodattimeen kertynyt pöly voi toimia myös mikrobien kasvualustana. [49]

5.4 Korjaustyön urakoitsijan ja valvojan valinta

Sisäilmakorjauksissa suuri vastuu työn onnistumisesta on korjaustyön urakoitsijalla ja rakennustyön valvojalla. Korjausurakoitsijan tulee saada riittävät lähtötiedot tehdyistä sisäilmatutkimuksista sekä toteuttaa korjaukset huolellisesti tehtyjen rakennesuunnitelmien pohjalta. Tiedon tulee kulkea avoimesti kaikkien toimijoiden välillä. Korjaustyön edessä voi esiin tulla kuntotutkimuksista poikkeavia vaurioita tai korjaussuunnitelmista poikkeavia rakenteita, jolloin urakoitsijan tulee hyväksyttää korjaussuunnitelmiin vaadittavat muutokset korjaussuunnittelijalla ja tarvittaessa myös sisäilma-asiantuntijalla. [1] Tilaajan ja tilojen käyttäjän tiedottaminen hankkeen etenemisestä on myös tärkeää avoimuuden ja luottamuksen säilyttämiseksi. [2]

Korjaushankkeen onnistumisessa tilaajalla on tärkeä rooli, mikäli sisäilmaongelman selvittämiseen ei ole palkattu johtavaa asiantuntijaa. Tällöin tilaajalla tulisi olla tietoa sisäilmaongelmista ja niiden korjausprosessista, jotta korjaustyön urakoitsijan sopimusasiakirjoihin voidaan kirjata tarvittavat laatuvaatimukset. Laatuvaatimukset olisi hyvä huomioida jo kilpailutusvaiheessa, jotta urakoitsijan ammattitaito on varmasti riittävä juuri sisäilmakorjausprosessin hoitamiseen. Urakoitsijalla tulisi olla aikaisempaa kokemusta sisäilmaongelmien sekä kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaamisesta. Toimijalla tulee olla riittävä tietotaito mm. asianmukaisten purku- ja korjaustyön vaatimien osastointien sekä suojausten toteuttamiseen [31]. Korjaustyön ulkopuolinen valvoja vastaa mallityön katselmoinnista ja laadunvarmistuskokeiden toteuttamisesta asianmukaisesti. Jokainen työvaihe, joka jää valmiin pintarakenteen alle tulee tarkistaa. Työvaiheiden katselmoinnissa tulisi olla mukana myös työsuorittajan, jolloin mahdolliset virheet voidaan käydä läpi ja opastaa oikea tapa. Myös valvojalla tulee olla aikaisempaa kokemusta sisäilmakorjauksista. Tarvittaessa tulee konsultoida myös sisäilma-asiantuntijaa. [1]

6. LAADUN VARMISTAMISEN MITTAUSMENETELMÄT

Sisäilmakorjausten onnistumisten edellytykset riippuvat monesta eri tekijästä sisäilmakorjausprosessin eri vaiheissa. Prosessi saa alkunsa esimerkiksi käyttäjien kokemista oireista tai havaitusta, näkyvästä vauriosta. Oireiden ja vaurioitumisen syytä selvitetään rakenne- ja kosteusteknisillä sisäilmatutkimuksilla, joiden riittävä laajuus ja luotettavuus ovat oleellisessa asemassa prosessin jatkon kannalta. Sisäilmakorjausten onnistuminen vaatii yksityiskohtaiset, huolellisesti toteutetut korjaussuunnitelmat. Korjaustyöt alkavat suunnitelmallisella purkutyöllä, jossa on huolehdittu mm. riittävästä pölysuojauksesta, osastoinneista ja alipaineistuksesta pölyn ja mahdollisten mikrobien sekä muiden epäpuhtauksien leviämisen estämiseksi. Korjausten laadun varmistamiseen kuuluu oleellisena osana asiantunteva valvonta sekä suunnitelmienmukainen toteutus ja sen riittävä dokumentointi. Sisäilmakorjauksen onnistumista voidaan arvioida erilaisilla laadunvarmistusmenetelmillä. Niitä voidaan suorittaa osittain jo korjausten aikana, mutta ennen kaikkea niiden valmistuttua. Myös tasaisin väliajoin suoritettava, pidempiaikainen jälkiseuranta on oleellinen osa laadun varmistusta. Korjausten onnistumista voidaan arvioida myös käyttäjille osoitetuilla sisäilmasto- ja oirekyselyillä. [3]

Laadun varmistuksen toteuttamisessa on huomioitava, että saaduilla mittaustuloksilla ei kuitenkaan luotettavasti voida osoittaa sisäilmaongelman olemassaoloa tai poissulkea sitä. Mikäli suoritettavat laadunvarmistusmittaukset on suoritettu ennen korjauksia sekä korjausten jälkeen, voidaan tuloksia verrata keskenään ja arvioida näin korjausten onnistumista. Jotta mittaustulokset olisivat mahdollisimman hyvin vertailukelpoisia keskenään, tulisi mittaukset suorittaa samoissa olosuhteissa, esimerkiksi samaan vuodenaikaan. Mittausmenetelmien suorittamisessa ja tulkinnoissa voi olla myös eroja eri tekijöiden välillä, joten paras vertailukelpoinen tulos saadaan, kun korjausten laadunvarmistusmittaukset sekä jälkiseuranta teetetään samalla tutkijalla kuin korjausta edeltäneet tutkimukset. Lisäksi tällöin sama tutkija on mukana prosessin kaikissa vaiheissa, jolloin tiedonkulku on tehokkaampaa. Kuntotutkijaa tulisi käyttää myös asiantuntijana korjaussuunnittelussa. [3]

Seuraavissa luvuissa on käsitelty erilaisia laadun varmistuksen tutkimus- ja mittaussuunnitelmia. Menetelmistä on kerrottu niiden suoritustavat pääpiirteittäin sekä lisäksi mahdollisia erityistekijöitä, jotka tulee tutkimuksissa huomioida. Mittausmenetelmän yhteydessä on kerrottu myös mahdolliset raja-arvot mittaustuloksille. Laadun varmistuksen mittaussuunnitelmissä on esitelty myös ilmapuhaltolaitteistoon liittyvät tarkastukset sekä käyttäjille esitettävät kyselyt. Lopuksi on käsitelty jälkiseurantaa ja siinä huomioitavia seikkoja.

6.1 Merkkiainekoe

Merkkiainekoetta käytetään yleisesti sisäilmakorjauksissa laadunvarmistusmenetelmänä silloin, kun on tehty tiivistyskorjauksia. Sen avulla ilmavuotokohdat voidaan määrittää tarkasti ja tarvittavat korjaukset voidaan tehdä kohdistetusti. Ilmavuotojen paikannus on tärkeää etenkin silloin, mikäli rakenteisiin on jouduttu jättämään epäpuhtauksia, kuten mikrobivaurioituneita rakennusmateriaaleja. Merkkiainekokeessa tutkittavaan tilaan luodaan ensin alipaine esimerkiksi oveen asennettavan puhaltimen avulla. Alipaineen tulee olla vähintään 5 Pascalia tutkittavaan rakenteeseen nähden. Merkkiainekaasua lasketaan esimerkiksi ulkoseinärakenteen sisään ulkoseinään tehtävästä reiästä, joka tiivistetään. Paine-eromittarilla tarkkaillaan jatkuvasti tutkittavan tilan ja rakenteen välisen paine-eron säilymistä. Merkkiaine liikkuu rakenteessa paine-erojen mukaisesti konvektiolla alipaineeseen huonetilaan päin, mikäli rakenteessa on vuotokohta. Kaasu voi siirtyä myös diffuusion avulla [9]. Vuotokohta havaitaan merkkiaineanalysaattorilla. [3] Analysaattorin ilmaisemisherkkyyttä voidaan säätää, jolloin saadaan käsitys myös vuodon suuruudesta ja merkittävydestä. Merkkiainekokeen yhteydessä on hyvä selvittää myös tilojen painesuhteet ulkoilmaan nähden normaalitilassa, jolloin voidaan arvioida ilmavuotojen merkittävyttä. Tarvittaessa tulee ilmanvaihtoa säätää asianmukaiselle tasolle. Myös rakenteissa mahdollisesti olevat epäpuhtaudet vaikuttavat oleellisesti kokonaistilanteen arviointiin. [9]

6.1.1 Merkkiainekaasut

Merkkiainekokeissa käytetään merkkiainekaasuja, joita ei normaalisti esiinny luonnossa. Tällöin havaintokynnys analysaattorilla on alhainen ja virhetulkintojen määrä on pienempi. Yleisimmät käytettävät kaasut ovat typen ja vedyn kaasuseos (typpi N_2 95 %, vety H_2 alle 5 %) sekä rikkiheksafluoridi-yhdiste (SF_6). Harvemmin käytetty merkkiainekaasu on dityppioksidi eli ilokaasu (N_2O). Merkkiaineanalysaattorit reagoivat yleensä vetyyn tai rikkiheksafluoridiin. Typen ja vedyn seoksessa typpeä käytetään käyttöturvallisuuden lisäämiseksi, vetypitoisuuden laimentuessa alle syttymisrajan. Vetyä käytetään merkkiainekokeissa sen keveyden vuoksi, sillä vety on ilmakehän kevyin kaasu. Sen molekyylikoko on pieni, jolloin se kulkeutuu helposti myös diffuusion avulla. Ilmavuotokohdista vetymolekyylit liikkuvat suurella nopeudella ja vetykaasu laimenee ilmaan nopeasti, mikä tulee huomioida mittauksessa. Esimerkiksi syöttöreivät tulee sijoittaa siten, että vetykaasun keveys on huomioitu. Ilmavuotokohtien ollessa laajoja vetyä voi kulkeutua tilaan paljon, jolloin muiden kohtien mittaus häiriintyy. [9]

Rikkiheksafluoridi on puolestaan ilmaa raskaampi kaasu, jolloin se voi heikossa paineerotilanteessa valua rakenteissa alaspäin. Tämä otetaan huomioon syöttöreikien sijoittelussa ja tasaantumisajassa ennen mittauksen aloittamista. Rikkiheksafluoridin laimenemisnopeus ilmaan on myös hitaampi kuin vedyllä, kuten myös kaasun leviäminen rakenteiden sisällä. Rikkiheksafluoridia käytetään erityisesti avoimien ilmatilojen, kuten

ryömintätilojen tai yläpohjien tiivistarkasteluissa, sillä se soveltuu niihin paremmin kuin typen ja vedyn kaasuseos. Rikkiheksafluoridin ja typpi-vety-seoksen lisäksi voidaan käyttää muita kaasuja, joiden tulee olla kemiallisesti heikosti reagoivia eivätkä ne saa aiheuttaa terveydellistä vaaraa tai muita vaaratilanteita (mm. syttymisvaara). [9]

Merkkiaineikaasun oikeaa määrää voidaan etukäteen arvioida laskemalla, jolloin tutkittavaan rakenteeseen saadaan todennäköisemmin riittävän suuri merkkiaineikaasupitoisuus. Pitoisuuksien tulee olla riittävän suuria, jotta ilmapuotohavaintojen tekemiseen jää riittävästi aikaa eikä pitoisuudet ehdi laimentua. Merkkiaineen määrän laskemisessa voidaan käyttää tietoa, että typpi-vety-kaasuseosta käytettäessä vetykaasun pitoisuuden tulisi olla tutkittavassa rakenteessa noin 200...400 ppm eli 0,2...0,5 promillea. Rikkiheksafluoridilla riittää huomattavasti pienempi pitoisuus, sillä sen havainnointi on selvästi herkempiä. Mikäli rikkiheksafluoridia pääsee vuotamaan esimerkiksi laitteiston liitoksista, tulee tutkittava tila tuulettaa hyvin alhaisen havaintokynnyksen vuoksi. Merkkiaineen määrän säätäminen edellyttää virtaussäätimen käyttöä. Merkkiainekoe voidaan aloittaa vasta, kun merkkiaine on levinnyt koko tutkittavaan rakenteeseen. Aika, joka merkkiaineen leviämiseen koko rakenteeseen kuluu, on riippuvainen tutkittavasta rakennetyypistä, rakenteen ilmapirtauksista, paine-erosta sekä syöttöpisteen ja mitattavan kohdan välisestä etäisyydestä. Laadun varmistusta tehdessä odotusaika vaihtelee 10...30 min välillä. [9]

6.1.2 Merkkiainekokeessa huomioitavaa

Merkkiainekoetta ei suositella suoritettavaksi, mikäli tuulen nopeus on yli 6 m/s tai tuuli on puuskittaista. Mitattava rakenne voi kuitenkin olla sellainen, että se pystyy tasaamaan tuulen aiheuttaman paine-eron muutoksia, jolloin mittaus voidaan suorittaa voimakkaammallakin tuulella. Paine-eroa tulee seurata koko mittauksen ajan, ja tarvittaessa säätää, jotta mittausolosuhteet pysyvät samana. Mikäli mitattava alue on laaja, suositellaan paine-eron mittaamista eri puolilta aluetta. Mitä suurempi paine-ero on tutkittavan rakenteen osan ja tilan välillä, sitä enemmän yksittäiset ja laajemmat ilmapuotokohdat erottuvat, sillä pienemmissä ilmapuotokohdissa kaasun pitoisuus voi olla liian pieni. Pienemmät ilmapuotokohdat tulevat esiin yleensä vasta silloin, kun laajemmat ja isommat ilmapuotokohdat on saatu korjattua. Tämän vuoksi laadun varmistuksessa merkkiainekoe tulisi toistaa niin useaan kertaan, että ilmapuotokohtia ei enää havaita. Tiivistystöiden laatua varmistettaessa suositeltava paine-ero on 10...15 Pascalia alipainetta, jolloin mittauksen toistettavuus samankaltaisena on helpompaa. [9]

Myös merkkiaineikaasun syöttötavalla ja -nopeudella on merkitystä mittauksen luotettavuuden ja toistettavuuden kannalta. Merkkiaineikaasun tulee levitä koko tarkasteltavalle alueelle ja sen leviämistä voidaan varmistaa tarkastusreikien kautta. Syöttöreikä tulee tehdä tiiviin pintamateriaali- tai rakennekerroksen läpi ja tiivistää huolellisesti. Mikäli rakenteeseen ei ole syötetty riittävästi merkkiainetta, voidaan mittauksesta tehdä virheellisiä tulkintoja. Jos merkkiainetta on taas syötetty liian paljon pieneen tilavuuteen, pienetkin ilmapuotokohdat korostuvat tarpeettoman paljon. Lisäksi syöttöreivät tulee sijoittaa

siten, että kaasun leviäminen ei esty rakenteen sisällä. Myös mahdolliset liittymät muihin rakenteisiin tulee huomioida, sillä kaasu voi epätiivisissä liittymäkohdissa päästä leviämään myös muihin rakenneosiin. [9] Seuraavassa taulukossa on kuvattu eri rakennusmateriaalien ja rakennetyyppien vaikutusta koejärjestelyihin.

Taulukko 4 Eri rakennusmateriaalien ja rakennetyyppien vaikutuksia merkkiainekokeen koejärjestelyihin [9].

Rakenneosa / rakennusmateriaali	Erytishuomiot
Alapohja	<ul style="list-style-type: none"> - Kaasu leviää helposti ja nopeasti vapaassa ilmatilassa - Tuulettuvassa alapohjassa odotusaika noin 10 min - Maanvaraisissa rakenteissa maaperän ilmanläpäisevyydellä suuri merkitys; syöttövälien etäisyys vaihtelee enintään 3...5 metriin - Maanvastaisissa rakenteissa odotusaika noin 10...20 min (riippuu täytämateriaalin ilmanläpäisevyydestä)
Välipohja	<ul style="list-style-type: none"> - Merkkiaine lasketaan välipohjan eristekerrokseen tai ilmaväliin - Odotusaika noin 10...30 min
Ulkoseinä	<ul style="list-style-type: none"> - Merkkiaine syötetään yleensä erilliseen lämmöneristekerrokseen - Kovien eristemateriaalien mitattavuus selvítettävä erikseen
Yläpohja	<ul style="list-style-type: none"> - Merkkiaine lasketaan ilmatilaan tai eristekerrokseen - Ilmatilan tuulettuvuus voi olla nopeaa - Odotusaika noin 10...20 min riippuen eristekerroksen materiaalista ja paksuudesta
Mineraalivilla	<ul style="list-style-type: none"> - Kaasu leviää hyvin kaikissa suunnissa - Sivusuunnassa leviäminen yleensä noin 2 metriä molemmin puolin - Syöttöreikien suositeltu tiheys 2,5...3 m - Puurunkoisessa seinässä huomioitava runkotolpat - Virtausnopeus voi olla jopa 10 l/min - Odotusaika vähintään 10 min
Massiivitiili	<ul style="list-style-type: none"> - Merkkiaine leviää helposti, mutta hitaammin kuin esimerkiksi mineraalivillassa - Syöttöreikien tiheys 1,5...2 m - Syöttöreikien syvyys 15...20 cm - Syöttönopeus 2...5 l/min - Odotusaika vähintään 20 min

	- Havainnointiaika pitkä, jopa tunteja
Sementtilastuvilla (Toja-levy)	- Mineraalivillaan verrattavissa
Kevytbetoni	- Kaasun leviäminen hidasta - Syöttönopeus 1...2 l/min - Odotusaika vähintään 30 min
Kevytsora	- Rikkiheksafluoridi suositeltava - Tarvittava kaasumäärä suuri

Tiivistyskorjauksissa merkkiainekoe tulisi suorittaa ennen pintamateriaalien asennusta, jolloin ilmanvuotokohtien paikantaminen ja korjaaminen on helpompaa ja tarkempaa. Korjattavat kohdat voidaan merkitä esimerkiksi teippien ja kirjoitusten avulla. Vuodot voidaan luokitella kolmiportaisella asteikolla joko pistemäisiksi, vähäisiksi tai voimakkaiksi ilmavuodoiksi. Tiiveyden tavoiteltava taso on yleensä määritelty erikseen korjaussuunnitelmissa. Ilmavuotojen paikannus tulisi tehdä tiivistystyön tekijän ollessa paikalla, jolloin mahdollisista virheistä voidaan ottaa opiksi ja samankaltaiset virheet voidaan jatkossa välttää. Merkkiainekokeen mittaamenetelmää on tarkemmin esitelty Rakennustietosäätiön vuonna 2015 julkaisemassa RT-kortissa RT 14-11197 *Rakennusten ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein*. [9]

6.1.3 Merkkiainekokeen luotettavuuden arviointi

Kuten muissakin mittaamenetelmissä, myös merkkiainekokeessa tulee arvioida kokeen ja sen tulosten luotettavuutta. Tärkeimmät luotettavuuteen vaikuttavat seikat ovat paine-ero ja merkkiainekaasun leviäminen sekä mahdolliset havaintovirheet. Paine-eron suhteen yleisimmät ongelmat johtuvat liiallisesta tai liian pienestä paine-erosta. Myös paine-eron vaihtelu tai virheet paine-eron mittauksessa vaikuttavat. Merkkiainekaasun vähäinen määrä tai puutteellinen leviäminen voivat johtaa havaintovirheisiin, kuten myös kaasun liiallinen syöttömäärä. Vaarana on lisäksi mm. tiiviiden rakenneosien rikkoutuminen, mikäli kaasua syötetään liian suurella paineella. Havaintovirheet merkkiaineanalysaattorin herkkyysasetusten virheellisestä käytöstä ovat myös mahdollista. Merkkiainekaasun leviäminen, kulkeutuminen muualta ja kertymien muodostuminen aiheuttavat niin ikään havaintovirheitä. [9]

6.2 Merkkisavu

Kuten merkkiaineella myös merkkisavulla voidaan seurata ilman liikkeitä ja paikallistaa mahdollisia ilmavuotokohtia. Merkkisavukokeet voidaan toteuttaa savupullon, savukynän tai savukoneen avulla. Savupulloa tai savukynää käytetään yleensä aistinvaraisen arvioinnin tukena ilmavuotokohtien ja niiden voimakkuuksien arvioimiseksi. Se on helppo ja yksinkertainen, suuntaa antava tutkimusmenetelmä, mutta ei kuitenkaan yhtä tarkka kuin varsinainen merkkiainekoe. Merkkisavulla voidaan alustavasti myös arvioida merkkiainekokeen tarpeellisuutta. Ennen merkkisavukokeen aloittamista tulee tilan paine-ero

ulkoilmaan tai muihin tiloihin nähden selvittää. Mikäli tutkittava tila on alipaineinen, liikkuu savu huonetilaan päin ja mikäli tutkittava tila on ylipaineinen, liikkuu savu rakenteeseen päin. Savu jää leijumaan paikoilleen, mikäli rakenne on tiivis eikä ilmavirtauksia ole. [3]

Savukoneella voidaan tutkia suurempien kokonaisuuksien, kuten ala- tai välipohjarakenteiden tiiviyyttä. Siinä tutkittavaan rakenteeseen laitetaan tiivistä, niin kutsuttua puhdassavua. Tutkittavan rakenteen tulisi olla ylipaineinen tarkasteltavaan tilaan nähden, jotta savu kulkeutuu rakenteesta huonetilaan päin. Savu kulkeutuu huonetilaan mahdollisten ilmapuotokohtien kautta, ja mikäli vuotokohtat ovat suuria tai niitä on paljon, täyttyy huonetila pian savusta. Pienet ilmapuotokohtat eivät tutkimuksella välttämättä erotu. Savua voidaan syöttää savukoneella tarvittaessa myös tuloilmakanavaan, jolloin voidaan seurata ilman leviämistä huonetilaan. [3]

6.3 Tiiviysmittaus ja lämpökamerakuvaus

Rakennuksen tai sen osien tiiviyyttä voidaan mitata paine-eroon perustuvalla menetelmällä, jossa tutkittavaan rakennukseen tai tilaan saadaan puhaltimen avulla paine-ero. Mittaustulos perustuu ulkoilman ja sisätilan välisen paine-eron ylläpitämiseen ja siihen tarvittavien ilmamäärien mittaamiseen. Mittauksen tuloksena saadaan ilmanvuotoluku q_{50} , joka kuvaa rakennusvaihan keskimääräistä vuotoilman määrää rakennusvaihan pinta-alaa kohden, kun rakennukseen tai tilaan aiheutetaan 50 Pascalin ali- tai ylipaine. Tiiviysmittaus tulisi suorittaa joko yli- tai alipaineisena, mutta paras tulos saadaan, mikäli mittaus suoritetaan molemmilla tavoilla. Tällöin tuloksena käytetään mittausten keskiarvoa. Mittaus suoritetaan standardin *STS-EN 13829* mukaisesti. Ilmanvuotoluvun määrittäminen tehdään yleensä energiatodistuksen laadintaa varten ja tiiviysmittausta käytetään etenkin uudiskohteissa yhtenä laadunvalvontamenetelmänä. Tiiviysmittauksen yhteydessä voidaan suorittaa myös lämpökamerakuvaus ilmanvuotokohtien paikallistamiseksi, mutta lämpökamerakuvaus havaitut lämpövuotokohtat eivät välttämättä kerro ilmavuodosta tai ilmavuodon tarkkaa sijaintia. Ilmapuotokohdan varmistamiseksi vaaditaan rakenneavausta. Lämpökuvauksen suoritusohje on esitelty ohjekortissa *RT 14-11239 Rakennuksen lämpökuvaus*. Lämpökuvaus voidaan suorittaa myös itsenäisenä tutkimusmenetelmänä ilman tiiviysmittausta. [50]

6.4 Kosteusmittaukset

Kosteusmittaukset kohdennetaan yleensä ennen korjauksia todetuille kosteille alueille tai riskirakenteille. Mikäli kosteusmittaukset on toteutettu ennen korjauksia, voidaan korjausten jälkeisiä tuloksia verrata niihin. Kosteusmittauksilla voidaan myös kartoittaa mahdollisia korjaustyön aikaisia kosteusvaurioita. Korjaustyössä voi muodostua myös rakennusaikaista kosteutta esimerkiksi uusista lattiavaluista. Rakenneosien kosteuspitoi-

suutta voidaan arvioida rakenteita rikkomattomalla menetelmällä pintakosteudenilmaisimella. Rakenteelliset, suhteellisen kosteuden mittaukset vaativat aina pinnan rikkomista. [3]

6.4.1 Pintakosteuskartoitus

Pintakosteuskartoitus tehdään rakenteita rikkomattomalla menetelmällä. Menetelmä perustuu sähkönjohtavuuteen. Vesi johtaa sähköä, jolloin pintakosteudenilmaisimella reagoi rakenteessa olevaan kosteuteen. Rakenteen osan koostumus ja paksuus sekä pinnoitemateriaali vaikuttavat oleellisesti mittaustulokseen. Myös metalliesineet, kuten raudotteet ja sähköjohdot vaikuttavat mittaustulokseen. Kartoituksessa verrataan samanlaisesta rakenteesta, mutta eri kohdista mitattuja arvoja toisiinsa, jolloin poikkeavat arvot saadaan kartoitettua. Poikkeavan korkeat alueet tulee varmentaa rakennekosteusmittauksilla, sillä pintakosteusilmaisimen antamat lukemat ovat yksiköttömiä eikä niitä voida verrata suhteellisen tai absoluuttisen kosteuden lukuarvoihin. Sisäilmakorjausten laadun varmistuksessa pintakosteudenilmaisimella voidaan tarkistaa esimerkiksi alueet, joilla on ennen korjauksia havaittu kohonneita kosteuspitoisuuksia. Pintakosteuskartoitus on aina suuntaava menetelmä, mutta hyvä rakenteita rikkomaton työkalu laadun varmistuksen kannalta. [3]

6.4.2 Tarkat rakennekosteusmittaukset

Mikäli pintakosteudenilmaisimella havaitaan poikkeavia alueita, suoritetaan alueelle tarkan tuloksen antava rakennekosteusmittaus. Suhteellisen kosteuden mittaamenetelmässä mitataan rakenteen osan huokosten ilmatilan suhteellista kosteutta, joka riippuu huokosissa olevasta vesihöyrymäärästä ja lämpötilasta. Kiviaineisesta rakenteesta, kuten betonista, suhteellinen kosteus voidaan mitata porareikämittauksena tai näytepalamittauksena. Lattiapinnoitteen alapuolisen rajapinnan suhteellista kosteutta voidaan mitata viiltomittaamenetelmällä. [3]

Kun mittaustulos halutaan nopeasti, voidaan käyttää näytepalamittaamenetelmää. Menetelmä on myös tarkin rakennekosteusmittauksista. Mittaamenetelmässä valitaan haluttu mittaussyvyys, josta suhteellinen kosteus ja lämpötila halutaan määrittää. Betonista irrotetaan pieniä kappaleita, jotka laitetaan välittömästi suljettuun ja puhdistettuun koeputkeen. Samalla koeputkeen asennetaan suhteellisen kosteuden mittaanturi ja anturin johto tiivistetään koeputken suulle siten, että koeputkesta saadaan vesihöyrytiivis. Näytteitä tulisi ottaa vähintään kaksi samasta kohdasta, parhaan mahdollisen mittaustarkkuuden saavuttamiseksi. Koeputket siirretään tämän jälkeen vakio- lämpötilaan, jossa koeputkien annetaan tasaantua 5...12 h, mitta-anturista riippuen. Näytepalamenetelmä on nopea ja tarkka, mutta työläs ja rakenteita rikkova menetelmä. Mittaamenetelmässä ei saada mitattua rakenteen lämpötilaa, mutta toisaalta menetelmä ei myöskään ole riippuvainen

lämpötilasta, vaan mittaus voidaan suorittaa missä lämpötilassa tahansa. Laadun varmistuksessa näytepalamittausmenetelmää voidaan käyttää myös lattiapinnoitteen alapuolisen tasoitekerroksen kosteuspitoisuuden määrittämiseen, mikäli lämpötila on viiltomittaukselle liian alhainen tai korkea tai viiltomittausmenetelmää ei muista syistä voida käyttää. Tällöin voidaan esimerkiksi selvittää, onko lattiapinnoite asennettu liian aikaisin, alapuolisen betonin tai tasoitekerroksen ollessa vielä liian kostea. [51]

Verrattuna näytepalamenetelmään, porareikämittausmenetelmä on hitaampi, mutta vähemmän työläämpi. Lisäksi porareiät ovat helpommin paikattavissa. Mikäli pintakosteuskartoituksessa on havaittu poikkeavia kosteusalueita, voidaan porareikämittauksella todentaa rakenteen kosteusprofiilia eri syvyyksillä. Tällöin voidaan arvioida kosteuden liikkumissuuntaa rakenteessa. Mittausmenetelmää käytetään rakenteen lämpötilan ollessa +15...+25 astetta, jolloin mittausmenetelmä on tarkimmillaan. Halutuille syvyyksille porattavat mittareiät putkitetaan ja puhdistetaan huolellisesti. Tämän jälkeen putken suu tiivistetään vesihöyrytiivillä, elastisella massalla. Porareikien tasaantumisaikana käytetään yleisesti kolmea vuorokautta. Tasaantumisajan jälkeen putkiin asennetaan mitta-anturit, jotka tiivistetään mittausputkiin. Mittapäiden tulee tasaantua niin kauan, että ne ovat saavuttaneet kosteustasapainon ympäristönsä kanssa. Yleensä tasaantumisaikana käytetään vähintään yhtä tuntia. [51] Porareikämittauksia tehdessä tulee tehdä myös vertailumittapiste kuivaksi oletetulle alueelle. Porareikämittauksessa lattiapinnoite kannattaa irrottaa ensin alueelta, johon porareiät porataan. Samalla voidaan aistinvaraisesti tarkastella liimakerroksen mahdollisia vaurioita. Tällöin lattiapinnoite saadaan lopuksi liimattua takaisin paikoilleen, ja mittauskohta jää huomaamattomaksi. [3]

Mikäli halutaan selvittää pehmeän lattiapinnoitteen, kuten muovi- tai linoleumimaton alapinnan ja sen kiinnitysliiman todellista kosteusrasitusta, käytetään viiltokosteusmittausta. Menetelmässä tehdään lattiapinnoitteeseen viilto, josta mittausanturi työnnetään lattiapinnoitteen alle. Tehty viilto tiivistetään vesihöyrytiiviksi elastisella massalla siten, että tiivistemassaa laitetaan myös anturin ja lattiapinnan väliin. [24] Mittapään annetaan tasaantua noin 15...20 min, mittapään ominaisuuksista riippuen. Tarkin mittaus tulos saadaan +20 asteen lämpötilassa. Viiltomittauksia tehdessä voidaan tehdä myös aistinvaraisia havaintoja kiinnitysliiman mahdollisista vaurioista, kuten lattiapinnoitteen tartunnasta alustaan, liiman koostumuksesta ja väristä sekä päällysteen alapuolisesta hajusta. Kuten porareikämittauksissa, myös viiltomittauksissa tulee tehdä yksi vertailumittauspiste kuivaksi oletetulle alueelle. Viiltomittauskohta saadaan lopuksi paikattua hyvin huomaamattomaksi. [3] Viiltomittauksien tuloksia arvioitaessa on hyvä muistaa, että jo rakennusvaiheessa kosteaksi jääneet alueet ovat yleensä myöhemminkin hieman kosteampia. Mikäli viiltomittaus tehdään rakenteeseen, johon ei lähtökohtaisesti kohdistu ulkopuolista kosteusrasitusta (kuten välipohjarakenteet), on mittauksissa todettu kosteus yleensä peräisin rakennusaikaisesta kosteudesta. [52]

6.5 VOC-ilmanäyte

Mikäli sisäilmakorjauksen yhtenä syynä on ollut lattiapinnoitteen tai sen kiinnitysliiman kemiallinen hajoaminen ja siitä sisäilmaan päätyvät VOC-yhdisteet, voidaan laadunvarmistusmittauksena ottaa sisäilmasta myös korjausten jälkeen VOC-ilmanäyte. Ilmanäytettä ei kuitenkaan tulisi ottaa ennen kuin korjauksien valmistumisesta on kulunut vähintään kuusi kuukautta, sillä uudet materiaalit emittoivat orgaanisia yhdisteitä. VOC-ilmanäytteen ottamisen syynä voi olla myös tilassa korjausten jälkeen koetut oireet tai kemialliseen vaurioitumiseen viittaavat hajut sisäilmassa [53]. Sisäilman VOC-päästöjä aiheuttavat esimerkiksi myös uudet huonekalut ja tekstiilit, puhdistusaineet ja kosmetiikka. Pitoisuuksiin vaikuttavat sisäilman olosuhteet sekä ilmanvaihto, ilman liikkeet tilassa, paine-erojen vaihtelut ja tilojen käyttäjät. [25]

Sisäilman VOC-näyte kerätään yleensä keräyspumpun avulla adsorbenttiputkeen. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaan adsorbenttina tulee käyttää Tenax-TA-putkea ja suorittaa näytteenotto standardin ISO 16000-6:2001 mukaisesti. [25] Tilojen käyttäjille tulee tiedottaa, että ennen mittausta tiloja ei tulisi tuulettaa 12 tuntiin. Muuten olosuhteiden tulee olla normaalikäyttöä vastaavat eli esimerkiksi ilmanvaihto tulee olla säädettyinä normaalisti. Näytteenoton aikana tilassa ei saa oleskella muita henkilöitä eikä näytteenottaja saa käyttää esimerkiksi hajusteita tai tupakoida ennen näytteenottoa. Näytteitä tulisi kerätä rinnakkaiset näytteet ja sen lisäksi niin kutsuttu kenttänolla, joka kulkee koskemattomana näytteenottajan mukana. Ennen näytteenottoa adsorptioputkesta kirjoitetaan ylös sen tunniste ja se avataan molemmista päistään. Tämän jälkeen putki kiinnitetään pumppuun ohjeiden mukaisesti oikein päin. Pumppuun asetetaan keräysnopeudeksi 50 – 200 ml/min ja suositeltava kerättävä ilmamäärä on 8 – 12 litraa. Näytteet lähetetään laboratorioon analysoitavaksi termodesorptio-kaasukromatografi-massaspektrometri-menetelmällä (TG-GC-MS). [3]

Laboratorion tulisi ilmoittaa tulokset yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$, jolloin tulos on ilmoitettu yleisesti käytössä olevassa yksikössä ja virhemahdollisuudet tulosten tulkinnassa pienenevät. VOC-analyysin tuloksessa ilmoitetaan haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC) tolueeniekvivalenttina. Tulosten tulkinta tapahtuu pääasiassa viitearvioihin vertaamalla, mutta viitearvojen tulee olla analysoitu vastaavalla menetelmällä kuin otetut näytteet. Asumisterveysasetuksessa on esitetty seuraavassa taulukossa olevat toimenpiderajat, jotka on määritetty tolueenivasteella. Lisäksi Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa on arveltu, että C9-C10-alkoholit aiheuttavat oireilua uudempien muovimattojen kosteusvaurioiden yhteydessä, mikäli niitä esiintyy sisäilmassa enemmän kuin $10...50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. [25]

Taulukko 5 Tolueenivasteella määritetyille VOC-yhdisteille asetetut toimenpiderajat [25].

Yhdiste	Toimenpideraja
VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC)	400 µg/m ³
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidiolodi-isobutyaatti (TXIB)	10 µg/m ³
2-etyyli-1-heksanoli (2-EH)	10 µg/m ³
naftaleeni	10 µg/m ³ (hajua ei saa esiintyä)
styreeni	40 µg/m ³
muut yksittäiset yhdisteet	50 µg/m ³

Toimistotilojen sisäilman osalta Työterveyslaitos on julkaissut viitearvot haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksista, joita verrataan kyseisten yhdisteiden normaalitasoon. Normaalitason määrittämiseen on käytetty niin kutsuttua P90-pitoisuutta, jossa tuloksia verrataan kerättyyn mittausaineistoon. P90-pitoisuudessa pitoisuuden alapuolelle jää 90 % mittausaineiston havainnoista, jolloin poikkeukselliseksi tulokseksi luetaan tämän pitoisuuden ylitys. Lisäksi on annettu yhdistekohtaisia viitearvoja. [54] Annetut viitearvot eivät siis ole terveysperusteisia, vaan niiden tavoitteena on pystyä havaitsemaan poikkeava mittausulos. Toimistorakennuksissa haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet sisäilmassa ovat tyypillisesti pienempiä kuin asuinrakennuksissa, mikä johtuu esimerkiksi tehokkaammasta ilmanvaihdosta. [55] Työterveyslaitoksen asettama viitearvo TVOC-kokonaispitoisuudelle on > 100 µg/m³ ja yksittäisille yhdisteille 1...15 µg/m³ yhdisteestä riippuen. [54]

Asumisterveysoppaan soveltamisohjeessa annettuja toimenpiderajoja tai Työterveyslaitoksen antamia viitearvoja parempi apuväline tulosten tulkintaan on yleensä kuitenkin toisesta tilasta otettava vertailunäyte. Vertailunäyte voidaan ottaa esimerkiksi oireettomaksi oletusta tilasta, jossa ei ole havaittu kohonneita kosteuspitoisuuksia tai muita muovimaton vaurioitumiseen viittaavia merkkejä. Mittauksien tulkinnassa tulee huomioida näytteenoton ja analyysin tuloksien muodostama virhe, joka on noin ± 30 %. Lisäksi mittausepävarmuutta lisää mittaajasta ja mittaustilanteesta aiheutuvat vaihtelut. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kaikkia terveysvaikutuksia ei ole vielä saatu selvitettyä ja koska mittauksiin liittyy useampia epävarmuutta aiheuttavia tekijöitä, ei pelkkien VOC-ilmanäytteiden perusteella voida luotettavasti arvioida sisäilman terveydellisiä vaikutuksia. [3]

6.6 Pölyjen, kuitujen ja muiden hiukasmaisten epäpuhtauksien tutkimusmenetelmät

Korjaustöiden jälkeen sisäilmassa voi esiintyä rakennuspölyä, kuituja tai muita hiukasmaisia epäpuhtauksia. Niin kutsuttuun karkeaan ja hengitettävään hiukkaskokoluokkaan PM₁₀ lukeutuvat esimerkiksi betoni- ja kipsipöly sekä lämmöneristeistä peräisin olevat teolliset mineraalikuidut. Korjatussa tilassa pinnoille kertynyt rakennusaikainen pöly voi aiheuttaa tilojen käyttäjissä oireilua, joka voitaisiin välttää asianmukaisella loppusiivouksella. Loppusiivouksen ja osastoinnin onnistumista voidaan arvioida ottamalla pölynäytteitä esimerkiksi tasopinnoilta pyyhintänäytteenä tai 14 vuorokauden laskeumanäytteenä geeliteippimenetelmällä. Pölyä ja kuituja voidaan tutkia myös sisäilmasta sekä tuloilmakanavan päätelaitteelta tai kanavasta. Seuraavassa on kuvattu tarkemmin laskeumanäytteen ja pyyhintänäytteen ottamista. [3]

6.6.1 Pölynkoostumusanalyysi

Tasopinnoilta otettava pyyhintänäyte voidaan ottaa tasopinnoilta tai esimerkiksi ilmanvaihtokanavasta. Pyyhintänäytteessä puhdas uudelleen suljettava, muovinen pussi (esim. MiniGrip) käännetään väärin päin käden ympärille, ilman, että pussin sisäpintaan kosketaan. Tämän jälkeen pussilla pyyhitään tasopintaa keräämällä pussin sisään pölyä. Pöly tarttuu pussin pintaan sen sähköistyessä. Tämän jälkeen pussi käännetään oikein päin ja pussin suu suljetaan tiiviisti. Pölynäyte tulisi ottaa 14 vuorokauden laskeumasta, jolloin tätä vanhemman pölyn laimentava vaikutus saadaan poistettua. [56]

Pyyhintänäytteestä määritetään pölynkoostumus semikvantitatiivisesti. Mikäli näyte otetaan tilasta, jossa on tehty korjaustöitä, tulisi kaikkien pintojen olla siivottu, joten näyte voidaan ottaa miltä tasopinnalta tahansa. Mikäli näytteellä halutaan selvittää osastoinnin onnistumista sellaisesta tilasta, jossa korjauksia ei ole tehty, tulee näyte mieluummin ottaa sellaiselta pinnalta, jota siivotaan säännöllisesti. Tällöin näyte ei sisällä vuosia vanhaa pölyä, vaan pöly on todennäköisimmin kertynyt korjausten aikana tai niiden valmistumisen jälkeen. Pyyhintänäyte voidaan ottaa myös ilmanvaihtokanavan pinnalta joko päätelaitteen tai kanavan tarkastusluukun kautta tai itse päätelaitteesta. [3]

Tiiviisti suljettuun muovipussiin kerätty pyyhintänäyte lähetetään laboratorioon analysoitavaksi. Laboratoriossa näytteen pölyn koostumus tutkitaan elektronimikroskoopilla ja siihen kytketyllä alkuaineanalyysointilaitteella (SEM/DES). Normaali huonepöly koostuu hilseestä ja paperi- ja tekstiilipölystä. Laboratorio pystyy erottamaan näytteestä myös asbestikuidut, lasi- ja vuorivillakuidut, erilaiset rakennusmateriaalipölyt ja homeitiöt. Laboratorio raportoi näytteessä esiintyvät eri hiukkastyypit. Näytteitä otetaan eri tiloista ja tulosten tulkinta perustuu näytteiden vertailuun sekä normaalista huonepölystä poikkeavien hiukkasten toteamiseen. Jotta niiden lähde voidaan selvittää, tulee näytteet ottaa samasta tilasta sekä tasopinnalta että ilmanvaihtokanavasta. [3] Pölynkoostumusnäytteen osalta

toimenpiderajat on asetettua ainoastaan asbestikuiduille, jossa toimenpideraja ylittyy, mikäli näytteessä esiintyy asbestikuituja. Mikäli sisäilmasta otetussa näytteessä asbestikuitujen osuus on kuitenkin alle $0,1 \text{ kuitua/cm}^3$, on sisäilmanäytteen tulos määräävämpi tekijä ja yksittäiset asbestikuidut huonepinnoilla hyväksytään. [27]

6.6.2 Pölyn määrä geeliteippimenetelmällä

Siivouksen teknistä laatua arvioitaessa voidaan käyttää myös pinnoille kertyneen pölyn tutkimista geeliteippimenetelmällä. Menetelmä perustuu standardiin SFS 5994: *Siivouksen tekninen laatu. Mittaus- ja arviointijärjestelmä (INSTA 800:2010)*. Standardissa on kuvattu geeliteippimenetelmän lisäksi silmämääräisen tarkastuksen menetelmä. Standardin mukaan sitä voidaan soveltaa seuraavissa tilanteissa [57]:

- *saavutetun siivouksen teknisen laadun tarkastaminen*
- *likatason tai likaantumisenopeuden arviointi*
- *siivouksen lopputulosta koskevin vaatimuksina siivouspalvelujen suorittamisen ja tilaamisen sekä niihin liittyvien tarjousten yhteydessä*
- *tietyn laatutason saavuttamiseen tarvittavan siivoustoiminnan arviointiin*
- *tietyllä siivoustoiminnalla saavutetun siivouksen teknisen laadun määrittelyyn*

Mittaukseen perustuvassa menetelmässä geeliteippi painetaan tutkittavalle pinnalle, jolloin geeliteippiin tarttuvan pölyn määrä voidaan tutkia optisella lukulaitteella. Standardissa SFS 5994 on annettu laatutasot, joihin mitattuja pölykertymien määriä voidaan verrata. Lisäksi voidaan käyttää Sisäilmastoluokitus 2018:ssä määritettyjä puhtaustaso P1:n arvoja. Sisäilmastoluokituksen mukaiset pölykertymän enimmäistasot on esitetty taulukossa 2. [10]

6.6.3 Laskeumanäyte (mineraalikuitujen määrä)

Teollisten mineraalikuitujen määrää voidaan arvioida laskeumanäytteen avulla. Laskeumanäytteessä näytteenottoa puhdistetaan pölystä ja tasolle asetetaan puhdas näytteenottolevy, jolle pölyn annetaan laskeutua 14 vuorokauden ajan. Näytettä kerätään 100 cm^2 :n ($10 \times 10 \text{ cm}$) kokoiselle alueelle. Näytteenottolevy täytyy merkitä hyvin, jotta levyyn ei kosketa tai sitä ei pyyhitä näytteenkeruun aikana. Toinen vaihtoehto on käyttää puhdasta petrimaljan pohjaa näytteenkeruualustana [58]. Kahden viikon kuluttua näytteenottoalueelle tai petrimaljaan painetaan geeliteippi siten, että se painetaan alustaan kiinni tasaisella voimalla, jolloin geeliteippi säilyy varmemmin vaurioitumattomana. Tasopinnalta geeliteippi irrotetaan varovasti sen reunojen avulla, koskematta itse geeliin. Tämän jälkeen geeliteippi teipataan reunoistaan kiinni petrimaljan pohjalle ja maljan kansi teipataan kiinni. [3]

Geeliteippinäyte toimitetaan laboratorioon analysoitavaksi, jossa geeliteipissä mahdollisesti olevat yli 20 mikrometrin pituiset mineraalikuidut lasketaan valomikroskoopin

avulla. Tulokset annetaan yksikössä kuitua/cm² ja alin määritettävä pitoisuus on 0,1 kuitua/cm². Toimenpiderajaksi on määritelty 0,2 kuitua/cm² sekä Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa [25] että Työterveyslaitoksen julkaisemassa ohjeessa [54]. Mikäli kuituja havaitaan tasopinnoilla vähintään toimenpiderajan mukainen määrä, tulee niiden lähde selvittää. Tuloilman mahdolliset kuitulähteet voidaan selvittää ottamalla geeliteippinäyte suoraan tuloilmakanavan pinnalta tai ottamalla tuloilmasta suodatinnäyte. [3]

6.7 Ilmanvaihtolaitteiston tarkastukset

Ilmanvaihtolaitteiston toimivuus vaikuttaa oleellisesti sisätilojen viihtyvyyteen, minkä vuoksi ilmanvaihtolaitteisto tulisi aina huoltaa sisäilmakorjausten yhteydessä. Sisäilmakorjauksissa rakenteiden tiiviys voi parantua, mikä vaikuttaa ilmanvaihdon säätöihin ja tilojen painesuhteisiin. Ilmamäärät tuleekin aina mitata ja säätää korjausten valmistuttua. [5] Tällöin tilojen painesuhteet saadaan myös asianmukaiselle tasolle. Säätö- ja mittaus-työn yhteydessä tarkastetaan myös kanaviston kunto. Mikäli ilmanvaihtolaitteisto on korjausten aikana huonosti suojattu, rakennusaikainen pöly ja muut epäpuhtaudet ovat voineet päästä kulkeutumaan ilmanvaihtokanavistoon. Kanaviston puhtautta voidaan arvioida joko aistinvaraisin menetelmin tai ottamalla pölynäytteitä kuten luvussa 5.3.3 on todettu. Mikäli ilmanvaihtolaitteistossa epäillään olevan mineraalikuitulähteitä, voidaan tulokanavan pinnalta ottaa pyyhintänäyte tai geeliteippinäyte. [3]

6.7.1 Ilmamäärien mittaaminen

Ilmanvaihdon säätöjä voidaan tarkastaa pistokoeluontoisesti tiloittain. Ilmamäärät mitataan jokaiselta tuloilmapäätelaitteelta sekä jokaiselta poistoilmapäätelaitteelta. Ilmamäärien mittausta voidaan suorittaa tarkastusmittauksena myös pistokoeluontoisesti tiettyyn osuuteen tutkittavista tiloista. [3] Paine-eroon perustuvia mittausmenetelmiä on useampia, joissa yleensä käytetään joko paine-eron Δp_m (yksikkö Pa) mittaamiseen tarkoitettua mittasondia tai tulo-/poistoilmalaitteessa valmiina olevaa mittausanturia. Jokaisella päätelaitteella on oma niin kutsuttu k -arvo (yksikkö 1/s), jolla mitattu paine-ero saadaan muutettua ilmavirraksi q_v (m³/h) seuraavan kaavan mukaisesti. Kun halutaan laskea koko tilan poisto-/tuloilmavirrat, lasketaan jokaiselta tilassa olevalta tulo- tai poistoilmapäätelaitteelta mitatut ilmavirrat yhteen. [59]

$$q_v = k \cdot \sqrt{\Delta p_m}$$

Mitattuja ilmamääriä verrataan olemassa olevien suunnitelmien mukaisiin ilmamääriin. Mikäli ilmanvaihtosuunnitelmaa ei ole tehty tai sitä ei ole muuten saatavilla, voidaan ilmamääriä verrata rakentamisen tai peruskorjauksen aikaisten rakentamismääräysten mukaisiin ohjearvoihin. Lisäksi on huomioitava, että ilmanvaihtosuunnitelmat tulisi päivittää riittävän usein vastaamaan tilojen käytön mukaista tarvetta. Esimerkiksi koulu- ja päi-

väkotirakennuksissa ryhmäkoot ovat vuosien saatossa kasvaneet, joten myös ilmanvaihdon tarve on kasvanut. [3] Ilmamääriä verrataan luokkatiloissa oppilasmäärään. Ympäristöministeriön asetuksen mukaan ilmanvaihtojärjestelmän ulkoilmavirran tulee olla vähintään $6 \text{ dm}^3/\text{s}$ jokaista tilassa olevaa henkilöä kohden, tilan käytön aikana. Lisäksi koko rakennuksen ulkoilmavirran osalta on annettu vähimmäismääräksi $0,35 \text{ (dm}^3/\text{s)/m}^2$ käytön aikana lattiapinta-alaa kohden. Käytönajan ulkopuolella ulkoilmavirran tulee vähintään olla $0,15 \text{ (dm}^3/\text{s)/m}^2$. Asuinhuoneistoissa ulkoilmavirran vähimmäisarvoksi on Ympäristöministeriön asetuksessa annettu $18 \text{ dm}^3/\text{s}$. [41] Asumisterveysasteuksessa asuinhuoneiston ulkoilmavirran vähimmäisarvoksi on puolestaan annettu $0,35 \text{ dm}^3/\text{s/m}^2$ [27]. Asumisterveysoppaan mukaisesti koneellisessa tulo-poisto-ilmanvaihtojärjestelmässä poistoilmavirrat säädetään siten, että tilassa vallitsee noin $0 \dots 2 \text{ Pa}$:n suuruinen alipaine ulkoilmaan nähden [60].

6.7.2 Paine-erojen mittaaminen

Tilojen painesuhteiden mittaaminen ulkoilmaan nähden voidaan toteuttaa joko hetkellisenä tai jatkuvatoimisena mittauksena. Ilmamäärien mittaamisella voidaan myös arvioida tilojen painesuhteita. Paine-eron mittaus suoritetaan sähköisellä mitta-anturilla. Jatkuvatomisessa mittalaitteessa mitta-anturiin on liitetty dataloggeri, jolla saadaan kerättyä pitkäaikaisempaa tietoa painesuhteista. Paine-ero sisätilan ja ulkoilman välillä voi vaihdella nopeasti ulkoisten tekijöiden, kuten tuulen vaikutuksesta, minkä vuoksi hetkellinen paine-eron mittaus ei välttämättä anna totuudenmukaista kuvaa rakennuksen painesuhteista. Jatkuvatomisena mittauksena tehtävä paine-erojen mittaus tulisi toteuttaa 1 – 2 viikon mittaisena mittausjaksona, jolloin mittausdataa saadaan riittävästi. Mittaus voidaan toteuttaa esimerkiksi muutaman tai useamman minuutin välein. Tuloksena saadaan paine-erokuvaaja. [3]

Paine-erojen mittaus tulisi tehdä ilmanvaihdon säätöjen ollessa normaalissa käyttötilassa. Lisäksi ikkunoiden ja ovien tulisi olla suljettuna, sillä niiden avaaminen vaikuttaa tilojen paine-eroihin. Paine-eromittaus tulisi tehdä eri puolilta rakennusta siten, että mittaus olisi suoritettu vähintään jokaiselle eri julkisivulle (ilmansuunnalle). Tällöin voidaan arvioida tuulen vaikutusta mittaustuloksiin. Mikäli tuulenopeus on 5 m/s tai ulkoilman lämpötila on alle -20 astetta tai yli 22 astetta, mittaustulos ei kerro tavanomaisten olosuhteiden tilanteesta. Niin kutsutun savupiippuvaikutuksen vuoksi paine-eromittaus tulisi suorittaa myös eri kerroksissa. [3]

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen osan I mukaan, mikäli rakennuksen alipaineisuus ylittää 15 Pascalin arvon, tulee alipaineen syy selvittää ja tarvittaessa ilmamääriä säätämällä saattaa paine-eroa pienemmäksi. Mikäli rakennuksen ilmanvaihtolaitteisto aiheuttaa rakennukseen ylipainetta ulkoilmaan nähden, tulee soveltamisohjeen mukaan sen syy selvittää ja ilmanvaihtoa tasapainottaa. [61] Asumisterveysoppaassa on puolestaan annettu seuraavan taulukon mukaiset tavoitearvot paine-eroille eri ilmanvaihtojärjestelmissä [60].

Taulukko 6 Tavoitteelliset paine-erot eri ilmanvaihtojärjestelmissä [60].

Ilmanvaihtotapa	Paine-ero	Huomautuksia
Painovoimainen ilmanvaihto	0...-5 Pa ulkoilmaan ±0 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat voimakkaasti sään mukaan
Koneellinen poistoilmanvaihto	-5...-20 Pa ulkoilmaan 0...-5 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat sään mukaan
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, ilmanvaihto-lämmitys	0...-2 Pa ulkoilmaan ±0 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat sään mukaan

Ympäristöministeriön julkaisemassa asetuksessa uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta ei paine-eroille ole määritelty tavoitearvoja. Asetuksen mukaan ilmanvaihto on suunniteltava siten, ettei rakenteisiin synny ylipaineen vuoksi pitkäaikaista kosteusrasitusta ja ettei alipaine mahdollista epäpuhtauksien siirtymistä sisäilmaan. [41]

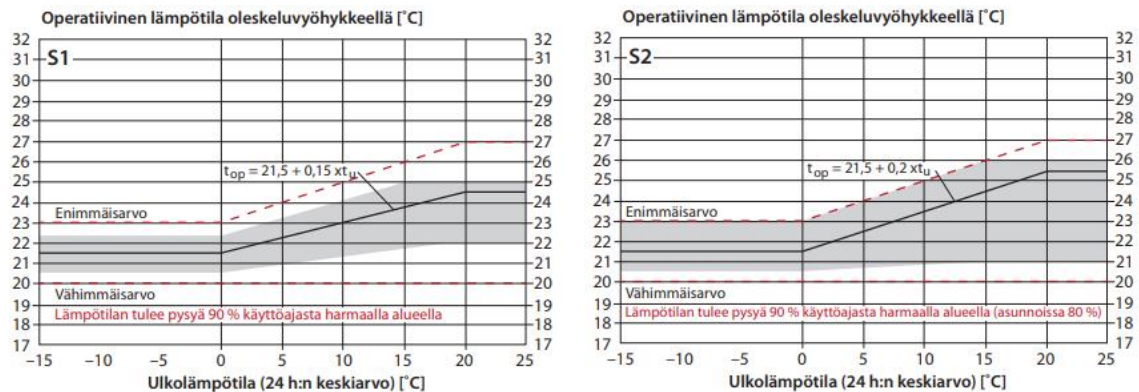
6.7.3 Sisäilman olosuhteiden mittaaminen

Ilmanvaihdon riittävyttä ja tilojen viihtyisyyttä voidaan arvioida sisäilman olosuhdemittauksilla. Sisäilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta sekä hiilidioksidipitoisuutta voidaan mitata jatkuvatoimisilla mittauksilla. Näistä etenkin hiilidioksidipitoisuuden mittaaminen kuvaa hyvin ilmamäärien ja ilmanjaon riittävyttä. Kaikkia kolmea sisäilman olosuhdetta voidaan mitata joko yhdellä mittalaitteella tai yleisimmin hiilidioksidipitoisuus mitataan erillisellä laitteella. Mittauksen tulisi tapahtua normaaliolosuhteissa, ilmanvaihdon ollessa säädettyinä tavanomaiselle teholle. Tuulettaminen ikkunoita tai ovia avaamalla ei ole suositeltavaa. Mittausjakson tulisi olla vähintään viikon mittainen. Ulkoisten tekijöiden vaikutus olosuhdemittausten tuloksiin tulisi minimoida; mittalaitteita ei tulisi esimerkiksi asettaa lähelle tuloilman päätelaitetta eikä esimerkiksi aurinkoiselle ikkunalle tai lähelle patteria. Olosuhdemittauksissa voidaan käyttää myös etäluettavia mittareita. [3]

Jatkuvatoimista suhteellisen kosteuden mittausta voidaan käyttää jo korjausvaiheessa, mikäli tehdään sisäilman kosteutta nostattavia työvaiheita, kuten uusien betonirakenteiden valamista. Tällöin voidaan seurata suhteellisen kosteuden nousemista sisäilmassa ja arvioida sen vaikutuksia muille rakenneosille. Lämpötilaa ja suhteellista kosteutta tulisi mitata samanaikaisesti myös ulkoilmasta, jolloin voidaan laskea sisäilmassa olevaa kosteuslisää ulkoilmaan nähden. [3] Rakennusaikaisen kosteuden poistamiseksi tulee huolehtia riittävästä ilman vaihtumisesta sekä tarvittaessa sisäilman lämmittämisestä. [62]

Sisäilman lämpötilalle ja hiilidioksidipitoisuudelle on annettu tavoitearvot Sisäilmastoluokitus 2018:ssa. Tavoitearvot riippuvat tavoitellusta sisäilmastoluokasta, joita on yhteensä kolme eri kappaletta. Sisäilmastoluokassa S1 tavoitetasot ovat korkeimmat ja niiden toteutuessa käyttäjätyytyväisyys on todennäköisemmin suurempi. Operatiiviselle

lämpötila-arvolle on annettu tavoitearvot, jotka vaihtelevat ulkoilman lämpötilan mukaan. Sisäilmastoluokassa S3 lämpötilalle on asetettu tavoitearvot ainoastaan enimmäislämpötilalle. Luokkien S1 ja S2 tavoitearvot on esitetty seuraavissa kuvaajissa. [10]



Kuva 5 Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot Sisäilmastoluokitus 2018:ssa [10].

Ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta sisäilman huonelämpötilan hallinnan suunnittelussa on lämmityskaudella annettu vaihteluväliksi 20...25 °C ja lämmityskauden ulkopuolella 20...27 °C [41]. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen osassa I toimenpiderajaksi on vastaavasti määritetty lämmityskaudella 18...26 °C ja lämmityskauden ulkopuolella 18...32 °C [61].

Sisäilman hiilidioksidipitoisuudelle on niin ikään asetettu tavoitearvot. Arvot on ilmoitettu hiilidioksidipitoisuuslisänä ulkoilman hiilidioksidipitoisuuteen verrattuna. Mikäli ulkoilman hiilidioksidipitoisuutta ei erikseen mitata, voidaan sen arvona käyttää 400 ppm [61]. Sisäilmastoluokitus 2018:ssa esitetyt tavoitearvot hiilidioksidipitoisuudelle ovat ulkoilman hiilidioksidipitoisuus mukaan lukien [10]:

- S1: < 750 ppm
- S2: < 950 ppm
- S3: < 1 200 ppm

Ympäristöministeriön asetuksen uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta mukaan hiilidioksidipitoisuuden suunnitteluarvo huonetilan käyttöaikana saa enintään olla 1 200 ppm, kun ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on huomioitu (400 ppm) [41]. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen osassa I toimenpiderajaksi on määritetty 1 150 ppm suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus [61].

6.8 Käyttäjille osoitetut kyselyt

Tilojen käyttäjillä voidaan teettää käyttäjä- tai sisäilmastokyselyitä, joilla saadaan selvitettyä käyttäjien kokemuksia. Käyttäjäkyselyiden tarkoituksena on selvittää käyttäjien havaitsemia ja kokemia ongelmia rakennuksessa tai tietyissä huonetiloissa. Sisäilmastokyselyillä kartoitetaan sisäilman olosuhteita ja mahdollisten ongelmien laajuutta. Sisäilmas-

tokyselyssä selvitetään myös käyttäjien kokemia oireita. Laadun varmistamisen työkaluna kyselyistä saadaan suurin hyöty, mikäli sama kysely on toteutettu ennen ja jälkeen korjausten. Kysely tulisi suorittaa mieluiten myös samaan vuodenaikaan, jolloin pystytään minimoimaan ulkoisten tekijöiden vaikutusta kyselyn tuloksiin. [3]

6.9 Sisäilman mikrobinäyte

Mikäli korjausten valmistumisen jälkeen epäillään tiloissa esiintyvän edelleen mikrobeja, voidaan tilannetta arvioida sisäilmasta otettavilla mikrobinäytteillä. Tarvittaessa voidaan rakenteisiin tehdä myös rakenneavauksia materiaalinäytteenottoa varten, mutta korjattujen pintojen rikkominen tulee tehdä vain hyvin perustellusta syystä. Sisäilmanäytteitä voidaan ottaa aikaisintaan kuuden kuukauden kuluttua loppusiivouksen valmistumisesta. Lisäksi näytteenotossa tulee huomioida vuodenaika, sillä maan ollessa sula, näytteeseen voi päätyä mikrobeja ja muita epäpuhtauksia myös ulkoa. Sisäilmanäytteet suositellaan otettavaksi maan ollessa jäässä, mutta tarvittaessa niitä voidaan ottaa myös sulan maan aikaan, mikäli ulkoilmasta otetaan vertailunäyte. [3]

Sisäilman mikrobinäytteenottoa käytetään yleisesti siinä tapauksessa, mikäli mikrobivauriota ei pystytä todentamaan aistinvaraisesti, kosteusmittauksella tai materiaalinäytteenotolla. Sisäilmassa esiintyvät mikrobipitoisuudet vaihtelevat tyypillisesti, joten yksittäisellä ilmanäytteellä ei voida tehdä tulkintoja sisäilman mikrobipitoisuustasosta riittävän luotettavasti. Normaalista poikkeava tilanne voidaan havaita toistamalla mittauksia samassa tilassa, mutta eri aikaan suoritetuilla näytteenotoilla. [63] Sisäilmakorjausten laadun varmistamisessa sisäilmanäytteiden otto ei ole ensisijainen menetelmä, mutta niitä voidaan hyödyntää muiden laadun varmistusmenetelmien tukena. Mikäli sisäilmanäytteet on otettu myös ennen korjauksien aloittamista, voidaan samasta tilasta, samaan vuodenaikaan otettuja mikrobinäytteiden tuloksia verrata toisiinsa. Ennen näytteiden ottoa tulee korjauskohteessa olla toteutettu huolellinen mikrobipitoisen pölyn siivous, jotta korjausten aikana pinnoille kertynyt pöly ei vääristä tulosta. Ilmanäytettä ei suositella otettavaksi myöskään heti siivouksen jälkeen, sillä rakenteisiin mahdollisesti jääneet mikrobivauriot eivät ole vielä ehtineet kulkeutua sisäilmaan. [3]

Sisäilman mikrobinäytteenotossa käytetään siihen tarkoitettua Andersein-keräintä, jossa sisäilmaa pumpataan kokojaottelevan impaktorin läpi ja ilmassa olevat hiukkaset kerätään petrimaljoilla oleville kasvatusalustoille. [63] Tarkemmat näytteenotto-ohjeet on kerrottu Asumisterveysasetuksessa sekä Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen osassa III.

6.10 Jälkiseuranta

Korjausten onnistumista voidaan varmentaa myös takuu- ja jälkitarkastuksilla, jotka tehdään yleensä aikaisintaan kahden kuukauden kuluttua tilojen käyttöönotosta. Sisäilmasta otettavat kemialliset näytteet kuten VOC-ilmanäyte tulee kuitenkin ottaa aikaisintaan

kuuden kuukauden kuluttua sisäilmakorjausten valmistuttua, sillä uusista materiaaleista haihtuu orgaanisia yhdisteitä. [25] Ilmanvaihdon ja lämmitysjärjestelmän säätämistä suositellaan sisäilmakorjausten jälkeen, sillä etenkin tiivistyskorjauksilla voi olla vaikutusta tilojen painesuhteisiin ja vuotoilman viilentävä vaikutus on saatu poistettua. Ilmanvaihdon ja lämmitysjärjestelmän toimintaa tulisikin seurata pitkäaikaisilla painesuhteiden ja sisäilman olosuhteiden mittauksilla. [33] Jatkuvatoimisilla olosuhdemittauksilla voidaan myös varmistua haluttujen olosuhteiden saavuttamisesta ja sisäilman laadusta. Jälkiseuranta tulisi aina sopia urakkaan kuuluvana ja siihen tulisi sisällyttää esimerkiksi merkkiainekokeita ja kosteusmittauksia [1]. Jälkiseurannan kesto ja tarkastusten määrä määritellään kuitenkin aina kohdekohtaisesti. Mikäli jälkiseurannan yhteydessä havaitaan sisäilman laatua heikentäviä tekijöitä, voidaan niihin puuttua tarvittaessa nopeasti. [33]

7. TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI

Työn tutkimusosuudessa tarkoituksena oli selvittää julkisten sisäilmakorjauskohteiden käytännön toteutusta. Tutkimus toteutettiin kyselytutkimuksena, jossa kysely lähetettiin yhteensä 55 kunnan tai kaupungin edustajalle. Kysely osoitettiin teknisen puolen työntekijöille, kuten kiinteistöpäälliköille, teknisille isännöitsijöille tai teknisille johtajille. Kyselyn saatetekstissä vastauksia pyydettiin erityisesti kohteista, joissa on toteutettu tiivistyskorjauksia tai lattiapinnoitteiden uusimista VOC-päästöjen vuosi. Vastauksia saatiin ainoastaan kuusi kappaletta (6), joten vastausprosentti oli noin 11 %. Saatujen vastausten perusteella vastaajalta tiedusteltiin mainitussa kohteessa toimineen kuntotutkijan, urakoitsijan, valvojan ja tilojen käyttäjän edustajan yhteystietoja, jotta saataisiin samasta kohteesta usean eri toimijan näkökulma. Useammat kuin yhdet yhteystiedot saatiin kahdesta kohteesta, joita kutsutaan jatkossa nimellä Kohde 1 ja Kohde 2. Alla on esitetty vastaajien edustajat kohteittain.

- Kohde 1:
 - kaupunki/kunta (tilaaja)
 - korjaustyön urakoitsija
 - korjaustyön valvoja / korjaussuunnittelija
 - tilojen käyttäjä
- Kohde 2:
 - kaupunki/kunta (tilaaja)
 - korjaustyön urakoitsija
- Kohde 3:
 - kaupunki/kunta (tilaaja)
- Kohde 4:
 - kaupunki/kunta (tilaaja)
- Kohde 5:
 - kaupunki/kunta (tilaaja)
- Kohde 6:
 - kaupunki/kunta (tilaaja)

Kyselytutkimuksen kysymykset on esitetty tämän työn liitteessä A. Kysymykset oli jaoteltu seuraavasti:

- lähtötiedot
- sisäilmatutkimukset
- sisäilmakorjaukset
- korjausten laadun varmistaminen

Kysymykset olivat jokaiselle vastaajalle samat. Jokaisessa vastausvaihtoehdossa oli myös En osaa sanoa -kohta. Esitettyjä kysymyksiä oli ilman lähtötietoja yhteensä 26 kappaletta, joista suurin osa oli yhden tai useamman vastauksen monivalintakysymyksiä. Lisäksi jokaisen osion päätteeksi esitettiin avoin kysymys, jossa kyseisen osuuden lisäkommentointi oli mahdollista.

7.1 Kyselyn tulosten vertailu eri kohteiden välillä

Seuraavissa luvuissa on käsitelty kyselyn vastauksia tiedotuksen ja tiedonkulun näkökulmasta, arvioitu sisäilmatutkimusten ja -korjausten onnistumista ja korjaustyön valvontaa eri kohteiden välillä. Kyselytutkimukseen saatiin vastaukset kuudesta eri kohteesta. Tässä luvussa kohteita on verrattu ainoastaan tilaajien antamien vastausten perusteella ja muiden toimijoiden antamiin vastauksiin on keskitytty luvussa *7.3 Tulosten vertailu eri toimijoiden välillä*.

Saatujen lähtötietojen perusteella kaksi vastausten kohteista oli rakennettu 2000-luvulla ja loput kohteista olivat vanhempia, vanhimman ollessa rakennettu ennen 1950-lukua. Kaikissa kohteissa sisäilmatutkimuksiin ja edelleen sisäilmakorjauksiin oli ryhdytty käyttäjien kokeman oireilun vuoksi ja lisäksi osassa kohteissa sisäilman laadun oli todettu olevan heikko. Sisäilmatutkimuksista ja -korjauksista oli vastaajien mukaan tiedotettu etukäteen kaikissa kohteissa. Kaikissa kohteissa tilaajan esittämien vastausten perusteella sisäilmatutkimusten tuloksista oli pidetty tiedotustilaisuus. Korjaukset toteutettiin puolessa kohteista loma-aikana, ja puolessa kohteista tilojen käyttäjät jouduttiin siirtämään väistötiloihin korjausten ajaksi. Neljässä kohteessa kuudesta korjaukset valmistuivat suunnitellusti aikataulussa.

7.1.1 Tiedotus ja tiedonkulku

Tiedotuksen ja tiedonkulun onnistumista kysyttiin liittyen sisäilmatutkimusten ja sisäilmakorjausten toteutukseen. Sisäilmatutkimusten aikataulusta tiedotettiin tilaajien edustajien mukaan jokaisessa kohteessa ja jokaisessa kohteessa tilaajan mukaan oli järjestetty tiedotustilaisuus sisäilmatutkimusten tuloksista. Sisäilmakorjausten aikataulusta oli lähes kaikkien vastaajien mukaan tiedotettu etukäteen tai korjaukset olivat alkaneet sovitusti ajallaan.

7.1.2 Sisäilmatutkimukset

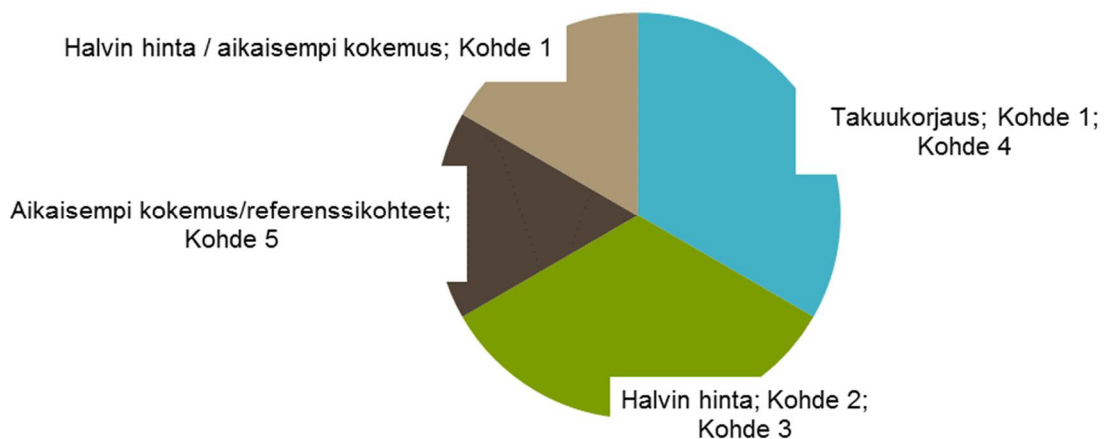
Sisäilmatutkimuksiin liittyviä kysymyksiä esitettiin kuusi kappaletta, jotka sisälsivät myös edellä käsiteltyjä tiedotukseen ja tiedonkulkuun liittyviä kysymyksiä. Kaikissa eri kohteista saaduissa vastauksissa sisäilmatutkimukset on aloitettu käyttäjien kokeman oireilun vuoksi ja lisäksi sisäilman laadussa oli koettu puutteita. Sisäilmatutkimuksia jou-

duttiin puolella kohteista laajentamaan tutkimuksissa esiin tulleiden vaurioiden, riskirakenteiden tai muiden syiden vuoksi. Kyseisistä syistä tutkimusten valmistuminen myös pitkittyi.

7.1.3 Sisäilmakorjaukset ja korjausten laadun varmistaminen

Sisäilmakorjausten toteutukseen liittyen esitettiin yhteensä kuusi kysymystä ja korjausten laadunvalvontaan yhteensä 14 kysymystä. Kysymykset sisälsivät myös jo luvussa 7.2.1. *Tiedotus ja tiedonkulku* käsitellyjä kysymyksiä. Sisäilmakorjausten onnistumiseen oltiin pääosin tyytyväisiä, asteikolla 1...10 tilaajan antamat arvosanat vaihtelivat 8 ja 9 välillä. Ainoastaan kohteessa 4 sisäilmakorjausten onnistumisen kokonaisarvosanaksi annettiin 5, sillä sisäilmaongelmat olivat palanneet korjausten jälkeen. Yleisesti ottaen korjaustyön jälkeä pidettiin siistinä, sisäilman laatu parani korjausten myötä ja oireiden määrä väheni korjausten johdosta.

Urakoitsijan valintaperusteessa esiintyi kohteiden välillä jonkun verran hajontaa. Vastaukset on esitetty seuraavassa kuvaajassa.



Kuva 6 Urakoitsijoiden valintaperusteiden jakauma.

Takuutöitä lukuun ottamatta sisäilmakorjauksen urakkatyöt oli tilattu puitesopimuskumppaneilta tai halvimpaan hintaan perustuessa (Kohde 2 ja 3) kilpailutuksella. Valitun urakoitsijan kokemusvuodet sisäilmakorjauksista vaihtelivat vastausten välillä alle kolmesta vuodesta yli kymmeneen vuoteen. Takuutyönä tehtyjen korjausten urakoitsijan kokemusvuodet eivät olleet kummassakaan kohteessa (Kohde 1 ja 4) tilaajan tiedossa. Kohteessa 1 urakoitsija ilmoitti alle kolmen vuoden aikaisemmasta kokemuksesta ja lisäksi vastaavalla työjohtajalla ei ollut aikaisempaa kokemusta sisäilmakorjauskohteista. Muissa kohteissa vastaavan työjohtajan kokemusvuodet vastasivat urakoitsijan kokemusta.

Korjaustyön perehdytyksestä esitettiin kysymyksiä perehdytykseen osallistuneista toimijoista sekä perehdytyksessä käsitellyistä asioista. Alla olevaan taulukkoon on koottu tilaajilta saadut vastaukset perehdytyksen toteuttamisesta ja siihen osallistuvista tahoista.

Taulukko 7 Korjaustyön perehdyttämiseen osallistuneet tahot.

	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5	Kohde 6
Perehdytystä ei pidetty			X			
Tilaaajan edustaja	X	X			X	X
Kuntotutkija		X				
Korjaustyön valvoja		X				
Rakennesuunnittelija	X				X	X
Korjaustyön valvoja	X				X	X
Vastaava mestari	X	X			X	X
Työnjohtajat	X	X				X
Korjaustyön tekijät						
En osaa sanoa				X		
Muu: materiaalityö						

Kohteessa 3 perehdytystä ei järjestetty ollenkaan ja Kohteessa 4 tilaaja ei osannut sanoa perehdytyksen järjestämisestä. Kohteissa 5 ja 6 perehdytykseen osallistuivat tilaajan mukaan tilaajan lisäksi rakennesuunnittelija, korjaustyön valvoja, vastaava mestari ja lisäksi kohteessa 6 työnjohtajat.

Seuraavaan taulukkoon on koottu yhteenveto perehdytyksen sisällöstä.

Taulukko 8 Perehdytyksen sisältö.

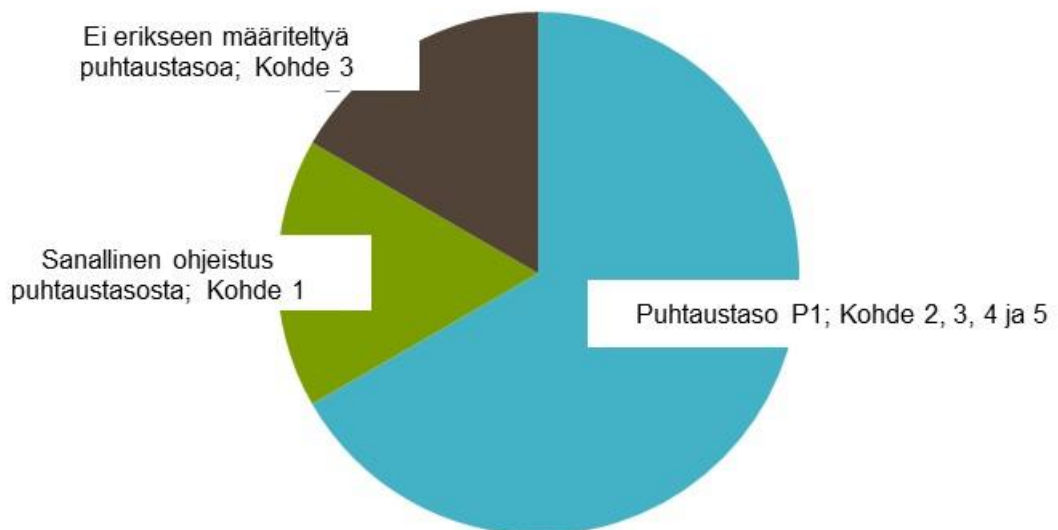
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5	Kohde 6
Korjaustyön urakkarajat		X			X	X
Kuntotutkimuksen tulokset		X			X	
Rakennesuunnitelmat		X			X	X
Korjaustyöselostus		X			X	X
Ongelmallisimmat/haasteellisimmat korjauskohdat	X	X			X	X
Riskirakenteet		X				X
Korjausten perimmäinen syy ja tavoite	X	X			X	
Korjaustyöstä tehtiin mallityö	X	X				
Mallityö katselmoitiin yhdessä läpi	X	X				
En osaa sanoa				X		
Perehdytystä ei pidetty			X			

Merkittävimmät huomiot annetuista vastauksista ovat, että kohteissa 5 ja 6 korjauksien mallityötä ei käyty läpi, kohteissa 1 ja 5 perehdytyksessä ei käsitelty rakennuksen riskirakenteita ja kohteissa 1 ja 6 kuntotutkimuksien tuloksia ei käyty läpi. On kuitenkin huomioitava, että kohteessa 1 korjaukset suoritettiin takuutyönä.

Kaikissa kohteissa sisäilmakorjaukset sisälsivät tiivistyskorjauksia ja rakenteiden uusimista joko osittain tai kokonaan. Ainoastaan kohteessa 4 tilaaja ilmoitti korjausten sisältäneen vain lattiapinnoitteiden uusimista osittain tai kokonaan. Kaikissa korjauskohteissa sisäilmakorjausten yhteydessä ilmamäärät vähintään mitattiin ja säädettiin uudelleen, kohteissa 2 ja 3 koko ilmanvaihtojärjestelmä uusittiin. Kohteessa 4 ilmanvaihtolaitteiston puhdistamista ei suoritettu säädön yhteydessä. Kohteessa 5 poistettiin tai pinnoitettiin myös ilmanvaihtolaitteiston kuitulähteitä.

7.1.4 Laadun varmistamisen menetelmät

Korjaustyön puhtaustasoksi oli suurimmassa osassa kohteista asetettu P1-luokka. Yhdessä kohteessa (Kohde 3) puhtaustasoa ei oltu määritetty ja yhdessä (Kohde 1) puhtaustasosta oli annettu sanallinen ohjeistus. Loppusiivouksen siivoustyön jälki ilmoitettiin tarkastetuksi kaikissa kohteissa, kohdetta 4 lukuun ottamatta. Ilmanvaihtolaitteistojen puhdistus oli tehty neljässä kohteessa (Kohde 1, 3, 5 ja 6). Kohteessa 2 ilmanvaihtolaitteisto uusittiin kokonaisuudessaan.



Kuva 7 Korjaustyön puhtaustasoluokan määrittely.

Alla olevaan taulukkoon on kerätty vastaukset sisäilmakorjausten laadunvalvonnasta. Kohteen 4 osalta vastausta työmaan laadunvalvonnasta ei saatu ollenkaan. Kohteessa 2 ei

ilmoitettu korjausten laadunvalvonnassa käytettäneen mittausmenetelmiä, mutta seuraavassa kyselytutkimuksen vastauksessa käy ilmi, että mittausmenetelmiä on kuitenkin käytetty. Kohteessa 6 puolestaan ilmoitettiin seuraavassa vastauksessa suoritetuksi ilmatiiviysmittaus. Mittausmenetelmien lisäksi laadunvalvonnassa käytettiin eniten aistinvaraista arviointia (Kohde 1, 2, 5 ja 6), työnjohtajan tarkastusta (Kohde 1, 2, 3, 5 ja 6), työvaiheiden dokumentointia (Kohde 1, 2, 5 ja 6) sekä havaittujen puutteiden dokumentointia (Kohde 1, 2, 3 ja 5).

Taulukko 9 Sisäilmakorjausten laadunvalvonta.

	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5	Kohde 6
Sisäilmakorjausten edetessä laatua tarkkailtiin aistinvaraisesti		X			X	X
Seuraavaan työvaiheen tekijä tarkisti edellisen työvaiheen laadun		X				
Työnjohtaja tarkasti valmiin työvaiheen			X		X	X
Kaikki työvaiheet dokumentoitiin	X	X			X	X
Havaitut puutteet dokumentoitiin	X	X	X		X	
Korjausten laatu varmistettiin mittausmenetelmillä	X		X		X	
Varsinaisia laadunvarmistusmittauksia ei suoritettu						

Laadun varmistuksen mittaus- ja tutkimusmenetelmiä käytettiin alla olevan taulukon mukaisesti. Kohteessa 1 ainoa käytetty laadun varmistuksen mittausmenetelmä oli merkkiainekoe. Kohteessa 2 laadun varmistuksessa oli käytetty käyttäjäkyselyitä sekä ilmatiiviysmittausta. Kohteessa 3 suoritettuja laadunvarmistusmenetelmiä olivat ilmatiiviysmittaus, merkkiainekoe, kosteusmittaukset sekä ilmanvaihtolaitteiston puhtaustason määrittäminen. Kohteessa 5 puolestaan käyttäjäkyselyt, lämpökamerakuvaus, pölynkoostumusnäytteet ja ilmanvaihtolaitteiston puhtaustason määrittäminen. Kohteessa 6 laadunvarmistusmenetelminä olivat käyttäjäkyselyt ja ilmatiiviysmittaus. Kohteen 4 osalta ei saatu vastausta. Tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 10 Laadun varmistuksen mittaus- ja tutkimusmenetelmät.

	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5	Kohde 6
Käyttäjäkyselyt		X			X	X
Ilmativiysmittaus		X	X			X
Merkkiainekoe	X		X			
Merkkisavukoe						
Lämpökamerakuvaus					X	
Pölynkoostumusnäyte					X	
Mineraalikuitujen määritys						
Mikrobinäyte sisäilmasta		X				
VOC-ilmanäyte		X				
Kosteusmittaukset		X	X			
Ilmavaihtolaitteiston puhtaustason määritys		X	X		X	

Jälkiseurannan suorituksesta oli sovittu lähes kaikissa kohteissa, ainoastaan Kohteessa 3 jälkiseurannan suorituksesta ei tilaajan mukaan oltu sovittu. Kohteessa 4 jälkiseurannan kestoksi ilmoitettiin yli vuosi ja sen ilmoitettiin yhä jatkuvan. Kohteessa 5 tilaajan mukaan käyttäjät on ohjeistettu tekemään ilmoituksia havaitusta sisäilmaongelmasta, jonka perusteella arvioidaan korjausten onnistumista, tai korjauksia voidaan tarpeen mukaan laajentaa. Vastauksen mukaan ilmoitukset pyritään kohdentamaan tarkasti tiettyihin tiloihin, jolloin tiloihin voidaan tehdä jatkotutkimuksia. Kohteessa 1, 2 ja 6 ilmoitettiin jälkiseurantaan kuuluvan seurantakäyntejä, joiden tarkoituksena on seurata korjausten onnistumista pitkällä tähtäimellä. Seurantakäynteihin ilmoitettiin sisältyvän myös laadunvalmistuksen mittausmenetelmiä ja seurannan keston ilmoitettiin olevan yli vuoden.

7.2 Tulosten vertailu eri toimijoiden välillä

Kun tilaajan vastaus kyselyyn oli saatu, lähetettiin sähköpostilla pyyntö saada muiden sisäilmakorjauksessa mukana olleiden toimijoiden nimet ja yhteystiedot. Muiden toimijoiden yhteystiedot saatiin ainoastaan kahdesta kohteesta ja näistä yhdestä kohteesta saatiin vastaukset kaikilta prosessin toimijoilta (yhteensä neljä toimijaa). Tulosten vertailu eri toimijoiden välillä jää täten hyvin suppeaksi eikä yleistämistä voida tehdä. Seuraavat johtopäätökset perustuvat täten ainoastaan kohteista 1 ja 2 saatuihin vastauksiin, eikä niitä voida yleistää, mutta suuntaa-antavia päätelmiä voidaan tehdä. Vastauksissa on huomioitava myös inhimillisen virheen mahdollisuus.

Sisäilmakorjausten onnistumisen kannalta on tiedottamisella suuri vaikutus korjausten onnistumiseen. Ihannetilanteessa kaikilta kohteen toimijoilta olisi saatu samanlaiset vastaukset, mikä olisi viitannut onnistuneeseen tiedottamiseen sekä tiedonkulkuun eri toimijoiden välillä. Tiedottamiseen liittyvissä kysymyksissä merkittävin ristiriita havaittiin kohteesta 1 saaduissa vastauksissa, joissa tilaajan mukaan sisäilmatutkimusten tuloksista oli pidetty tiedotustilaisuus tilojen käyttäjille, mutta tilojen käyttäjän edustajan mukaan

tiedotustilaisuutta ei oltu järjestetty. Muilta osin tiedottamiseen liittyvät vastaukset olivat lähes yhdenmukaiset eri toimijoiden välillä sekä kohteessa 1 että kohteessa 2.

Ristiriitoja eri toimijoiden välisissä vastauksissa havaittiin myös korjaustyön perehdytykseen liittyvissä kysymyksissä. Kohteessa 1 tilaajan ja korjaustyön valvojan vastaukset olivat lähes yhtenevät perehdytykseen osallistuneista tahoista, mutta urakoitsijan vastaus oli poikkeava. Urakoitsijan vastauksen mukaan korjaustyön perehdytykseen osallistuivat ainoastaan korjaustyön tekijät, kun taas tilaajan ja valvojan vastauksissa osallistuvia tahoja oli huomattavasti enemmän. Vastauksen perusteella on mahdollista, että urakoitsijan edustaja ei ole osallistunut samaan perehdytystilaisuuteen kuin tilaaja ja korjaustyön valvoja tai perehdytystilaisuudesta on vastaajilla eri käsitys. Kohteessa 2 korjaustyön urakoitsijalta ei saatu kysymykseen vastausta. Perehdytystilaisuuden sisällöstä kysyttäessä kohteessa 1 vastaukset olivat jälleen lähes yhtenevät tilaajan ja valvojan vastauksissa, kun taas urakoitsijan vastaus erosi selvästi. Urakoitsijan mukaan korjaustyöstä tehtiin mallityö, kun taas tilaajan ja valvojan vastausten mukaan perehdytyksessä käytiin korjaustyötä perusteellisemmin läpi. Kohteessa 2 tilaajan vastauksessa perehdytyksessä oli käyty korjaustyöhön liittyviä tekijöitä läpi hyvinkin laaja-alaisesti, kun taas urakoitsijan vastaus kyseiseen kysymykseen oli ”En osaa sanoa”. Tilaajan mukaan perehdytystilaisuuteen oli osallistunut myös vastaava mestari, mutta kyselyyn vastannut urakoitsijan edustaja on saattanut olla eri henkilö tai muuten poissa perehdytystilaisuudesta. Merkittävää on myös, että kohteessa 2 kysyttäessä rakennusosia, joita sisäilmakorjaukset koskivat, urakoitsijan edustaja on jälleen vastannut ”En osaa sanoa”. Seuraavassa kysymyksessä tiedusteltiin sisäilmakorjauksessa käytettyjä korjaustapoja, jossa kohteen 2 tilaajan ja urakoitsijan vastaukset olivat kuitenkin lähes yhtenevät, joten voidaan olettaa urakoitsijan tienneen myös rakennusosat, joita korjaukset koskivat. Kohteen 2 urakoitsijan vastauksia ei täten voida pitää luotettavina.

Korjausten laadun varmistamisessa käytetyistä tutkimus- ja mittausmenetelmistä kysyvässä kysymyksessä vastaukset olivat yhtenevät kohteen 1 osalta eri toimijoiden välillä. Kohteessa 2 tilaajan mukaan laadunvarmistusmenetelminä oli käytetty käyttäjäkyselyitä, ilmatiiviysmittausta, sisäilman mikrobinäytettä, VOC-ilmanäytettä, kosteusmittauksia ja ilmanvaihtolaitteiston puhtaustason määrittämistä. Urakoitsijan vastauksen mukaan laadunvarmistuksessa oli käytetty ainoastaan lämpökamerakuvausta ja VOC-ilmanäytettä. Tilaajan vastauksen mukaiset laadunvarmistusmenetelmät on voitu suorittaa myös korjaustyöurakan valmistumisen jälkeen erillisenä toimeksiantona, jolloin urakoitsija ei välttämättä ole tietoinen suoritetuista laadunvarmistustoimenpiteistä. Urakoitsijan ilmoittamat laadunvarmistusmenetelmät ovat voineet puolestaan olla urakan aikana tai heti sen valmistuttua suoritettuja mittauksia, joiden suorittamisessa urakoitsija on ollut mukana.

7.3 Kyselytutkimuksen luotettavuuden arviointi

Kyselytutkimuksen vastausprosentti oli 11 %. Koska vastausprosentti oli heikko, on tulosten luotettavuus alhainen ja yleistämistä suurempaan joukkoon ei ole mahdollista

tehdä. Vastausten vähäiseen määrään vaikutti todennäköisesti eniten kyselyn ajankohta. Kyselyt lähetettiin kesäkuun alkupuolella ja kyselystä lähetettiin uusintakierros noin kahden viikon kuluttua, mutta vastausten määrää ei saatu merkittävästi kasvatettua. Vastauksissa on huomioitava myös inhimillisen virheen mahdollisuus. Saatujen vastausten perusteella voidaan tehdä ainoastaan suuntaa-antavia johtopäätöksiä sisäilmakorjausten laadun varmistamisesta ja sen kehitystarpeista.

8. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Sisäilmakorjausprosessi lähtee liikkeelle yleensä tilojen käyttäjien kokemasta oireilusta tai havaitusta, näkyvästä vauriosta. Oireilun esiintymisen syytä ja esimerkiksi toistuvuutta voidaan lähteä kartoittamaan oirekyselyillä, jonka perusteella oireiden esiintyminen voidaan mahdollisesti kohdistaa tiettyihin tiloihin tai tiettyyn ajankohtaan. Oirekyselyn avulla myös kuntotutkimusten pääpaino voidaan kohdistaa oikein. Kuntotutkijalla tulee olla riittävät lähtötiedot tutkittavasta kohteesta ja sen korjaushistoriasta. Kuntotutkimuksissa tulisi selvittää mahdolliset riskirakenteet ja riskin toteutumisaste sekä muut rakenteissa esiintyvät vauriot. Rakenteellisten vaurioiden lisäksi myös ilmanvaihdolla on merkittävä vaikutus sisäilman laatuun. Ilmanvaihtojärjestelmän kuntotutkimukselle onkin laadittu omat oppaansa. Kokonaisuuden hallinta on tutkimusvaiheessa avainasemassa.

Sisäilmakorjausprosessissa erilaisia pätevyyskoulutuksia ja pätevyysvaatimuksia on kuntotutkijoilla sekä suunnittelijoilla useita erilaisia, mutta muille prosessissa toimijoille pätevyysvaatimuksia ei tällä hetkellä ole. Tilaaajan vastuulla onkin huomioida kilpailutuksessa etenkin urakoitsijan ja valvojan kokemusvuodet ja osaaminen erityisesti sisäilmakorjauksista. Tarjouspyynnössä tulisi esittää myös korjauksen tavoiteluokka esimerkiksi sisäilmastoluokituksen avulla sekä tavoiteltava puhtausluokitus. Suositeltavaa olisi esittää vaatimuksia myös laadun varmistamisessa käytettävien menetelmien osalta. Sisäilmakorjaukselle asetetut tavoitteet helpottavat myös valvojan työtä.

Korjaussuunnitelmat tulee toteuttaa yksityiskohtaisesti ja yksiselitteisesti siten, että virheiden määrä korjaustyömaalla voidaan minimoida. Sisäilmakorjausten toteuttamisessa urakoitsijan ammattitaidolla on suuri merkitys korjausten onnistumisen kannalta. Korjaustyön tekijöiden tulee ymmärtää korjausten perimmäinen syy ja tarkoitus, jotta kriittisimmät työvaiheet osataan tunnistaa ja toteuttaa riittävällä huolellisuudella. Perehdyttäminen kohteeseen edellyttää tietoja sekä kuntotutkijalta että korjaussuunnittelijalta. Mikäli työteknisistä tai muista syistä korjaussuunnitelmasta joudutaan poikkeamaan esimerkiksi korjausmenetelmän tai materiaalien osalta, tulee poikkeamat aina hyväksyttäväksi korjaussuunnittelijalla ja mahdollisuuksien mukaan myös kuntotutkijalla. Sisäilmakorjauksiin perehtyneen rakennusvalvojan käyttäminen on myös suositeltavaa.

Korjauksissa lähtökohtana on vaurioituneen rakennusmateriaalin poistaminen. Mikäli mikrobivaurioitunutta tai kemiallisesti vaurioitunutta (VOC-yhdisteet) materiaalia joudutaan jättämään rakenteeseen, tulee siihen olla merkittävä syy. Rakenteen uusiminen kokonaisuudessaan voi olla mahdotonta esimerkiksi rakenneteknisistä syistä tai mikäli kustannukset kohoaisivat suhteettoman suuriksi. Tällöin mikrobivaurioitunut rakenne tulee tiivistyskorjata siten, että ilmavuodot vaurioituneista rakenteista sisäilmaan on estetty

kapseloinnilla. Tiivistyskorjauksia käytetään sisäilmakorjauksissa usein myös poissulkemaan epäpuhtauksien kulkeutuminen rakenteista sisäilmaan myös tulevaisuudessa, vaikka tutkimushetkellä varsinaisia vaurioita ei rakenteissa olisi todettukaan. Tiivistyskorjausten jälkeen on erittäin tärkeää suorittaa ilmanvaihdon tasapainotus- ja säätötyö, sillä rakennuksen painesuhteet muuttuvat rakenteiden tiiviiden parantuessa.

Tiivistyskorjauksissa tehokkain laadun varmistuksen mittaamenetelmä on merkkiainekoe, jolla voidaan paikallistaa mahdolliset vuotokohtat. Merkkiainekokeen perusteella vuotokohtia tiivistetään niin kauan, kuin niitä merkkiainekokeen perusteella ilmenee. Kuten muissakin sisäilmakorjausmenetelmissä, mallihuoneen tai mallikorjauksen tekeminen korjausmenetelmästä on yksi hyödyllisimmistä laadunvarmistusmenetelmistä. Mallihuoneen katselmoinnissa tulisi olla mukana urakoitsijan edustaja sekä mallityön suorittaja, jolloin mahdolliset puutteet voidaan käydä läpi ja tieto kulkeutuu suoraan myös työntekijälle ilman välikäsiä. Työvaiheiden dokumentointi on myös yksinkertainen keino laadun varmistamiseen, jolla voidaan tarkastella suoritettuja työvaiheita myös jälkikäteen.

Laadun varmistuksen mittaamenetelmissä usein hyödyllisin tulos saadaan, kun suoritettu mittaamenetelmä on tehty ennen sisäilmakorjausten aloittamista ja niiden valmistuttua. Tällöin saatuja mittaustuloksia tai analyysivastauksia voidaan verrata keskenään. Vertailukelpoinen tulos saadaan, kun mittauksen on suorittanut sama henkilö, samalla menetelmällä ja samaan vuodenaikaan. Tutkimustulosten vertailu on suositeltavaa etenkin VOC-ilmanäytteissä, pölynkoostumusanalyysissä, mineraalikuittujen määrän laskennassa (laskeumalevynäyte) sekä sisäilman mikrobiinäytteissä. Sisäilmakorjausten valmistuttua kohteessa on suositeltavaa jatkaa myös jälkiseurantaa, joka voidaan toteuttaa aikaisintaan kahden kuukauden kuluttua korjausten valmistuttua. VOC-ilmanäytteet suositellaan kuitenkin otettavaksi vasta kuuden kuukauden kuluttua. Jälkiseurantamittauksilla voidaan lisätä myös käyttäjien luottamusta korjausten onnistumiseen.

Kirjallisuusselvityksen lisäksi työn yhteydessä toteutettiin kyselytutkimus. Kyselytutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa sisäilmakorjausten yhteydessä toteutettavaa laadun varmistamista ja siinä käytettäviä menetelmiä. Kyselytutkimuksen tavoitteena oli vertailla eri kaupunkien/kuntien toimintatapoja sisäilmakorjausten laadun varmistamisessa. Kyselyn vastausten määrä oli kuitenkin erittäin vähäinen (vastausprosentti 11 %), mikä heikentää tulosten vertailukelpoisuutta merkittävästi. Kyselytutkimuksissa vastauksia saatiin kuudelta eri tilaajalta. Tilaajan antamat vastaukset oli pyydetty kohdistamaan samaan kohteeseen. Vastauksen saamisen jälkeen tilaajalta pyydettiin samassa kohteessa toimineiden kuntotutkijan, urakoitsijan, valvojan ja tilojen käyttäjän edustajan yhteystietoja, kyselyn edelleen lähettämiseksi. Tavoitteena oli verrata saman kohteen sisällä eri toimijoiden antamia vastauksia keskenään ja niiden eroavaisuuksia sekä täten arvioida eri toimijoiden yhteistyötä ja tiedonkulkua. Kohteen muiden toimijoiden yhteystiedot saatiin ainoastaan kahdesta kohteesta. Yhdessä kohteessa vastaukset saatiin korjaustyön urakoitsijalta, valvojalta (toiminut kohteessa myös korjaussuunnittelijana) ja tilojen käyttäjän

edustajalta. Toisessa kohteessa vastaus saatiin ainoastaan korjaustyön urakoitsijalta. Vastausprosentti oli täten alhainen myös muiden toimijoiden suhteen. Kyselytutkimuksen vastauksien perusteella tehtävät johtopäätökset ovat vain suuntaa-antavia eikä niitä voida yleistää. Lisäksi yksittäisten tekijöiden vaikutusta sisäilmakorjausten onnistumiseen on vaikea arvioida.

Kyselytutkimusten vastausten perusteella tilaajien antamat vastaukset eri kohteista olivat samansuuntaisia, eikä merkittäviä eroavaisuuksia eri kohteiden välillä havaittu. Enemmän eroavaisuuksia havaittiin saman kohteen sisällä eri toimijoiden antamien vastausten välillä. Vastausten ristiriitaisuuteen syynä voi olla myös vastaajien tietämättömyys ja tiedonkulun puute. Kyselytutkimuksen pääasiallisena kohderyhmänä oli kaupungit/kunnat, jotka toimivat sisäilmakorjausten tilaajana. Tilaajat valittiin kohderyhmäksi, koska heillä on vastuu koko sisäilmaprosessissa mukana olevien toimijoiden valinnasta. Tilaajalla tulisi olla riittävää osaamista ja tietoa sisäilmakorjausprosessin eri vaiheista. Sisäilmaprosessissa aika ja kustannukset ovat suuressa roolissa ja niiden kohdentaminen oikeisiin asioihin on haastavaa. Mikäli tilaajan resurssit eivät riitä koko prosessin hallitsemiseen, tulisi harkita ulkopuolisen, osaavan konsultin hankkimista, joka toimii kohteessa kuntotutkimuksien aloittamisesta korjausten valmistumiseen saakka. Sisäilmakorjauksissa yksi tärkeä osa on tiedottaminen. Tilojen käyttäjää tulisi tiedottaa prosessin eri vaiheista ja etenemisestä, mutta tiedottamista ja tiedonkulkua tulisi tapahtua myös prosessin sisällä, eri toimijoiden välillä. Jotta sisäilmakorjauksissa voidaan huomioida kuntotutkimuksissa esiin tulleet kosteus- ja mikrobivauriot, tulee korjaustyön tekijällä olla riittävä ymmärrys korjausten tavoitteista ja tarkoituksesta. Myös korjaussuunnittelijan ja valvojan rooli on merkittävä, mutta toteutuksen laadusta ja suunnitelmienmukaisuudesta vastaa aina lopulta korjaustyön tekijä.

LÄHTEET

- [1] V. Asikainen, Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen, Osa 1, Kiinteistön omistajan opas sisäilmaongelmaisten koulurakennusten kunnan tutkimiseen ja korjaushankkeisiin, Opetushallitus 2008, 43 s. Saatavissa: https://www.oph.fi/download/46462_sisailmaongelmaisten_koulurakennusten_korjaaminen.pdf
- [2] RT 18-11217 Sisäilmasto-ongelman selvittäminen, Tilaaajan ohje, Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS 2016, 7 s. Rajoitettu saatavuus: <https://www.rakennustietokauppa.fi/>
- [3] M. Pitkäranta, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristöopas 2016, Ympäristöministeriö, Helsinki 2016, 238 s. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO_2016_Kuntotutkimusopas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [4] Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä, FINLEX 216/2015. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150216>
- [5] K. Laine, Rakenteiden ilmatiivyyden parantaminen osana onnistunutta sisäilma-
korjausta, Rakentajain kalenteri 2015, s. 174 – 182.
- [6] RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, Helsinki 2013, 213 s.
- [7] J. Vinha, Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, Rakennetekniikka, Tampere 2009, 174 s. Saatavissa: https://tutcris.tut.fi/portal/files/2040490/vinha_asuinrakennusten_ilmanpitavyys_sisailmasto_ja_energiatalous.pdf
- [8] Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta, FINLEX 1048/2017. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171048>
- [9] RT 14-11197 Rakenteiden ilmatiivyyden tarkastelu merkkiainekokein, Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS 2015, Rakenteiden ilmatiivyyden tarkastelu merkkiainekokein, 16 s. Rajoitettu saatavuus: <https://www.rakennustietokauppa.fi/>

- [10] RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset, Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS 2018, Rajoitettu saatavuus:
https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5f1PeDhrH/MrJiFu6nl/si2017-luonnos_300517_lausunolle.pdf
- [11] Ardex Sisäilmakorjausjärjestelmä, Järjestelmäratkaisu sisäilmakorjauksiin, Ardex Oy 2018, 4 s. Saatavissa: <https://www.ardex.fi/wp-content/uploads/2018/02/ARDEX-Sis%C3%A4ilmakorjausj%C3%A4rjestelm%C3%A4.pdf>
- [12] Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta, FINLEX 782/2017. Saatavissa:
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782#Pidp447270896>
- [13] Suomen rakentamismääräyskokoelma, C2 Kosteus, Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto, Helsinki 1999, 16 s. Saatavissa: <https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/c2.pdf>
- [14] Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 29, Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus, Rakennustieto Oy, Helsinki 1997, 80 s.
- [15] RIL 255-1-2014 Rakennusfysiikka 1. Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, Helsinki 2014, 500 s.
- [16] V. Leivo, J. Rantala, Maanvastaiset alapohjarakenteet – kosteutekninen mitoittaminen ja korjaaminen, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustekniikan osasto, Tampere 2002, 50 s. Saatavissa:
https://tutcris.tut.fi/portal/files/1820185/leivo_rantala_maanvastaiset_alapohjarakenteet_kosteutekninen_mitoittaminen.pdf
- [17] E. Salo, Alipaineistusmenetelmä sisäilmakorjauksissa, Rakentajain kalenteri 2015, Rakennustietosäätiö RTS, s. 187 – 195. Saatavissa:
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK150506.pdf>
- [18] K. Laine, Hyvät tiivistyskorjaustavat osana onnistunutta sisäilmakorjausta, Sisäilmastoseminaari 2014, s. 219-224.
- [19] Tunnista ja tutki riskirakenne, Opetusmateriaali, Pientalojen riskirakenteet, Kosteus- ja hometalkoot 2012, Saatavissa:
<http://www.hometalkoot.fi/file/15814.pdf>
- [20] RVP-S-RF-62 Valesokkelirakenne, Virhekortti, FISE Oy 2018. Saatavissa:
<http://fise.fi/virhekortti/valesokkelirakenne/>

- [21] RT 80-10712 Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot, Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS 1999, Rajoitettu saatavuus: <https://www.rakennustieto-kauppa.fi/>
- [22] Suunnitteluohje, Termotuote, Lamox Oy 2017, Saatavissa: <https://lamox.datarto.fi/as/601/tiedostot/385-1-suunnitteluohje-125-mm-runko-ja-50-mm-eriste-2017-11-6.pdf>
- [23] J. Lappalainen, Valesokkelirakenteen kosteus- ja homevauriokorjausmenetelmä, Opinnäytetyö, Rakennusterveysasiantuntijan koulutusohjelma, Turku AMK, Helsingin yliopiston koulutus- ja kehittämispalvelut, 2015 – 2017, 60 s. Saatavissa: <https://hyplus.helsinki.fi/wp-content/uploads/2017/07/RTA-opinnaytetyo-juha-lappalainen.pdf>
- [24] T. Merikallio, S. Niemi, J. Komonen, Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen, Suomen Betonitieto Oy 2007, 97 s.
- [25] Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa III, Asumisterveysasetus § 14 – 19, Valvira, Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto, Helsinki 2016, 10 s. Saatavissa: <https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohje+osa+III.pdf/997eeca1-53f7-4d4e-bb7a-df6ef7ee0e9c>
- [26] Mikrobioni Oy, VOC-analyysit. Saatavissa: <https://mikrobioni.fi/analyysipalvelut/voc-analyysit/>
- [27] Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista, FINLEX 545/2015. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>
- [28] Kooste epäpuhtaustasoista, joiden ylittyminen voi viitata sisäilmasto-ongelmiin toimistotyypisillä työpaikoilla, Työterveyslaitos 2019, 9 s. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/sisaympariston-viitearvoja.pdf>
- [29] P. Metiäinen, Oirekyselyt asuntojen PVC-muovimatoilla päällystettyjen betonilattioiden sisäilmahaittojen ratkaisijana, Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 9/2009, Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Helsinki 2009, 87 s. Saatavissa: <https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-09-09.pdf>
- [30] Esite, Weberin ratkaisut sisäilmakorjauksiin, Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy 2015, 24 s. Saatavissa: <http://shop.e-weber.fi/kronodocs/52922.pdf>

- [31] Ohjeita korjausrakentamisen pölyntorjuntaan, PUTUSA-tutkimushanke, Itä-Suomen yliopisto, Työterveyslaitos, VTT, 2013, 8 s. Saatavissa: https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2013/Putusa_ohje_laaja_130415.pdf
- [32] Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2016:8. HTP-arvot 2016. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki 2016. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79109/08_2016_HTP-arvot_suomi_22122016_netti_kansilla.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [33] K. Laine, Rakenteiden ilmatiivyyden parantaminen sisäilmakorjauksessa, Opinnäytetyö, Koulutus- ja kehittämispalvelu Aducate, Itä-Suomen Yliopisto, Kuopio 2014, 132 s. Saatavissa: https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/LaineKatariina_virallinen2014.pdf/3db1e1b4-23f1-42c6-93fa-165ee53fff5a
- [34] Tiedote yrityksille, Asbestilainsäädäntö muuttuu vuoden 2016 alusta, Aluehallintovirasto, Länsi- ja Sisä-Suomi, Työsuojelun vastuualue, Tampere 2015, 10 s. Saatavissa: <https://ek.fi/wp-content/uploads/Asbestilainsaadanto-muuttuu-tiedote-yrityksille-11.11..pdf>
- [35] P. Oksa, M. Linnainmaa, E. Mäkelä, H. Lallukka, Asbesti rakennustyössä, Työterveyslaitos 2016, Työterveyslaitos, Asbesti rakennustyössä, 48 s. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/11/asbesti-rakennustyossa.pdf>
- [36] J. Komulainen, Haitalliset aineet rakennuksissa ja niiden hallinta, Rakentajain kalenteri 2011, Rakennustietosäätiö RTS, s. 98 – 106. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK110305.pdf>
- [37] M. Tuomainen, M. Björkroth, R. Kämppe, H. Mussalo-Rauhamaa, S-P. Salo, J. Sääntti, T. Tuomi, R. Voutilainen, O. Seppänen, Ilmanvaihtojärjestelmän mineraalivillakuitujen terveysvaikutukset, Espoo 2004, 68 s.
- [38] Teolliset mineraalikulidut, Työterveyslaitos, 1 s. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/Teolliset-mineraalikulidut.pdf>
- [39] Kuivaketju10. Saatavissa: <http://kuivaketju10.fi/>
- [40] T. Merikallio, Rakennustyömaan kosteudenhallinta, Rakentajain kalenteri 2005, Rakennustietosäätiö RTS, s. 500 - 505. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050502.pdf>
- [41] Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta, FINLEX 1009/2017. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009#Pidp446313056>

- [42] IV-suunnittelun oppaat, The Finnish Association of HVAC Societies FINVAC ry. Saatavissa: <https://www.finvac.org/iv-oppaat>
- [43] Opas ilmanvaihdosta, Hengitysliitto, 12 s. Saatavissa: <https://www.hometalkoot.fi/file/15934.pdf>
- [44] Ohje 1, Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus, Yleisohje ja tilaajan ohje, Suomen LVI-liitto, SuLVI ry 2016, 17 s. Saatavissa: <https://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2017/05/IVKT-2016-Ohje-1-Ilmanvaihto-ja-ilmastointij%C3%A4rjestelmien-kuntotutkimus-Yleisohje.pdf>
- [45] Ohje 3, Kiinteistönhoidon ja ylläpidon arviointi, käyttöohjeet ja huoltokirja, Suomen LVI-liitto, SuLVI ry 2016, 5 s. Saatavissa: <https://sulvi.fi/wp-content/uploads/2017/05/IVKT-2016-Ohje-3-Kiinteist%C3%B6nhoidon-ja-yll%C3%A4pidon-arviointi.pdf>
- [46] Ohje 4, Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tutkiminen, Suomen LVI-liitto, SuLVI ry 2016, 7 s. Saatavissa: <https://sulvi.fi/wp-content/uploads/2017/05/IVKT-2016-Ohje-4-Ilmanvaihtoj%C3%A4rjestelm%C3%A4n-puhtauden-tutkiminen.pdf>
- [47] Sisäasiainministeriön asetus ilmanvaihtokanavien ja -laitteistojen puhdistamisesta, FINLEX 802/2001. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2001/20010802>
- [48] LTO-ilmanvaihtokoneen huolto, Rakennusmaailma-lehti 2013. Saatavissa: <https://rakennusmaailma.fi/lto-ilmanvaihtokoneen-huolto/>
- [49] Huolto-ohjeita, Suodatinmaailma. Saatavissa: <https://www.suodatinmaailma.fi/huolto-ohjeita>
- [50] S. Paloniitty, Rakennusten tiiviysmittaus, Rakentajain kalenteri 2013, Rakennustietosäätiö RTS, s. 155 – 161. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK130504.pdf>
- [51] RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen, Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS 2010, Rajoitettu saatavuus: <https://www.rakennustieto-kauppa.fi/>
- [52] H. Keinänen, Hyvät tutkimustavat betonirakenteisten lattioiden muovipäällysteiden korjaustarpeen arviointiin, Opinnäytetyö, Rakennusterveysasiantuntijan koulutusohjelma, Koulutus- ja kehittämispalvelu Aducate, Kuopio 2013, 109 s. Saatavissa: <http://www.hometalkoot.fi/file/15823.pdf>

- [53] Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) ilmasta ja materiaaleista, Työterveyslaitos. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/service-document/haihtuvat-orgaaniset-yhdisteet-voc-ilmasta-ja-materiaaleista/>
- [54] Kooste toimistoympäristöjen epäpuhtaus- ja olosuhdetasoista (rakennuksissa, joissa on koneellinen ilmanvaihto), joiden ylittyminen voi viitata sisäilmasto-ongelmiin, Työterveyslaitos 2017, 8 s. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/sisaympariston-viitearvoja.pdf>
- [55] A. Valtanen, H. Hovi, T. Tuomi, Työpaikkojen sisäilman VOC-viitearvot, Työterveyslaitos, Työympäristölaboratoriot, 2016, 17 s. Saatavissa: <http://sisailmayhdistys.fi/content/download/2874/19080/Sisem2016+Arja+Valtanen.pdf>
- [56] Pölynäytteen ottaminen pyyhintämenetelmällä, Työterveyslaitos. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/service-document/polynaytteen-ottaminen-pyyhintamenetelmalla/>
- [57] SFS 5994, Siivouksen tekninen laatu. Mittaus- ja arviointijärjestelmä (INSTA 800:2010), Suomen standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki 2012, 123 s. Rajoitettu saatavuus: <https://sales.sfs.fi/fi/index.html.stx>
- [58] Kuitunäytteen ottaminen teippimenetelmällä, Työterveyslaitos 2017, 2 s. Saatavissa: https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2017/03/Kuitunaytteen_ottaminen_pinnoilta.pdf
- [59] Ilmavirtojen mittaus- ja säätöopas, FläktWoods 2015, 128 s. Saatavissa: <http://mittarimato.fi/flaktwoods.pdf>
- [60] Asumisterveysopas, Ympäristö- ja terveys-lehti 2009, 200 s.
- [61] Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa I, Asumisterveysasetus § 1 – 10, Valvira, Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto, Helsinki 2016, 10 s. Saatavissa: <https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohje/ac8d5e16-97be-456c-9c9c-ce8560f2092e>
- [62] Rakentamisen kuivaketju. Opas suunnittelijalle, rakentajalle ja rakennuksen käyttäjälle. Finnisol ry 2016, 36 s. Saatavissa: [http://www.finnisol.fi/Download/21799/Rakentamisen_kuivaketju_opas-LORES%20\(003\).pdf](http://www.finnisol.fi/Download/21799/Rakentamisen_kuivaketju_opas-LORES%20(003).pdf)
- [63] A-M. Pessi, K. Jalkanen, Laboratorio-opas, Mikrobiologisten asumisterveystutkimusten näytteenotto ja analyysimenetelmät, Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy, 2018.

LIITE A: KYSELYTUTKIMUKSEN KYSYMYKSET

Vastaajan nimi ja sähköpostiosoite

*

Lyhyt vastausteksti

Kohteen nimi ja kaupunki

*

Lyhyt vastausteksti

Lähtötiedot

Kuvaus (valinnainen)

Edustan

*

- Kaupunkia / kuntaa
- Sisäilma- / kuntotutkimuksen tekijää
- Korjaustyön urakoitsijaa
- Korjaustyön valvojaa
- Tilojen käyttäjää

Kohde on rakennettu

*

- Ennen 1950-lukua
- 1960 - 1970 -luvulla
- 1980 - 1990 -luvulla
- 2000 -luvulla

Sisäilmatutkimukset

Tässä vaiheessa kartoitetaan suoritettujen sisäilmatutkimusten laajuutta ja onnistumista sekä tiedottamista.

Sisäilmatutkimukset kohteessa aloitettiin (voit valita useampia) *

- Käyttäjien kokeman oireilun vuoksi
- Tiloissa ilmenneen kosteusvaurion seurauksena
- Heikon sisäilman laadun vuoksi (hajut, tunkkaisuus, ilmanvaihdon riittämättömyys yms.)
- Tulevan peruskorjauksen vuoksi
- En osaa sanoa
- Muu...

Sisäilmatutkimusten syy oli alusta alkaen selvillä *

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

Sisäilmatutkimusten aikataulusta tiedotettiin tilojen käyttäjiä etukäteen *

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

Sisäilmatutkimusten laajuus *

- Sisäilmatutkimusten laajuus oli riittävä
- Tutkimuksia jouduttiin rajaamaan taloudellisista tai muista syistä
- Tutkimuksia jouduttiin laajentamaan tutkimuksissa esiin tulleiden vaurioiden, riskirakenteiden tai muiden syiden vuoksi
- En osaa sanoa

Sisäilmatutkimusten valmistuminen

*

- Tutkimukset valmistuivat ajallaan
- Tutkimuksien valmistuminen pitkittyi, koska tutkimuksia jouduttiin laajentamaan
- Tutkimuksien valmistuminen pitkittyi muista syistä
- En tiedä milloin tutkimukset valmistuivat
- En osaa sanoa

Sisäilmatutkimusten tuloksista pidettiin tilojen käyttäjille tiedotustilaisuus

*

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

Tähän kohtaan voit kommentoida esim. sisäilmatutkimusten toteutukseen tai tiedottamiseen liittyviä muita asioita, mikäli haluat.

Pitkä vastausteksti

Sisäilmakorjaukset

Tässä vaiheessa kartoitetaan suoritettujen sisäilmakorjausten onnistumista.

Sisäilmakorjausten tiedotus ja korjausurakan aloittaminen (voit valita useampia) *

- Korjausten aikataulusta tiedotettiin etukäteen
- Korjausten suunnitellusta laajuudesta ja sisällöstä tiedotettiin etukäteen
- Sisäilmakorjausten tiedotus oli puutteellista
- Korjaukset aloitettiin ajallaan
- Korjauksien aloitus viivästyi
- En osaa sanoa
- Muu...

Tilojen käyttäjien huomioiminen korjauksien aikana *

- Tilojen käyttäjät siirrettiin väistötiloihin korjauksien ajaksi
- Korjaukset toteutettiin loma-aikana
- Korjauksista aiheutui haittaa tilojen käyttäjille (melu, pöly tai muu häiriö)
- En osaa sanoa
- Tilat olivat käytössä korjausten aikana
- Muu...

Sisäilmakorjausten laajuus

*

- Korjauksia tehtiin koko rakennuksessa
- Korjauksia tehtiin pääosin koko rakennuksessa
- Korjaus rajoittui yhteen kerrokseen
- Ainoastaan tietyt tilat korjattiin
- En osaa sanoa
- Muu...

Sisäilmakorjausten aikataulu

*

- Korjaukset valmistuivat suunnitellusti aikataulussa
- Korjauksien valmistuminen pitkittyi, koska urakka-aluetta jouduttiin laajentamaan
- Korjausten valmistuminen pitkittyi muista syistä
- En osaa sanoa
- Muu...

Sisäilmakorjausten onnistuminen (voit valita useampia)

*

- Tilojen käyttöönoton jälkeen pinnoilla esiintyi rakennuspölyä
- Urakka-alueen osastoinnissa tai tilojen alipaineistuksessa havaittiin puutteita
- Käyttäjien oireilut lisääntyivät korjausten aikana
- Käyttäjien oireet lisääntyivät korjausten valmistuttua
- Käyttäjien oireet vähenivät korjausten valmistuttua
- Sisäilman laatu parantui korjausten myötä
- Korjaustyön jälki oli siistiä
- Korjaustyön jälki oli huolimatonta
- En osaa sanoa
- Muu...

Annan sisäilmakorjauksille kokonaisarvosanaksi

*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Epäonnistunut

Erittäin onnistunut

Tähän kohtaan voit kommentoida esim. sisäilmakorjausten toteutusta ja onnistumista lisää, mikäli haluat.

Pitkä vastausteksti

Sisäilmakorjausten laadun varmistaminen

Tässä vaiheessa kartoitetaan suoritettujen sisäilmakorjausten laadun varmistamiseen liittyviä tekijöitä

Mikäli edustat tilojen käyttäjää, voit jättää vastaamatta seuraaviin kysymyksiin ja siirtyä suoraan kyselyn loppuun.

Seuraavat kysymykset on tarkoitettu kaupungin/kunnan edustajalle, kuntotutkijalle, sisäilmakorjausten urakoitsijalle ja korjaustyön valvojalle.

Urakoitsijan valinta perustui (voit valita useampia)

- Halvimpaan hintaan
- Aikaisempaan kokemukseen sisäilmakorjauksista / referenssikohteisiin
- En osaa sanoa
- Muu...

Urakoitsija valittiin

- Kilpailutuksella
- Minikilpailutuksella puitesopimuskumppaneista
- Suoraan puitesopimuksen perusteella
- En osaa sanoa
- Muu...

Urakoitsijan aikaisempi kokemus sisäilmakorjauksista

- Urakoitsijalla kokemusta yli 10 vuotta sisäilmakorjauksista
- Urakoitsijalla kokemusta 3 - 10 vuotta sisäilmakorjauksista
- Urakoitsijalla kokemusta alle 3 vuotta sisäilmakorjauksista
- Urakoitsijalla ei ole aikaisempaa kokemusta sisäilmakorjauksista
- En osaa sanoa
- Muu...

Vastaavan työnjohtajan kokemus sisäilmakorjauksista

- Vastaavalla työnjohtajalla kokemusta yli 10 vuotta sisäilmakorjauksista
- Vastaavalla työnjohtajalla kokemusta 3 - 10 vuotta sisäilmakorjauksista
- Vastaavalla työnjohtajalla kokemusta alle 3 vuotta sisäilmakorjauksista
- Vastaavalla työnjohtajalla ei ole aikaisempaa kokemusta sisäilmakorjauksista
- En osaa sanoa
- Muu...

Korjaustyön perehdytykseen osallistui (voit valita useampia vaihtoehtoja)

- Perehdytystä ei pidetty
- Tilaajan edustaja
- Kuntotutkija
- Rakennesuunnittelija
- Korjaustyön valvoja
- Vastaava mestari
- Työnjohtajat
- Korjaustyön tekijät
- En osaa sanoa
- Muu...

Perehdytyksessä käytiin läpi mm. (voit valita useampia)

- Korjaustyön urakkarajat
- Kuntotutkimuksen tulokset
- Rakennesuunnitelmat
- Korjaustyöselostus
- Ongelmallisimmat/haasteellisimmat korjauskohdat
- Riskirakenteet
- Korjausten perimmäinen syy ja tavoite
- Korjaustyöstä tehtiin mallityö
- Mallityö katselmoitiin yhdessä läpi
- En osaa sanoa
- Muu...

Sisäilmakorjaukset koskivat seuraavia rakennusosia (voit valita useampia)

- Ulkoseinät
- Alapohja
- Väliseinät
- Välipohja
- Yläpohja
- Vesikatto
- Ilmanvaihto
- Rakennuksen ulkopuoliset korjaustyöt
- En osaa sanoa
- Muu...

Sisäilmakorjauksiin sisältyi (voit valita useampia)

- Tiivistyskorjauksia
- Kapselointia
- Ulkoseinärakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan
- Alapohjarakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan
- Lattiapinnoitteen uusiminen osittain tai kokonaan
- Välipohjarakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan
- Yläpohjarakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan
- Vesikattorakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan
- Tilojen kaikki sisäpinnat uusittiin
- Akustolevyjen uusiminen
- Ulkopuoliset työt, kuten perustusten kuivatusjärjestelmän uusiminen osittain tai kokonaan
- En osaa sanoa
- Muu...

Sisäilmakorjausten yhteydessä ilmanvaihdolle tehdyt toimenpiteet (voit valita useampia)

- Koko ilmanvaihtojärjestelmä uusittiin
- Ilmamäärien mittaaminen
- Ilmamäärien säätäminen
- Ilmanvaihtolaitteiston puhdistaminen
- Mineraalivillaeristeiden (äänenvaimentimien) pinnoitus tai poistaminen
- Ilmanvaihdolle ei tehty mitään
- En osaa sanoa
- Muu...

Korjaustyön puhtaustaso

- Korjaustyölle oli etukäteen määritetty puhtaustasoksi P1
- Korjaustyölle oli etukäteen määritetty puhtaustasoksi P2
- Korjaustyölle ei ollut määritetty erikseen puhtaustasoa
- En osaa sanoa
- Muu...

Loppusiivous (voit valita useampia)

- Siivoustyön jälki tarkastettiin
- Siivouksen yhteydessä puhdistettiin ilmanvaihtolaitteistot
- Siivous koski ainoastaan korjattuja tiloja
- En osaa sanoa
- Muu...

Sisäilmakorjausten laadunvalvonta (voit valita useampia)

- Sisäilmakorjausten edetessä laatua tarkkailtiin aistinvaraisesti
- Seuraavan työvaiheen tekijä tarkasti edellisen työvaiheen laadun
- Työnjohtaja tarkasti valmiin työvaiheen
- Kaikki työvaiheet dokumentoitiin
- Havaitut puutteet dokumentoitiin ja korjattiin
- Korjausten laatu varmistettiin mittausmenetelmillä (kts. seuraava kysymys)
- Varsinaisia laadunvarmistusmittauksia ei suoritettu
- Muu...

Korjausten laadunvarmistuksessa käytettiin seuraavia tutkimus-/mittausmenetelmiä (voit valita useampia)

- Käyttäjäkyselyt
- Ilmatiiivysmittaus
- Merkkiainekoe
- Merkkisavukoe
- Lämpökamerakuvaus
- Pölynkoostumusnäyte
- Mineraalikuitujen määrittäminen
- Mikrobinäyte sisäilmasta
- VOC-ilmanäyte
- Kosteusmittaukset
- Ilmanvaihtolaitteiston puhtaustason määrittäminen
- Muu...

Jälkiseuranta (voit valita useampia)

- Korjauskohteeseen tehtiin/tehdään seurantakäyntejä, joiden tarkoituksena on seurata korjausten onnistumista pitk...
- Seurantakäynteihin sisältyy laadunvarmistuksen mittausmenetelmiä
- Seurannasta ei ole erikseen sovittu
- Seurannan kesto on alle 1 vuosi
- Seurannan kesto on yli 1 vuosi
- En osaa sanoa
- Muu...

LIITE B: KYSELYTUTKIMUKSEN VASTAUKSET

	Edustan
Kohde 1	Kaupunkia / kuntaa
Kohde 1	Korjaustyön urakoitsijaa
Kohde 1	Tilojen käyttäjää
Kohde 1	Korjaustyön valvojaa
Kohde 2	Kaupunkia / kuntaa
Kohde 2	Korjaustyön urakoitsijaa
Kohde 3	Kaupunkia / kuntaa
Kohde 4	Kaupunkia / kuntaa
Kohde 5	Kaupunkia / kuntaa
Kohde 6	Kaupunkia / kuntaa
	Kohde on rakennettu
Kohde 1 (tilaaja)	2000 -luvulla
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	2000 -luvulla
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	2000 -luvulla
Kohde 1 (valvoja)	2000 -luvulla
Kohde 2 (tilaaja)	1980 - 1990 -luvulla
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	1980 - 1990 -luvulla
Kohde 3 (tilaaja)	1960 - 1970 -luvulla
Kohde 4 (tilaaja)	2000 -luvulla
Kohde 5 (tilaaja)	1980 - 1990 -luvulla
Kohde 6 (tilaaja)	Ennen 1950-lukua
SISÄILMATUTKIMUKSET	
	Sisäilmatutkimukset kohteessa aloitettiin (voit valita useampia)
Kohde 1 (tilaaja)	Käyttäjien kokeman oireilun vuoksi
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Käyttäjien kokeman oireilun vuoksi
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Käyttäjien kokeman oireilun vuoksi, Heikon sisäilman laadun vuoksi (hajut, tunkkaisuus, ilmanvaihdon riittämättömyys yms.), Ilmenneen hajun vuoksi
Kohde 1 (valvoja)	Käyttäjien kokeman oireilun vuoksi
Kohde 2 (tilaaja)	Käyttäjien kokeman oireilun vuoksi
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	Käyttäjien kokeman oireilun vuoksi, Heikon sisäilman laadun vuoksi (hajut, tunkkaisuus, ilmanvaihdon riittämättömyys yms.)
Kohde 3 (tilaaja)	Käyttäjien kokeman oireilun vuoksi, Heikon sisäilman laadun vuoksi (hajut, tunkkaisuus, ilmanvaihdon riittämättömyys yms.)
Kohde 4 (tilaaja)	Käyttäjien kokeman oireilun vuoksi, Heikon sisäilman laadun vuoksi (hajut, tunkkaisuus, ilmanvaihdon riittämättömyys yms.)
Kohde 5 (tilaaja)	Käyttäjien kokeman oireilun vuoksi

Kohde 6 (tilaaja)	Käyttäjien kokeman oireilun vuoksi, Heikon sisäilman laadun vuoksi (hajut, tunkkaisuus, ilmanvaihdon riittämättömyys yms.)
	Sisäilmatutkimusten syy oli alusta alkaen selvillä
Kohde 1 (tilaaja)	Ei
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Ei
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Kyllä
Kohde 1 (valvoja)	En osaa sanoa
Kohde 2 (tilaaja)	Ei
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	Ei
Kohde 3 (tilaaja)	Kyllä
Kohde 4 (tilaaja)	En osaa sanoa
Kohde 5 (tilaaja)	Ei
Kohde 6 (tilaaja)	Kyllä
	Sisäilmatutkimusten aikataulusta tiedotettiin tilojen käyttäjiä etukäteen
Kohde 1 (tilaaja)	Kyllä
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Kyllä
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Kyllä
Kohde 1 (valvoja)	En osaa sanoa
Kohde 2 (tilaaja)	Kyllä
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	En osaa sanoa
Kohde 3 (tilaaja)	Kyllä
Kohde 4 (tilaaja)	En osaa sanoa
Kohde 5 (tilaaja)	Kyllä
Kohde 6 (tilaaja)	Kyllä
	Sisäilmatutkimusten laajuus
Kohde 1 (tilaaja)	Sisäilmatutkimusten laajuus oli riittävä
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Sisäilmatutkimusten laajuus oli riittävä
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Tutkimuksia jouduttiin laajentamaan tutkimuksissa esiin tulleiden vaurioiden, riskirakenteiden tai muiden syiden vuoksi
Kohde 1 (valvoja)	Sisäilmatutkimusten laajuus oli riittävä
Kohde 2 (tilaaja)	Sisäilmatutkimusten laajuus oli riittävä
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	Tutkimuksia jouduttiin laajentamaan tutkimuksissa esiin tulleiden vaurioiden, riskirakenteiden tai muiden syiden vuoksi
Kohde 3 (tilaaja)	Tutkimuksia jouduttiin laajentamaan tutkimuksissa esiin tulleiden vaurioiden, riskirakenteiden tai muiden syiden vuoksi
Kohde 4 (tilaaja)	Sisäilmatutkimusten laajuus oli riittävä
Kohde 5 (tilaaja)	Tutkimuksia jouduttiin laajentamaan tutkimuksissa esiin tulleiden vaurioiden, riskirakenteiden tai muiden syiden vuoksi

Kohde 6 (tilaaja)	Tutkimuksia jouduttiin laajentamaan tutkimuksissa esiin tulleiden vaurioiden, riskirakenteiden tai muiden syiden vuoksi
	Sisäilmatutkimusten valmistuminen
Kohde 1 (tilaaja)	Tutkimukset valmistuivat ajallaan
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Tutkimukset valmistuivat ajallaan
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Tutkimuksien valmistuminen pitkittyi, koska tutkimuksia jouduttiin laajentamaan
Kohde 1 (valvoja)	Tutkimukset valmistuivat ajallaan
Kohde 2 (tilaaja)	Tutkimukset valmistuivat ajallaan
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	Tutkimuksien valmistuminen pitkittyi muista syistä
Kohde 3 (tilaaja)	Tutkimuksien valmistuminen pitkittyi, koska tutkimuksia jouduttiin laajentamaan
Kohde 4 (tilaaja)	En osaa sanoa
Kohde 5 (tilaaja)	Tutkimuksien valmistuminen pitkittyi, koska tutkimuksia jouduttiin laajentamaan
Kohde 6 (tilaaja)	Tutkimukset valmistuivat ajallaan
	Sisäilmatutkimusten tuloksista pidettiin tilojen käyttäjille tiedotustilaisuus
Kohde 1 (tilaaja)	Kyllä
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Kyllä
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Kyllä
Kohde 1 (valvoja)	En osaa sanoa
Kohde 2 (tilaaja)	Kyllä
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	Ei
Kohde 3 (tilaaja)	En osaa sanoa
Kohde 4 (tilaaja)	En osaa sanoa
Kohde 5 (tilaaja)	Kyllä
Kohde 6 (tilaaja)	Kyllä
	Tähän kohtaan voit kommentoida esim. sisäilmatutkimusten toteutukseen tai tiedottamiseen liittyviä muita asioita, mikäli haluat.
Kohde 1 (tilaaja)	
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	
Kohde 1 (valvoja)	
Kohde 2 (tilaaja)	
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	
Kohde 4 (tilaaja)	Olin kohteessa korjaussuunnittelija ja osittain tekninen valvoja.
Kohde 5 (tilaaja)	
Kohde 6 (tilaaja)	

SISÄILMAKORJAUKSET	
	Sisäilmakorjausten tiedotus ja korjausurakan aloittaminen (voit valita useampia)
Kohde 1 (tilaaja)	Korjausten aikataulusta tiedotettiin etukäteen, Korjaukset aloitettiin ajallaan
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Korjausten aikataulusta tiedotettiin etukäteen
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Korjausten aikataulusta tiedotettiin etukäteen, Korjausten suunnittelusta laajuudesta ja sisällöstä tiedotettiin etukäteen, Korjaukset aloitettiin ajallaan, Korjaukset ensimmäisellä kerralla riittämättömät. Laajuutta ei voitu ennakoida tutkimuksissa.
Kohde 1 (valvoja)	Korjaukset aloitettiin ajallaan
Kohde 2 (tilaaja)	Korjausten aikataulusta tiedotettiin etukäteen, Korjausten suunnittelusta laajuudesta ja sisällöstä tiedotettiin etukäteen, Korjaukset aloitettiin ajallaan
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	Korjausten aikataulusta tiedotettiin etukäteen
Kohde 3 (tilaaja)	Korjaukset aloitettiin ajallaan
Kohde 4 (tilaaja)	Korjaukset aloitettiin ajallaan
Kohde 5 (tilaaja)	Korjausten aikataulusta tiedotettiin etukäteen, Korjausten suunnittelusta laajuudesta ja sisällöstä tiedotettiin etukäteen, Korjaukset aloitettiin ajallaan
Kohde 6 (tilaaja)	Korjausten aikataulusta tiedotettiin etukäteen, Korjausten suunnittelusta laajuudesta ja sisällöstä tiedotettiin etukäteen
	Tilojen käyttäjien huomioiminen korjauksien aikana
Kohde 1 (tilaaja)	Korjaukset toteutettiin loma-aikana
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Korjaukset toteutettiin loma-aikana
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Korjaukset toteutettiin loma-aikana
Kohde 1 (valvoja)	Korjaukset toteutettiin loma-aikana
Kohde 2 (tilaaja)	Tilojen käyttäjät siirrettiin väistötiloihin korjauksien ajaksi
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	Korjauksista aiheutui haittaa tilojen käyttäjille (melu, pöly tai muu häiriö)
Kohde 3 (tilaaja)	Tilojen käyttäjät siirrettiin väistötiloihin korjauksien ajaksi
Kohde 4 (tilaaja)	Korjaukset toteutettiin loma-aikana
Kohde 5 (tilaaja)	Tilojen käyttäjät siirrettiin väistötiloihin korjauksien ajaksi
Kohde 6 (tilaaja)	Tilojen käyttäjät siirrettiin väistötiloihin korjauksien ajaksi
	Sisäilmakorjausten laajuus
Kohde 1 (tilaaja)	Korjauksia tehtiin pääosin koko rakennuksessa
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Korjauksia tehtiin pääosin koko rakennuksessa
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Ainoastaan tietyt tilat korjattiin
Kohde 1 (valvoja)	Ainoastaan tietyt tilat korjattiin
Kohde 2 (tilaaja)	Korjauksia tehtiin pääosin koko rakennuksessa

Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	Ainoastaan tietyt tilat korjattiin
Kohde 3 (tilaaja)	Korjauksia tehtiin koko rakennuksessa
Kohde 4 (tilaaja)	Ainoastaan tietyt tilat korjattiin
Kohde 5 (tilaaja)	Korjauksia tehtiin pääosin koko rakennuksessa
Kohde 6 (tilaaja)	Korjauksia tehtiin pääosin koko rakennuksessa
	Sisäilmakorjausten aikataulu
Kohde 1 (tilaaja)	Korjausten valmistuminen pitkittyi muista syistä
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Korjaukset valmistuivat suunnitellusti aikataulussa
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Korjaukset valmistuivat suunnitellusti aikataulussa
Kohde 1 (valvoja)	Korjaukset valmistuivat suunnitellusti aikataulussa
Kohde 2 (tilaaja)	Korjaukset valmistuivat suunnitellusti aikataulussa
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	Korjausten valmistuminen pitkittyi muista syistä
Kohde 3 (tilaaja)	Korjaukset valmistuivat suunnitellusti aikataulussa
Kohde 4 (tilaaja)	Korjaukset valmistuivat suunnitellusti aikataulussa
Kohde 5 (tilaaja)	Korjauksien valmistuminen pitkittyi, koska urakka- aluetta jouduttiin laajentamaan
Kohde 6 (tilaaja)	Korjaukset valmistuivat suunnitellusti aikataulussa
	Sisäilmakorjausten onnistuminen (voit valita useampia)
Kohde 1 (tilaaja)	Sisäilman laatu parantui korjausten myötä, Korjaustyön jälki oli siistiä
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Käyttäjien oireet vähenivät korjausten valmistuttua, Sisäilman laatu parantui korjausten myötä, Korjaustyön jälki oli siistiä
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Käyttäjien oireet vähenivät korjausten valmistuttua, Oireilu väheni hetkeksi jonka jälkeen samat ongelmat uusiutuivat
Kohde 1 (valvoja)	Korjaustyön jälki oli siistiä
Kohde 2 (tilaaja)	Tilojen käyttöönoton jälkeen pinnoilla esiintyi rakennuspölyä, Käyttäjien oireet vähenivät korjausten valmistuttua, Sisäilman laatu parantui korjausten myötä, Korjaustyön jälki oli siistiä
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	Tilojen käyttöönoton jälkeen pinnoilla esiintyi rakennuspölyä, Käyttäjien oireet vähenivät korjausten valmistuttua
Kohde 3 (tilaaja)	Käyttäjien oireet vähenivät korjausten valmistuttua, Sisäilman laatu parantui korjausten myötä, Korjaustyön jälki oli siistiä
Kohde 4 (tilaaja)	En ole saanut ainakaan itse tietooni uusista ongelmista tai vanhojen jatkumisesta
Kohde 5 (tilaaja)	Käyttäjien oireet vähenivät korjausten valmistuttua, Sisäilman laatu parantui korjausten myötä, Korjaustyön jälki oli siistiä
Kohde 6 (tilaaja)	Sisäilman laatu parantui korjausten myötä, Korjaustyön jälki oli siistiä
	Annan sisäilmakorjauksille kokonaisarvosana
Kohde 1 (tilaaja)	8

Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	9
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	5
Kohde 1 (valvoja)	10
Kohde 2 (tilaaja)	9
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	8
Kohde 3 (tilaaja)	8
Kohde 4 (tilaaja)	8
Kohde 5 (tilaaja)	9
Kohde 6 (tilaaja)	8

	Tähän kohtaan voit kommentoida esim. sisäilma- korjausten toteutusta ja onnistumista lisää, mikäli haluat.
Kohde 1 (tilaaja)	
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	
Kohde 1 (valvoja)	
Kohde 2 (tilaaja)	
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	
Kohde 4 (tilaaja)	
Kohde 5 (tilaaja)	
Kohde 6 (tilaaja)	

SISÄILMAKORJAUSTEN LAADUN VARMISTAMINEN

	Urakoitsijan valinta perustui (voit valita useam- pia)
Kohde 1 (tilaaja)	Alkuperäinen urakoitsija, tiivistyskorjaus takuukor- jauksena
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Halvimpaan hintaan
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Työn alkuperäinen tekijä, takuuasia
Kohde 1 (valvoja)	
Kohde 2 (tilaaja)	Halvimpaan hintaan
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	Halvimpaan hintaan
Kohde 4 (tilaaja)	Takuutyö
Kohde 5 (tilaaja)	Aikaisempaan kokemukseen sisäilmakorjauksista / referenssikohteisiin
Kohde 6 (tilaaja)	Halvimpaan hintaan, Aikaisempaan kokemukseen sisäilmakorjauksista / referenssikohteisiin

	Urakoitsija valittiin
Kohde 1 (tilaaja)	
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Kilpailutuksella
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Takuuasia
Kohde 1 (valvoja)	
Kohde 2 (tilaaja)	Kilpailutuksella

Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	Kilpailutuksella
Kohde 4 (tilaaja)	Takuutyö
Kohde 5 (tilaaja)	Suoraan puitesopimuksen perusteella
Kohde 6 (tilaaja)	Minikilpailutuksella puitesopimuskumppaneista
	Urakoitsijan aikaisempi kokemus sisäilmakorjauksista
Kohde 1 (tilaaja)	En osaa sanoa
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Urakoitsijalla kokemusta 3 - 10 vuotta sisäilmakorjauksista
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	En osaa sanoa
Kohde 1 (valvoja)	Urakoitsijalla kokemusta alle 3 vuotta sisäilmakorjauksista
Kohde 2 (tilaaja)	Urakoitsijalla kokemusta yli 10 vuotta sisäilmakorjauksista
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	Urakoitsijalla kokemusta yli 10 vuotta sisäilmakorjauksista
Kohde 4 (tilaaja)	Urakoitsijalla ei ole aikaisempaa kokemusta sisäilmakorjauksista
Kohde 5 (tilaaja)	Urakoitsijalla kokemusta yli 10 vuotta sisäilmakorjauksista
Kohde 6 (tilaaja)	Urakoitsijalla kokemusta 3 - 10 vuotta sisäilmakorjauksista
	Vastaavan työnjohtajan kokemus sisäilmakorjauksista
Kohde 1 (tilaaja)	En osaa sanoa
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Vastaavalla työnjohtajalla kokemusta 3 - 10 vuotta sisäilmakorjauksista
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	En osaa sanoa
Kohde 1 (valvoja)	Vastaavalla työnjohtajalla ei ole aikaisempaa kokemusta sisäilmakorjauksista
Kohde 2 (tilaaja)	Vastaavalla työnjohtajalla kokemusta yli 10 vuotta sisäilmakorjauksista
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	Vastaavalla työnjohtajalla kokemusta yli 10 vuotta sisäilmakorjauksista
Kohde 4 (tilaaja)	Vastaavalla työnjohtajalla ei ole aikaisempaa kokemusta sisäilmakorjauksista
Kohde 5 (tilaaja)	Vastaavalla työnjohtajalla kokemusta yli 10 vuotta sisäilmakorjauksista
Kohde 6 (tilaaja)	Vastaavalla työnjohtajalla kokemusta 3 - 10 vuotta sisäilmakorjauksista
	Korjaustyön perehdytykseen osallistui (voit valita useampia vaihtoehtoja)
Kohde 1 (tilaaja)	Tilaajan edustaja, Rakennesuunnittelija, Korjaustyön valvoja, Vastaava mestari, Työnjohtajat
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Perehdytystä ei pidetty

Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	En osaa sanoa
Kohde 1 (valvoja)	Korjaustyön tekijät
Kohde 2 (tilaaja)	Tilaajan edustaja, Kuntotutkija, Korjaustyön valvoja, Vastaava mestari, Työnjohtajat
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	
Kohde 4 (tilaaja)	Tilaajan edustaja, Rakennesuunnittelija, Korjaustyön valvoja, Työnjohtajat, Matetriaalitoimittaja
Kohde 5 (tilaaja)	Tilaajan edustaja, Kuntotutkija, Rakennesuunnittelija, Korjaustyön valvoja, Vastaava mestari
Kohde 6 (tilaaja)	Tilaajan edustaja, Kuntotutkija, Rakennesuunnittelija, Korjaustyön valvoja, Vastaava mestari, Työnjohtajat
	Perehdytyksessä käytiin läpi mm. (voit valita useampia)
Kohde 1 (tilaaja)	Ongelmallisimmat/haasteellisimmat korjauskohdat, Korjausten perimmäinen syy ja tavoite, Korjaustyöstä tehtiin mallityö, Mallityö katselmoitiin yhdessä läpi
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	En osaa sanoa
Kohde 1 (valvoja)	Korjaustyöstä tehtiin mallityö
Kohde 2 (tilaaja)	Korjaustyön urakkarajat, Kuntotutkimuksen tulokset, Rakennesuunnitelmat, Korjaustyöselostus, Ongelmallisimmat/haasteellisimmat korjauskohdat, Riskirakenteet, Korjausten perimmäinen syy ja tavoite, Korjaustyöstä tehtiin mallityö, Mallityö katselmoitiin yhdessä läpi
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	En osaa sanoa
Kohde 4 (tilaaja)	Korjaustyön urakkarajat, Rakennesuunnitelmat, Korjaustyöselostus, Korjausten perimmäinen syy ja tavoite, Korjaustyöstä tehtiin mallityö, Mallityö katselmoitiin yhdessä läpi
Kohde 5 (tilaaja)	Korjaustyön urakkarajat, Kuntotutkimuksen tulokset, Rakennesuunnitelmat, Korjaustyöselostus, Ongelmallisimmat/haasteellisimmat korjauskohdat, Korjausten perimmäinen syy ja tavoite
Kohde 6 (tilaaja)	Korjaustyön urakkarajat, Rakennesuunnitelmat, Korjaustyöselostus, Ongelmallisimmat/haasteellisimmat korjauskohdat, Riskirakenteet
	Sisäilmakorjaukset koskivat seuraavia rakennusosia (voit valita useampia)
Kohde 1 (tilaaja)	Ulkoseinät, Välipohja, Yläpohja
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Ulkoseinät, Alapohja, Väliseinät, Yläpohja, Ilmanvaihto
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Alapohja, Lattiapinnoitus
Kohde 1 (valvoja)	Ulkoseinät, Välipohja

Kohde 2 (tilaaja)	Ulkoseinät, Alapohja, Väliseinät, Välipohja, Yläpohja, Ilmanvaihto, Rakennuksen ulkopuoliset korjaustyöt
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	En osaa sanoa
Kohde 4 (tilaaja)	Ulkoseinät, Alapohja
Kohde 5 (tilaaja)	Ulkoseinät, Alapohja, Yläpohja, Ilmanvaihto, Rakennuksen ulkopuoliset korjaustyöt
Kohde 6 (tilaaja)	Ulkoseinät, Alapohja, Väliseinät, Välipohja, Ilmanvaihto
	Sisäilmakorjauksiin sisältyi (voit valita useampia)
Kohde 1 (tilaaja)	Tiivistyskorjauksia, Kapselointia, Ulkoseinärakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan, Lattiapinnoitteen uusiminen osittain tai kokonaan, Akustolevyjen uusiminen
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Tiivistyskorjauksia, Ulkoseinärakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan, Lattiapinnoitteen uusiminen osittain tai kokonaan, Yläpohjarakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Lattiapinnoitteen uusiminen osittain tai kokonaan
Kohde 1 (valvoja)	Tiivistyskorjauksia, Kapselointia, Lattiapinnoitteen uusiminen osittain tai kokonaan, Akustolevyjen uusiminen
Kohde 2 (tilaaja)	Tiivistyskorjauksia, Ulkoseinärakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan, Alapohjarakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan, Lattiapinnoitteen uusiminen osittain tai kokonaan, Tilojen kaikki sisäpinnat uusittiin, Akustolevyjen uusiminen, Ulkopuoliset työt, kuten perustusten kuivatusjärjestelmän uusiminen osittain tai kokonaan
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	Tiivistyskorjauksia, Kapselointia, Ulkoseinärakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan, Alapohjarakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan, Lattiapinnoitteen uusiminen osittain tai kokonaan, Välipohjarakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan, Vesikattorakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan, Akustolevyjen uusiminen, Ulkopuoliset työt, kuten perustusten kuivatusjärjestelmän uusiminen osittain tai kokonaan
Kohde 4 (tilaaja)	Tiivistyskorjauksia, Kapselointia, Ulkoseinärakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan, Lattiapinnoitteen uusiminen osittain tai kokonaan
Kohde 5 (tilaaja)	Tiivistyskorjauksia, Ulkoseinärakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan, Lattiapinnoitteen uusiminen osittain tai kokonaan, Yläpohjarakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan, Akustolevyjen uusiminen, Ulkopuoliset työt, kuten perustusten kuivatusjärjestelmän uusiminen osittain tai kokonaan

Kohde 6 (tilaaja)	Tiivistyskorjauksia, Kapselointia, Alapohjarakenteiden uusiminen osittain tai kokonaan, Lattiapinnoitteen uusiminen osittain tai kokonaan
	Sisäilmakorjausten yhteydessä ilmanvaihdolle tehdyt toimenpiteet (voit valita useampia)
Kohde 1 (tilaaja)	Ilmamäärien mittaaminen, Ilmamäärien säätäminen, Ilmanvaihtolaitteiston puhdistaminen
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Koko ilmanvaihtojärjestelmä uusittiin, Myös vanhaa järjestelmää korjattiin
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Ilmamäärien mittaaminen, Ilmamäärien säätäminen
Kohde 1 (valvoja)	Ilmanvaihdolle ei tehty mitään
Kohde 2 (tilaaja)	Koko ilmanvaihtojärjestelmä uusittiin
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	Koko ilmanvaihtojärjestelmä uusittiin
Kohde 4 (tilaaja)	Ilmamäärien säätäminen, Ilmanvaihtolaitteiston puhdistaminen
Kohde 5 (tilaaja)	Ilmamäärien mittaaminen, Ilmamäärien säätäminen, Ilmanvaihtolaitteiston puhdistaminen, Mineraalivillaeristeiden (äänenvaimentimien) pinnoitus tai poistaminen
Kohde 6 (tilaaja)	Ilmamäärien mittaaminen, Ilmamäärien säätäminen, Ilmanvaihtolaitteiston puhdistaminen
	Korjaustyön puhtaustaso
Kohde 1 (tilaaja)	sanallinen
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Korjaustyölle oli etukäteen määritetty puhtaustasoksi P1
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Korjaustyölle ei ollut määritetty erikseen puhtaustasoa
Kohde 1 (valvoja)	En osaa sanoa
Kohde 2 (tilaaja)	Korjaustyölle oli etukäteen määritetty puhtaustasoksi P1
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	Korjaustyölle oli etukäteen määritetty puhtaustasoksi P1
Kohde 4 (tilaaja)	En osaa sanoa
Kohde 5 (tilaaja)	Korjaustyölle oli etukäteen määritetty puhtaustasoksi P1
Kohde 6 (tilaaja)	Korjaustyölle oli etukäteen määritetty puhtaustasoksi P1
	Loppusiivous (voit valita useampia)
Kohde 1 (tilaaja)	Siivoustyön jälki tarkastettiin, Siivouksen yhteydessä puhdistettiin ilmanvaihtolaitteistot
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Siivoustyön jälki tarkastettiin, Siivouksen yhteydessä puhdistettiin ilmanvaihtolaitteistot
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	En osaa sanoa
Kohde 1 (valvoja)	Siivoustyön jälki tarkastettiin
Kohde 2 (tilaaja)	Siivoustyön jälki tarkastettiin

Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	Siivoustyön jälki tarkastettiin
Kohde 4 (tilaaja)	En osaa sanoa
Kohde 5 (tilaaja)	Siivoustyön jälki tarkastettiin, Siivouksen yhteydessä puhdistettiin ilmanvaihtolaitteistot
Kohde 6 (tilaaja)	Siivoustyön jälki tarkastettiin, Siivouksen yhteydessä puhdistettiin ilmanvaihtolaitteistot
	Sisäilmakorjausten laadunvalvonta (voit valita useampia)
Kohde 1 (tilaaja)	Kaikki työvaiheet dokumentoitiin, Havaitut puutteet dokumentoitiin ja korjattiin, Korjausten laatu varmistettiin mittausmenetelmillä (kts. seuraava kysymys)
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Työnjohtaja tarkasti valmiin työvaiheen, Havaitut puutteet dokumentoitiin ja korjattiin, Korjausten laatu varmistettiin mittausmenetelmillä (kts. seuraava kysymys), mm. tiiviysmittaukset
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	
Kohde 1 (valvoja)	Työnjohtaja tarkasti valmiin työvaiheen, Kaikki työvaiheet dokumentoitiin
Kohde 2 (tilaaja)	Sisäilmakorjausten edetessä laatua tarkkailtiin aistinvaraisesti, Seuraavan työvaiheen tekijä tarkasti edellisen työvaiheen laadun, Kaikki työvaiheet dokumentoitiin, Havaitut puutteet dokumentoitiin ja korjattiin
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	Työnjohtaja tarkasti valmiin työvaiheen, Kaikki työvaiheet dokumentoitiin
Kohde 4 (tilaaja)	Sisäilmakorjausten edetessä laatua tarkkailtiin aistinvaraisesti, Korjausten laatu varmistettiin mittausmenetelmillä (kts. seuraava kysymys)
Kohde 5 (tilaaja)	Sisäilmakorjausten edetessä laatua tarkkailtiin aistinvaraisesti, Työnjohtaja tarkasti valmiin työvaiheen, Kaikki työvaiheet dokumentoitiin, Havaitut puutteet dokumentoitiin ja korjattiin, Korjausten laatu varmistettiin mittausmenetelmillä (kts. seuraava kysymys)
Kohde 6 (tilaaja)	Sisäilmakorjausten edetessä laatua tarkkailtiin aistinvaraisesti, Työnjohtaja tarkasti valmiin työvaiheen, Kaikki työvaiheet dokumentoitiin
	Korjausten laadunvarmistuksessa käytettiin seuraavia tutkimus-/mittausmenetelmiä (voit valita useampia)
Kohde 1 (tilaaja)	Merkkiainekoe
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Ilmatiiivysmittaus, Merkkiainekoe, Kosteusmittaukset, Ilmanvaihtolaitteiston puhtaustason määrittäminen
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	
Kohde 1 (valvoja)	Merkkiainekoe
Kohde 2 (tilaaja)	Käyttäjäkyselyt, Ilmatiiivysmittaus, Mikrobinäyte sisäilmasta, VOC-ilmanäyte, Kosteusmittaukset, Ilmanvaihtolaitteiston puhtaustason määrittäminen

Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	Lämpökamerakuvaus, VOC-ilmanäyte
Kohde 4 (tilaaja)	Merkkiainekoe
Kohde 5 (tilaaja)	Käyttäjäkyselyt, Lämpökamerakuvaus, Pölynkoostumusnäyte, Ilmanvaihtolaitteiston puhtaustason määrittäminen
Kohde 6 (tilaaja)	Käyttäjäkyselyt, Ilmatiiivysmittaus
	Jälkiseuranta (voit valita useampia)
Kohde 1 (tilaaja)	Korjauskohteeseen tehtiin/tehdään seurantakäyntejä, joiden tarkoituksena on seurata korjausten onnistumista pitkällä tähtäimellä, Seurantakäynteihin sisältyy laadunvarmistuksen mittausmenetelmiä, Seurannasta ei ole erikseen sovittu, Seurannan kesto on yli 1 vuosi
Kohde 1 (korjaustyön urakoitsija)	Seurannasta ei ole erikseen sovittu
Kohde 1 (tilojen käyttäjä)	Seurannan kesto on yli 1 vuosi, Jatkuu yhä
Kohde 1 (valvoja)	En osaa sanoa
Kohde 2 (tilaaja)	Korjauskohteeseen tehtiin/tehdään seurantakäyntejä, joiden tarkoituksena on seurata korjausten onnistumista pitkällä tähtäimellä, Seurantakäynteihin sisältyy laadun varmistuksen mittausmenetelmiä, Seurannan kesto on yli 1 vuosi
Kohde 2 (korjaustyön urakoitsija)	
Kohde 3 (tilaaja)	Seurannan kesto on alle 1 vuosi
Kohde 4 (tilaaja)	Seurannasta ei ole erikseen sovittu, En osaa sanoa
Kohde 5 (tilaaja)	Käyttäjät on ohjeistettu tekemään vikailmoituksia sisäilmasta, jos niitä esiintyy korjauksen jälkeen. Sisäilmailmoitusten perusteella arvioidaan korjausten onnistumista tai voidaan esim. laajentaa korjauksia tarpeen mukaan. Sisäilmailmoitukset kohdennetaan tarakasti tiloihin, jolloin saadaan tietoa siitä, missä oireillaan ja saadaan siten kohdennettua jatkotutkimuksia oikeisiin paikkoihin.
Kohde 6 (tilaaja)	Korjauskohteeseen tehtiin/tehdään seurantakäyntejä, joiden tarkoituksena on seurata korjausten onnistumista pitkällä tähtäimellä, Seurantakäynteihin sisältyy laadun varmistuksen mittausmenetelmiä, Seurannan kesto on yli 1 vuosi