

Sisäilmakorjauksen onnistumisen edellytykset



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäen korkeakoulukeskus, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusmestari
(AMK)

kevät, 2020

Atte Veijola

Rakennusmestari
Visamäki

Tekijä	Atte Veijola	Vuosi 2020
Työn nimi	Sisäilmakorjaus, onnistumisen edellytykset	
Työn ohjaajat	Pekka Salonen, Jenni Ypyä	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä perehdyttiin sisäilmakorjauksen toteutus prosessiin. Työssä käydään läpi sisäilmaongelmia aiheuttavia tekijöitä ja miten niitä voidaan lähteä tutkimaan. Mitä tulisi huomioida sisäilmakorjauksen suunnittelussa tai kustannuksia arvioidessa. Suoritettavat laadunvarmistustoimenpiteet korjaustyön aikana. Sekä muita korjauksen onnistumisen kannalta oleellisia suoritettavia seurantatoimenpiteitä. Tämä opinnäytetyö tehtiin NCC Suomi Oy:lle.

Opinnäytetyön tavoitteena oli pohtia mitä asioita huomioimalla voidaan parantaa edellytyksiä onnistua sisäilmakorjauksessa. Lisäksi suoritettiin kyselytutkimus urakoitsija- ja tilaaja osapuolille, mitkä asiat heidän mielestään vaikuttavat sisäilmaongelmiin ja ovat tärkeitä niitä korjattaessa.

Sisäilmaongelmat, niiden syntyyn vaikuttavat tekijät, korjausmenetelmät ja tutkimustavat ovat äärettömän laaja aihealue. Opinnäytetyön tarkoituksena on antaa lukijalleen yleisluontoinen käsitys mitä sisäilmakorjauksessa tulisi ottaa huomioon. Opinnäytetyö vastaa mm. kysymyksiin: mistä aiheutuu, kuinka tutkitaan, kuinka suunnittelija tulisi valita, mitä hyötyä on sisäilmakorjauksen yhteydessä jälkiseurannalla?

Kyselytutkimuksen mukaan yleisimmin sisäilmakorjaus prosessi aloitetaan käyttäjien ilmoitusten perusteella ja yleisimpänä syynä niille on ilmanvaihto-ongelmat ja rakenteiden epätiiveys. Toteutustapaan eniten vaikuttava tekijä on korjauksen laajuus ja tärkeimmäksi seurattavaksi asiaksi korjauksen jälkeen nousi siivouksen laatu. Korjattavan rakennuksen olosuhteita tutkimuksen mukaan tulisi ennen ja jälkeen korjauksen.

Avainsanat Epäpuhtaudet, mikrobivaurio, sisäilmakorjaus, sisäilmaongelma.

Sivut 37 sivua, joista liitteitä 4 sivua

Degree Programme in Construction Management
Hämeenlinna University Centre

Author	Atte Veijola	Year 2020
Subject	Indoor air repair and requirements for success	
Supervisors	Pekka Salonen, Jenni Ypyä	

ABSTRACT

This Bachelor's thesis was commissioned by NCC Suomi Oy. The purpose of the thesis was to study the process of indoor air repairs. The factors examined in the thesis included causes of indoor air problems, their investigation, what to take into account in planning, the costs, what inspections to carry out during the repair work, communication, and follow-up procedures to ensure the success of the repair.

The aim of the thesis was to discuss what things can be done to improve the conditions for a successful indoor air repair. Another aim was to provide general information on what to consider in indoor air repairs as the topic of indoor air problems is extensive.

The sources used in the thesis were publications and web sources in the field of construction. A survey was also conducted for the contractor and contracting parties to find out what issues they believe will affect indoor air problems and things that are important in the repairing process.

According to the survey conducted, the most common reason to start indoor air repair process is to get informed by users. The most common reason for bad indoor air turned out to be ventilation problems. The extent of the repair was found to be the factor having the most effect on choosing the repairing method. The most important thing to follow turned out to be the quality of cleaning. The results of the thesis also show that conditions in the building should be monitored before and after the repair.

Keywords Microbe, damage, impurities, indoor air problems, indoor air repair.

Pages 37 pages including appendices 4 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	SISÄILMAONGELMIEN TUTKIMINEN	2
2.1	Sisäilmaongelmiin vaikuttavat tekijät	4
2.2	Ilmanvaihto.....	5
2.3	Villat ja kuidut	8
2.4	Rakenteiden tiiveys	9
2.5	Epäpuhtaudet.....	10
2.6	Kosteus rakenteissa.....	11
2.7	Sisäilmakorjauksen laadunvarmistus	13
3	SISÄILMAKORJAUKSEN SUUNNITTELU	17
4	KUSTANNUSARVIO	18
4.1	Pitkän tähtäimen suunnitelma (PTS).....	18
4.2	Käyttökunnon ylläpitäminen määräaikaisesti.....	18
5	TIEDOTTAMINEN	19
6	KÄYTTÖÖNOTTO.....	21
7	SEURANTA	23
7.1	Olosuhteiden seuranta korjauksen jälkeen	24
7.2	Siivouksen laadun varmistus	24
8	KYSELYTUTKIMUS SISÄILMAONGELMIIN YLEISIMMIN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ	25
8.1	Tutkimustulokset.....	26
8.2	Johtopäätökset.....	29
9	POHDINTA.....	30
	LÄHTEET	31

Liitteet

- Liite 1 Kyselytutkimus sisäilmatutkimuksista
- Liite 2 Sisäilmakorjauksen prosessikaavio

1 JOHDANTO

Sisäilmaongelmien korjaaminen on kasvava osa-alue korjausrakentamisessa Suomessa. Sisäilmakorjausten alalla riittää tarjontaa tekijöistä, jonka vuoksi monia korjauksia saatetaankin suorittaa kovalla kiireellä, huonoilla- tai riittämättömällä suunnitelmilla tai pahimmillaan ilman suunnittelua. Suosionsa huipulla ovat sisäpuoliset tiivistyskorjaukset, joiden tarkoitus on tarkoitus estää rakenteen läpi sisäilmaan kulkevat ilmavirtaukset ja niiden mukanaan tuomat epäpuhtaudet. Sisäilmakorjauksiin ei kuitenkaan ole yhteneväisiä säädöksiä tai ohjeita, joka lisää mahdollisuutta epäonnistua. NCC:llä oli kiinnostus lähteä tutkimaan sisäilmaongelmien yleisimpiä syitä sisäilmaongelmien kanssa työskentelevien kokemusten pohjalta sekä alkaa kehittämään prosessia, jossa urakoitsijalla on enemmän vetovastuuta, jonka tueksi kehiteltiin prosessikaavio.

Sisäilmaongelmat ja -oireilu eivät kuitenkaan aina tarkoita automaattisesti sitä, että rakennus olisi kosteus- tai homevaurioitunut, vaan sisäilman laatuun vaikuttaa monet osatekijät yksin ja yhdessä.

Onnistuneen sisäilmakorjauksen neljä kulmakiveä ovat tutkimus, korjaussuunnittelu, pitkän tähtäimen suunnitelma ja jälkiseuranta.

Sisäilmakorjaus vaatii onnistuakseen, että sisäilmaongelmaisessa kiinteistössä tehdään riittävän laajat kuntotutkimukset vaurioiden laajuuden ja niiden aiheuttajien selvittämiseksi. Kuntotutkimusten ja riittävien lähtötietojen pohjalta sisäilmakorjauksiin päteväitynyt suunnittelija osaa tehdä korjaussuunnitelman, jolla korjataan mahdollisesti kiinteistölle aiheutuneet vauriot niiden juurisyineen.

Ennen korjaustyön aloittamista tulee perehtyä, mitä korjauksia kiinteistölle on tulossa pitkän tähtäimen suunnitelman mukaan ja selvittää mahdollinen korjausvelka. Mikäli korjausaste nousee korkeaksi, tulisi miettiä vaihtoehtoisia menetelmiä ja sitä, onko järkevää investoida vanhan kiinteistön korjaukseen vaiko harkita kokonaan uuden rakentamista.

Sisäilmakorjauksen onnistumisista ei ole juurikaan tietoa, eikä niihin ole yhteneväisiä säädöksiä tai ohjeistuksia. Tämän vuoksi kiinteistössä tulisi suorittaa jälkiseurantaa, kuten luokkatilojen lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden mittausta, joiden avulla voidaan seurata, toteutuuko tiloissa tavoitellut olosuhteet.

Sisäilman laatuun vaikuttavat monet osatekijät, kuten ilmanvaihtoratkaisut, rakennuksen sijainti, rakennustapa ja -materiaalit, homeet ja mikrobit sekä käyttö- ja sääolot. Sisäilman epäpuhtaudet ovat peräisin ulkoilmasta, rakennuksesta, sisutuksesta tai ihmisen toiminnasta. (Sisäilmäyhdistys, n.d.a)

Yleisimpiä sisäilmahaittoja ja -ongelmia ovat mm. veto, alhainen-, korkea- tai vaihteleva huonelämpötila, kylmä lattia, kuiva ilma, kosteuden tiivistyminen pinnoille, tunkkaisuus, epämiellyttävä haju (viemäri, home, VOC-päästöt), melu, hiukkaset, mikrobit, pöly, formaldehydi, radon, hiilidioksidi. (Ympäristöministeriö, 2003a)

Sisäilmasto-ongelmien yleisyyttä on tutkittu Suomessa toimistorakennuksissa, asunnoissa, päiväkodeissa ja kouluissa, pääsääntöisesti terveydentila kyselyillä, ihmisillä esiintyvien oireiden yleisyyden avulla, kuinka he kokevat rakennuksen ilmanlaadun. Kliinisiä sisäilmatutkimuksia on tehty vähemmän. Poikkeuksen muodostavat sisäilma-allergeeneihin liittyvät kliiniset kokeet ja homevasta-aineiden mittaaminen altistuneiden seerumista. (Sisäilmayhdistys, n.d.b)

2 SISÄILMAONGELMIEN TUTKIMINEN

Sisäilmaongelmien esiintyessä alkaa tilanteen kartoittaminen ja ongelmien alkusyyntä etsiminen. Sisäilmaongelmia on erilaisia ja niiden syntyyn voi vaikuttaa kerralla useampikin osatekijä kuten ilmanvaihto, rakennusmateriaalit, kosteus, rakenteiden tiiveys jne. Seuraavassa luvussa käydään läpi kuinka eri osatekijät vaikuttavat rakennuksen sisäilmaan, miksi ja miten ne aiheuttavat ongelmia sekä miten ja millaisin menetelmin niitä lähdetään tutkimaan. (Sisäilmayhdistys, n.d.c)

Lähtötietojen riittävydellä on suuri merkitys tutkimuksen onnistumiseen. Tutkimus tulee suunnitella ennen suoritusta, mitä mitataan ja miksi. Keskeisimpiä lähtötietoja ovat: havaitut ongelmat, pohjapiirustukset, leikkauspiirustukset ja rakennetyypit ja sisäilmaongelmissa IV-piirustukset. Lähtötietoina voi olla myös aiemmin tehty tarve- tai hankeselvitys tai lähtötiedot hankitaan kuntotutkimuksen yhteydessä. Kuntotutkijan tulee ilmoittaa tilaajalle mahdollisista puutteista lähtötiedoissa tutkimuksen aikana, jotta voidaan sopia niiden hankkimiseksi tarvittavista toimenpiteistä. (Sisäilmayhdistys, n.d.e)

Esimerkkilistaus tutkimuskohteen lähtötiedoista:

1. Aiemmat tarveselvitykset ja hankesuunnitelmat
2. Taustatiedot
 - 2.1 Rakentamis- ja peruskorjaus vuodet
 - 2.2 Rakennuksen koko
3. Rakenteet
 - 3.1 Suunnitelmat ja muut asiakirjat: arkkitehti-, rakenne- ja LVI-piirustukset, työselostukset ja pohjatutkimusraportit

3.2 Työmaavaiheen dokumentointi: työmaapöytäkirja, valvontamuistiot, työmaakokousmuistiot, rakennuslupa-asiakirjat ja viranomaistarkastukset.

3.3 Mahdolliset muutokset rakenteissa sekä peruskorjaukset eli perusrannukset

3.4 Aikaisemmat korjaukset ja tehtyjen tai suunniteltujen korjausten asiakirjat.

3.5 Rakentajien ja suunnittelijoiden haastattelut (tietojen oikeellisuuden arviointi)

3.6 Putkistot, niiden sijainti ja ikä

3.7 Salaojitus

3.8 Pintavesien poisto

4. Käyttö- ja huolto

4.1 Käyttötottumukset

4.2 Rakennuksen huoltotoimenpiteet

4.3 Käyttö ja huolto-ohjeet

4.4 Lämmön, sähkön ja veden kulutustiedot

4.5 Ilmanvaihto, tapa, vyöhykejako, käyttöajat ja tehdyt perussäädöt

4.6 Lämmönjakotapa ja sen perussäädöt

4.7 Käyttäjien- ja huoltohenkilökunnan havainnot ja tiedot ongelmista

4.8 Asukas- ja käyttäjäkyselyt.

4.9 Käyttäjien kirjatut valitukset

4.10 Muutokset käyttötarkoituksessa

5. Vauriot

5.1 Kuntotutkimuksen tilaamisen syy

5.2 Aikaisemmat selvitykset, kuntoarviot ja tutkimukset, terveystarkastuksen asiakirjat sekä energia- ja asbestikatselmukset

5.3 Kosteusvauriot, ilmenemisajankohta, laajuus ja sijainti

5.4 Sisäilmasto-ongelmat, homeenhajun sijainti, käyttäjien oireilu

5.5 Tiedossa olevat rakenne- ja laiteviat

5.6 Merkittävimmät takuu- ja vastuuajankautiin liittyneet reklamaatiot.

5.7 Tapahtuneet vesivahingot ja niiden ajankohta

5.8 Poikkeuksellisten sääolosuhteiden aikana tehdyt havainnot

(Sisäilmayhdistys, n.d.f)

Kuntotutkimuksessa selvitetään rakenteiden korjaustarve, eli käytetyt rakenteet ja niiden riskit, vauriot, niiden tyyppi, syyt, laajuus, vaikutukset ja eteneminen sekä syntymekanismi. Tarkoituksena on määrittää tarvittavat toimenpiteet vaurion ja sen aiheuttajan poistamiseksi sekä arvioida lisätutkimusten ja jälkiseurannan tarve. Tarkastelussa otettava huomioon vuodenaikojen ja sään vaihtelut sekä harvinaiset ja aiemmin vaikuttaneet rasislähteet. Taustatietojen pohjalta laaditaan tutkimussuunnitelma. Kohteesta tehdään havaintoja tutkimussuunnitelman mukaisesti. Havainnot tulee kirjata niin, että ne ovat myös muiden osapuolten todennettavissa. (Ympäristöministeriö, 2003b)

Rakenteiden tutkimusmenetelmät voidaan jakaa seuraavasti

- aistinvaraiset menetelmät

- mittaukset rakenteiden pinnalta
 - mittaukset rakenteen sisältä
 - rakenteiden avaaminen, endoskooppitutkimus ja purkaminen
 - materiaalinäytteiden otto ja analysointi
 - mikrobitutkimukset
 - ilmanäytteet.
- (Sisäilmayhdistys, n.d.g)

Aistinvaraisten havaintojen ja kenttäkokeiden perusteella arvioidaan laboriotutkimuksien tarve. Rakennetyyppien oikeellisuuden varmistamiseksi tai selvittämiseksi tehdään rakenneavauksia tai porauksia. Avauksia on syytä tehdä, jos rakenteista ei löydy dokumentteja tai on syytä epäillä, että rakenteet on tehty kuvista poiketen. (Sisäilmayhdistys, n.d.h)

Kuntotutkimuksen loppuraportissa arvioidaan korjaustapoja ja -mahdollisuuksia sekä esitetään arvio vaurion kehittymisestä. Esitetään selkeästi tehdyt tutkimukset, tutkimus tulokset sekä rakenteiden nykytila ja riskit. Vaurioiden vaikutusten arvioinnissa tulee ottaa huomioon haitat käyttäjille ja rakenteille. Jos kuntotutkimuksia tekee enemmän kuin yksi asiantuntija tai on teetetty useampi erillinen kuntotutkimus, lopulliset johtopäätökset tuotetaan asiantuntijoiden yhteistyönä. Tilaa laatii kuntotutkimustulosten perusteella hankesuunnitelman tai toimenpideohjelman. (Sisäilmayhdistys, n.d.i)

2.1 Sisäilmaongelmiin vaikuttavat tekijät

Rakennuksen sisäilmaan vaikuttaa monet tekijät. Tekijöihin, joihin ei korjausvaiheessa enää voida vaikuttaa kuten esim. rakennuksen sijainti, rakennustapa, käyttö- ja sääolot, käyttötapa ja rakennusmateriaalit osittain. Tekijät, joihin voidaan vaikuttaa korjausvaiheessa esim. ilmanvaihtoratkaisut, rakenteiden tiiveys, siivousmenetelmät, haituvat yhdisteet ja rakennusmateriaalit osittain. (Sisäilmayhdistys, n.d.j)

Siivoustiheydellä, siivousmenetelmillä ja siivouksen laadulla on oleellinen merkitys pölyn määrään ja sitä kautta myös sisäilman laatuun. Siivousaineet sisältävät liuottimia ja hajusteita, jotka voivat huonontaa sisäilman laatua. Liiallinen vedenkäyttö kuivien tilojen siivouksessa voi johtaa rakenteiden kosteusvaurioihin. (Sisäilmayhdistys, n.d.k)

Viihtyvyyteen keskeisesti vaikuttava tekijä on sisäilman lämpötila. Erityisesti talvisin korkea lämpötila laskee sisäilman suhteellista kosteutta, joka kuivattaa ihoa ja hengityselimiä. Korkea lämpötila lisää kemiallisia emissioita. (Sisäilmayhdistys, n.d.l)

Huoneilman hiilidioksidin pääasiallinen lähde on ihmisten uloshengitys- ilma. Korkea hiilidioksidipitoisuus huoneilmassa kielii yleensä riittämättömästä ilmanvaihdosta. (Seppänen & Seppänen, 2010, s. 27)

Riittävä ilmanvaihto on hyvän sisäilman edellytys. Ilmanvaihdolla, tiiviillä- ja toimivilla rakenteilla voidaan vaikuttaa useimpiin sisäilmastotekijöihin. Sisäilman laatuun vaikuttavat myös rakennuksen käyttötarkoitus ja vuodenajat. Rakenteiden vaurioitumisen aiheuttamat sisäilmaongelmat voidaan estää rakennuksen oikealla käytöllä. (Sisäilmayhdistys, n.d.m)

Rakennusmateriaaleissa tapahtuu ajan mittaan eri tekijöiden aiheuttamia muutoksia, joista syntyy emissioita. Kosteuden, lämmön, kulutuksen, UV-säteilyn ja mikrobien vaikutuksesta voi aiheutua materiaalivaurioita ja -hajoamista, jonka seurauksena muodostuu sisäilmaan hajoamistuotteita.

Rakenteissa, materiaaleissa ja niiden pinnalla kasvaa mikrobeja kosteuden ansiosta. Mikrobikasvustoa sekä mikrobien hajoamis- ja aineenvaihdunta tuotteita voi kulkeutua ilmavirtausten mukana sisäilmaan ihmiselle haitallisessa määrin. Vaikka kosteusrasitus poistetaan ja mikrobikasvusto kuivuu tai kuivatetaan, mutta kasvustoa ei poisteta, se saattaa silti olla haitallista terveydelle. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2003c)

Sisäilman epäpuhtauksien vaikutukset ihmisiin ovat yksilöllisiä ja vaihtelevat paljonkin mm. ihmisen terveyden tilasta, iästä, herkistymisestä, altitusajasta, muusta kuormituksesta kuten stressin takia jne. Samat olosuhteet eivät siis aina aiheuta samanlaisia tai minkäänlaisia oireita kaikille altistuneille.

2.2 Ilmanvaihto

Ilmanvaihto tuo sisään raitista ilmaa ja poistaa epäpuhtaudet. Ajatuksena onkin, että tuloilma on ulkoilman veroista. Valitettavasti näin ei yleensä ole, vaan likainen ilmanvaihtokone voi jopa pilata tuloilmaa. Tämän vuoksi rakennuksen käyttäjät eivät koe tuloilmaa riittäväksi tai riittävän puhtaaksi vaan avaavat mieluummin ikkunan. (Sisäilmayhdistys, n.d.n)

Ilmanvaihdon tavoite on ylläpitää hyvää ilmanlaatua kaikissa huoneissa. Rakennuksissa tulee aina olla perusilmanvaihto, jolla estetään epäpuhtauspitoisuuksien ja kosteuden nousun sisäilmassa. (Seppänen & Seppänen, 2010, s. 164)

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on 2 100 mg/m³ (1 150 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015, s. 3)

Ilmanvaihto ja tuuliolot vaikuttaa rakennuksessa syntyviin painesuhteisiin. Painesuhteilla tarkoitetaan rakennuksen sisä- ja ulkoilman tai eri tilojen välistä paine-eroa. Ilma pyrkii virtaamaan painesuhteiden vuoksi korkeammasta paineesta alhaisempaan. Rakennuksessa vallitseva alipaineisuus mahdollistaa ilman virtaamisen rakenteessa esiintyvien epätiivelyskohtien kautta sisäilmaan, toisaalta rakennuksen ylipaineisuus mahdollistaa rakennuksen käytöstä aiheutuvan kosteuslisän kulkeutumisen rakenteeseen.

Jotta välttyttäisiin sisäilman kosteuden kulkeutuminen rakenteisiin rakennuksen tulisi olla ulkoilmaan nähden hieman alipaineinen, alapohjaan nähden kuitenkin hyvin vähäisesti, jotta estetään radonin ja muiden maaperän epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan. (Seppänen & Seppänen, 2010, s. 165)

Painesuhteita voidaan mitata tarkasteltavan- ja ympäröivien tilojen tai ulkoilman välillä. Mittaus tapahtuu tilan ja ilmanvaihdon normaaleissa käyttöasetuksissa sähköisillä mitta-antureilla, jotka on usein kytketty elektronisen tiedon tallentimeen, dataloggeriin. Tällöin saadaan mitattua paineroa jatkuvana seurantamittauksena. (Holmström ym., 2016, s. 86-87)

Liiallinen lämpötilan poikkeama ihanearvosta aiheuttaa epäviihtyvyyttä. Suuri poikkeama rasittaa ihmisen elimistöä suoraan esim. elimistön kuumenemisen tai epäsuorasti vilustumisen kautta. (Seppänen & Seppänen, 2010, s. 12)

Tuloilman tulisi olla noin 2 astetta viileämpää, kuin haluttu huoneilman lämpötila. Liian viileä tuloilma ei ehdi sekoittua tasaisesti lämpimään huoneilmaan vaan painuu nopeasti lattiaa kohti aiheuttaen vedontunteen. Mittauksen pystyy tekemään esim. virtausmittarilla, jossa myös lämpötilan mittaus ominaisuus. Mikäli tuloilma on liian viileää esim. talviaikaan tulee selvittää, onko lämmöntalteenoton ”kesäpelti” jumiutunut auki tai onko tuloilman jälkilämmityksen termostaatti säädetty oikein.

Ilmanvaihtolaitoksen likaisuus havaitaan tuloilman tunkkaisesta hajusta. Yleensä hajun lähteenä ovat komponentteihin ja kanavistoon kertynyt pöly sekä ulkoilmasta tulleet hyönteiset ym. pieneliöt. Suodattimelle pinttynyt lika alkaa tuottaa hajua jo muutamassa kuukaudessa. Yleisesti vaihtotarpeen indikaattorina pidetty paine-ero suodattimen yli ei vuotojen vuoksi ole luotettava hygieenisen vaihtotarpeen mittari. Suodattimen hygieeninen vaihtotarve selviää parhaiten likaisuutta tarkastelemalla. Sisäilmayhdistys, n.d.o)

Mikrobit voivat kasvaa ilmanvaihtolaitteistossa ja kanavistoissa, mikäli kosteutta on riittävästi. Näin ei yleensä ole, mutta esim. eristämättömiin kierresaumakanaviin voi tiivistyä kosteutta, joka voi luoda edellytykset mikrobikasvustolle. Sisäilmayhdistys, n.d.p)

Ilmanvaihtolaitteiston likaantuminen häiritsee myös koneen normaalia toimintaa. Ilma kulkee huonosti likaisessa kanavistossa, joka saattaa muuttaa rakennuksen painesuhteita. Lämmöntalteenoton hyötysuhde laskee laitteen likaantuessa. Sisäilmayhdistys, n.d.q)

Ilmanvaihtojärjestelmän kanaviston puhtauden voi tarkastaa visuaalisesti tai sormipyyhkäisyllä. Visuaalisessa puhtauden arvioinnissa käytetään apuna puhtausasteikkoja, jotka on laadittu erikseen pyöreille

kierresaumakanaville ja tasopinnoille. Sormipyyhkäisy on käyttökelpoinen apukeino määrittäessä ilmanvaihtojärjestelmän pölykertymää ja pääte-laitteiden pölyisyyttä. Pölyiseen pintaan vedetään sormella 10cm pitkävana, jonka jälkeen pölyn kasautumisen ja pyyhkäisyjäljen perusteella arvioidaan pinnan pölyisyyttä. Tarkastuspisteet valokuvataan ja liitetään tarkastusraporttiin. (Holmström, Kantola, Kauriinvaaha, Kettunen, Komulainen, Laamanen, Laine, Makkonen, Niemi, Pitkäranta, Saarinen, Sandström, Tuovinen & Viljanen, 2016, s. 83)

Ilmanvaihtokanavisto voidaan kuvata sisäpuolisesti. Kuvauksen tulee kattaa vähintään runkokanaviston alku- ja loppupää. Mahdollisuuksien mukaan olisi hyvä kuvata ainakin runkokanavisto koko matkalta. (Holmström ym., 2016, s. 83-84)

Pääasiallinen hiilidioksidin lähde sisätiloissa on ihmisen uloshengitysilma. Korkea hiilidioksidipitoisuus sisäilmassa kuvaa riittämätöntä ilmanvaihtoa. Hengityksen ja ihon kautta vapautuvien epäpuhtauksien määrää voidaan likimain verrata hiilidioksidin tuottoon. Siksi hiilidioksidia voidaan käyttää kuvaamaan ilman laatua, vaikkei hiilidioksidipitoisuus sellaisenaan olisi-kaan haitallisen korkea. (Seppänen & Seppänen, 2010, s. 27)

Hiilidioksidimittaus voidaan tehdä lyhytaikaisena mittauksena. Mittaus olisi hyvä suorittaa esim. luokkatilassa tavanomaisessa käyttötilanteessa käyttöjakson loppupuolella, jolloin pitoisuuden ovat todennäköisimmin korkeimmillaan. Pitkäaikaisseurantamittaus antaa luotettavamman tiedon hiilidioksidipitoisuuksien vaihteluista tiloissa ja antaa paremman kokonaiskuvan ilmanvaihdon riittävydestä. Hiilidioksidimittari sijoitetaan oleskelu-vyöhykkeelle paikkaan, jossa se ei ole suoraan uloshengitysilman tai tuloil-mapuhalluksen vaikutusalueella. (Holmström ym., 2016, s. 62-63)

Ihmisellä ei ole varsinaisesti kosteutta tuntevaa aistia, mutta erityisen korkea tai alhainen sisäilman suhteellinen kosteus tuntuu epämääräisenä tuntemuksena iholla, limakalvoilla ja hengityselimissä. (Seppänen & Seppänen, 2010, s. 22)

Alhainen suhteellinen kosteus edistää limakalvojen kuivumista ja sen mukanaan tuomaa ärsytysoireilua. Alhainen suhteellinen kosteus edistää ilman pölyisyyttä, heikentää kuitujen lujuutta. (Seppänen & Seppänen, 2010, s. 23)

Sisäilman suhteellisen kosteuden mittaus suoritetaan oleskeluvyöhykkeeltä. Tarpeen vaatiessa voidaan valita lisäksi muita mittaushkohtia, joiden avulla voidaan tarkastella rakenteisiin kohdistuvaa kosteusrasitusta. Esimerkiksi, yläpohjaan kohdistuvia kosteusrasituksia mitatessa mitataan sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus ylimmän kerroksen huonetilan yläosasta. Mittaus tehdään mieluiten noin 1-2viikon pitkäaikaisseurantana. Vertailuksi tiedoksi mitataan samalla mittausjaksolla ulkoilman lämpötila ja ilmankosteus. Vaihtoehtoisesti voidaan säähavaintoasemilta

saatuja tietoja, mikäli vertailumittausta ei tutkimuksen yhteydessä erikseen mitattu. (Holmström ym., 2016, s. 62)

2.3 Villat ja kuidut

Ilmavirtauksien ja -vuotojen mukana sisäilmaan kulkeutuu rakenteiden läpi, kattoon tai seinään asennetuista akustiikka levyistä ja muista lähteistä villakuituja, hiukkasia ja pölyä.

Rakennusmateriaalit, kuten erilaiset eristevillat sisältävät teollisesti valmistettuja tasapaksuja kuituja, joista on kudottu mm. lasikuitulankoja ja -kankaita. Koska pääsääntöisesti kuitujen ulkomuoto määrää niiden biologiset vaikutukset, on herännyt pelko, etteivät nekkään olisi täysin turvallisia. Epäorgaanisen kuitupölyn vaikutus tuntuu kuin asbestipöly. Villakuidut ärsyttävät ihoa ja ylempiä hengitysteitä aiheuttaen nuhaa, yskää ja silmien ärtymistä. Toisin kuin asbestin epäorgaanisten kuitujen ei kuitenkaan ole osoitettu aiheuttavan pysyviä muutoksia keuhkotoiminnassa. (Seppänen & Seppänen, 2010, s. 31)

Mineraalivillakuidut saattavat olla peräisin lasi-, vuori- tai jätelasivillamateriaaleista. Lähteitä ovat mm. ilmanvaihtojärjestelmän äänenvaimentimet (koneet, kanavat, päätelaitteet) ja ilmansuodattimet, pinnoittamattomat tai rikkoutuneet akustointilevyt ja rakenteissa äänen-, palo- ja lämmöneristeenä käytetty mineraalivilla. Kuituja irtoaa erityisesti niiden ikääntyessä ja haurastuessa ja mekaanisen rasituksen, ilmavirtausten tai tärinän irrottamina. Mineraalivillakuidut aiheuttavat ihon, silmien ja limakalvojen ärsytysoireita. Kuitujen ärsyttämät limakalvot saattavat myös olla alttiimpia erilaisille virus- ja bakteeri-infektioille. (Holmström ym., 2016, s. 65)

Villakuitujen määrää sisäilmassa voidaan arvioida geeliteippimenetelmällä. Geeliteippimenetelmässä jätetään tutkittavaan tilaan vaakapinnalle puhdas petrimaljan pohjaosa paikalleen kahdeksi viikoksi. Kahden viikon jälkeen painetaan geeliteippi maljalle tiiviisti tartuntapinta alaspäin, malja suljetaan ja lähetetään laboratorioon analysoitavaksi. (Holmström ym., 2016, s. 67)

Vaihtoehtoisesti tasopinnalta voidaan rajata 10x10cm alue, joka puhdistetaan. Pölyn annetaan laskeutua tasolle kahden viikon ajan. Kahden viikon kuluttua pinnalle laskeutuneet hiukkaset kerätään geeliteipin avulla. Teippi suljetaan petrimaljalle tartuntapinta ylöspäin, malja suljetaan ja lähetetään laboratorioon analysoitavaksi. (Holmström ym., 2016, s. 67)

2.4 Rakenteiden tiiveys

Epätiivien rakenteiden ja liitoksien läpi kulkeutuu ilmavirtojen mukana maaperästä ja rakenteista itsestään epäpuhtauksia ja hajuja, jotka huone-tiloihin kulkeutuessaan voivat heikentää sisäilman laatua. (Holmström ym., 2016, s. 58-59)

Ilmavuodolla tarkoitetaan epätiivistä kohtaa rakennusosassa, rakenteessa tai rakenneliitoksessa, jonka kautta rakenteen läpi aiheutuu ilmavirtaus luonnollisesta- tai pakotetusta syystä sisäilmaan. (RT 14-11197, 2015, s. 5-2)

Rakennuksen tiiveyttä voidaan toteuttaa eri tavoin. Yleisin käytössä oleva tiivistyskorjaus on tiivistää rakennuksen seinä-, ala-, väli- ja yläpohja liittymät sekä läpiviennit butyylyliteipillä, vesieristeellä tai TKR-pinnoitteella. Tämänkaltaisen tiivistyksen yhteydessä ei voida kuitenkaan todentaa muilta osin rakennuksen höyrynsulun ja seinärakenteen kuntoa. Vaihtoehtoisena korjauksena rakenteiden ja -liitoksien tiivistämiselle on uusia höyrynsulku. Tällöin seinärakenteen kunto pystytään todentamaan sisäpuolelta purettavan seinälevytyksen vuoksi satunnaisia rakenneavauksia tarkemmin ja mahdolliset vauriot voidaan korjata ennen uuden höyrynsulun ja seinälevytyksen asentamista. Tämä mahdollistaa myös rakenteiden parantamisen korjauksen yhteydessä.

Merkkisavu on paksua valkoista savua, jonka avulla voidaan astinvaraisen arvioinnin tukena määrittää ilmavuotokohtia ja tutkia ilmavirtauksen voimakkuutta ja suuntaa hetkellisesti. Tutkittava tila alipaineistetaan tarvittaessa ennen savun laskemista, jolloin savu pyrkii huonetilaan ilmavuotokoh- tien kautta. Tutkimus perustuu aistinvaraisesti tehtäviin havaintoihin. Savukokeiden aikana tulee kytkeä rakennuksen savuntunnistus- ja palohälytysjärjestelmä pois päältä. (Holmström ym., 2016, s. 60-61)

Merkkiainetekniikka mahdollistaa ilmavuotokohtien sijainnin tarkan määrittämisen. Merkkiainekoe suoritetaan laskemalla merkkiainekaasua rakenteeseen, joko rakenteen sisä- tai ulkopuolelta. Mitattava tila alipaineistetaan -10Pa paineeseen ulkoilmaan nähden. Oikea määrä merkkiainetta syötetään tarkasteltavaan rakenteeseen. Riittävän odotusajan kuluttua merkkiaineen leviämislle rakenteessa voidaan aloittaa havainnointi. Tarkasteltavat rakenteet tutkitaan huolellisesti analysaattorilla kiinnittäen erityistä huomiota liitoksiin ja rajapintoihin. Tyypillisimmät käytetyt merkkiainekaasut ovat typpi-vety-seos ja rikkiheksafluoridi. Typpi-vety-seos on ilmaa kevyempää ja tulee huomioida syöttöreikien sijoittelussa, kun taas rikkiheksafluoridi on ilmaa raskaampi sekä korkeina pitoisuuksina hapen syrjäyttävä seos. (Holmström ym., 2016, s. 59-60; RT 14-11197, 2015, s. 5-13)

Lämpökuvausta voidaan käyttää kuntotutkimuksessa muiden tutkimusmenetelmien tukena. Ilmavuotojen paikannusmittauksessa lämpökuvaus

suoritetaan -50Pa tehostetussa alipaineistuksessa. Yhdellä rakennuksen normaaleissa käyttöolosuhteissa tehdyllä lämpökuvauksella ei yleensä voida tarkasti selvittää, onko kyse lämmöneristeen puutteista vai ilmavuotokohdasta. Lämpökuvaus voidaan suorittaa vaipan tiiveyden ja ilmavuotoluvun määrittämisen yhteydessä, mikäli sisä- ja ulkolämpötilan ero on riittävän suuri. (Holmström ym., 2016, s. 58-59; RT 14-11239, 2016, s.1-7)

Vanhoille rakennuksille ei ole tehty ilmavuotomittauksia, eikä se ole pakollinen toimenpide. Vaipan tiiveyden tarkasteleminen koneellisesti alipaineistuksessa rakennuksessa ei anna tarkkaa kuvaa mistä ilmavuodot johtuvat. Alipaineistuksen aikana voidaan myös suorittaa lämpökuvaus ilmavuotokohtien paikantamiseksi, mikäli ulko- ja sisälämpötilan ero on riittävän suuri. Rakennuksen vaipan tiiveyttä ja ilmavuotolukua määriteltäessä tulee ilmanvaihto sammuttaa ja kaikki avoimet tulo- ja poistoilma kanavat tulpata. Koe suoritetaan erityistä mittalaitteistoa apuna käyttäen, joka laskee rakennukselle ilmavuotoluvun -50Pa paineessa.

2.5 Epäpuhtaudet

Rakennuksen sisäilmaan voi kulkeutua epätiiviiin rakenteen tai liittymän läpi epäpuhtauksia ulkoilmasta, pölyä ja kuituja rakenteen sisältä tai mikrobeja vaurioituneesta rakenteesta. Toisaalta myös sisäilman kosteus kulkeutuu vuotoreittien kautta rakenteen läpi, jolloin muodostuu riski kosteuden tiivistymisestä rakenteeseen.

Epäviihtyvyyden tunteen edellytyksenä on se, että ihminen aistii kyseisen tekijän esim. hajuna tai vetona. Monelle epäpuhtaudelle tämä ns. hajukynnys on kuitenkin niin korkea, että epäpuhtauden terveydelliset vaikutukset alkavat ennen kuin sitä koetaan epäviihtyvyytenä. Erityisesti näin on huoneilman monien kemiallisten aineiden seosten osalta. Eräitä epäpuhtauksia ihminen ei aisti lainkaan, vaan pitoisuuden voivat olla hyvin korkeat ilman mitään tuntemuksia. Tyypillinen tällainen epäpuhtaus on radioaktiivinen Radon. (Seppänen & Seppänen, 2010, s. 12)

Ensimmäiseksi sisäilmaongelmaa lähdetään tutkimaan rakennusta aistinvaraisesti tarkastelemalla. Rakennus käydään läpi tunkkaisuuden ja liiallisen kosteuden tunteen, hajujen, näkyvien vaurioiden osalta. Mikäli aistinvaraisesti ei voida todeta tai kohdentaa ongelmakohtaa siirrytään tarkempaan tutkimukseen.

Ilmanäytteellä voidaan tutkia sisäilman pöly-, hiukkas-, mikrobi- ja kemiallisten epäpuhtauksien pitoisuuksia, kuten PAH- ja VOC- pitoisuuksia. Mikrobi näyte voidaan kerätä huoneilmasta esim. Andersenin 6-vaiheimpaktorin avulla. Näytteiden määrä tulee mitoittaa rakennuksen koon mukaan esim. koulurakennuksissa 10-12 huonetta sekä vertailunäyte ulkoilmasta.

Yksinomaan ilmanäytteiden tavanomaisten tulosten perusteella ei voida sulkea pois rakenteiden mikrobivaurion mahdollisuutta, eikä

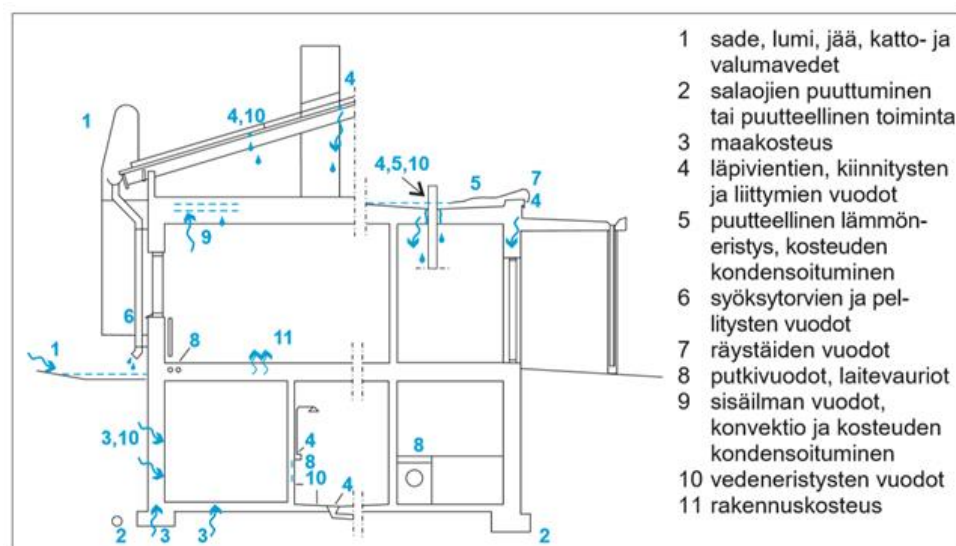
sisäilmanäytteitä voida siten käyttää osoittamaan tutkittavan tilan olevan kunnossa. (Valvira, 2016, s. 11)

Materiaalinäytteen ottopaikat valikoidaan aistinvaraisen tarkastelun tai ilmanäytteiden tulosten perusteella. Materiaalinäytettä ottaessa yleisesti joudutaan tekemään rakenneavauksia, jotta esim. ulkoseinän villaeristeestä voidaan ottaa näytepala. Viljelytulosten perusteella saadaan selville, esiintyykö rakennekerroksissa mikrobikasvustoa. Näytteitä voidaan joutua ottamaan useita vaurion laajuuden selvittämiseksi. Rakenneavausta tehdessä tulee näytteenottajan suojautua asianmukaisesti mikrobien ja muiden haitta-aineiden varalta, josta lisää luvussa 3.7.

2.6 Kosteus rakenteissa

”Rakennuksessa oleva kosteusvaurio johtaa yleensä aina mikrobikasvuston kehittymiseen, josta voi aiheutua terveyshaittaa. Tämän vuoksi kosteusvaurion syntymisen ehkäisy ja kostuneiden rakenteiden korjaaminen on ensiarvoisen tärkeää” (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2003, s. 54)

Eri kosteuslähteet (kts. Kuva 1) kuormittavat rakennusta monesta eri suunnasta. Rakenteisiin nouseva tai tiivistyvä kosteus altistaa rakenteen mikrobivaurioille. Seuraavaksi tarkastellaan eri kosteuslähteiden tyyppillisimpiä ongelmakohtia, mitä ne voivat aiheuttaa rakenteille ja miten niitä voidaan havainnoida.



(Kuva 1. Yleisiä rakennuksen kosteuden lähteitä ja vaurioriskejä (Rakennustieto Oy, (n.d.). s. 4)

Jos salaojitus puuttuu tai ne eivät toimi, syynä voi olla mm. täyttömaan liiallinen hienojakoisuus tai se on huonosti vettä läpäisevää, salaojiin joutuu maa-ainesta, roskaa tai kasvien juuret tukkivat ne. Jos routaeristys on puutteellinen tai salaojat on rakennettu liian lähelle maanpintaa ne voivat jäätyä tai olla notkolla maan routimisen tai painumisen takia. Sadevedet

on voitu johtaa salaojiin tai purkujärjestelmä ei toimi tai sitä ei ole. Vesi voi myös valua ympäristöstä kalliota pitkin rakennuksen alle. (RT 80-10712, 1999, s. 5)

Salaojien puuttumisesta tai puutteellisesta toiminnasta johtuen maakosteus pääsee nousemaan sokkeli- ja alapohjarakenteessa. Sokkelirakenteessa nouseva kosteus aiheuttaa merkittävän rakenteen vaurioitumisriskin, jos alaohjauspuun ja sokkelin välinen kermikaista puuttuu ja ns. vale-sokkelirakenne. Ajan saatossa kostunut alaohjauspuu vaurioituu.

Alapohjassa nouseva kosteus voi rakenteen toteutustavasta riippuen aiheuttaa esim. kaksoislaattarakenteessa väliseinien alaohjauspuun vaurioitumisen. Kosteuden noustessa betonilaatassa, myös lattiamaton tasoite ja liima voivat alkaa reagoimaan keskenään aiheuttaen VOC-päästöjä huone-tilaan.

Salaojien kunto voidaan tarkastaa tarkastuskaivojen kautta esim. videokuvalla. Vanhemmissa rakennuksissa ei kuitenkaan aina ole riittävästi tai ollenkaan tarkastuskaivoja, joista salaojien kunto voitaisiin luotettavasti toden. Tällöin yksi keino arvioida maaperästä nousevaa kosteutta on tarkastella sokkelirakennetta silmämääräisesti ulkopuolelta. Jos sokkelin pinnalla esiintyy kalkkihärmettä, voidaan olettaa, että rakenteessa on esiintynyt tai esiintyy liiallista kosteutta.

Alaohjauspuiden vaurioituminen ei yleensä ole havaittavissa silmämääräisesti, vaan ilmenee käyttäjien oireiluna, jonka jälkeen voidaan saada viitteitä vaurioista ilmanäytteenotolla, rakenneavauksilla, viiltomittauksilla jne.

Vesikaton alusta saattaa kosteuden-, lämpötilavaihtelun ja alusrakenteen painumisen vaikutuksesta liikkua. Tästä seuraa mekaanisia rasituksia katteen kiinnitys- ja läpivientikohdissa, joiden vuoksi vanha katemateriaali saattaa vaurioitua. Mekaanista rasitusta saatetaan aiheuttaa katteelle myös lunta luotaessa katolta tai kun kate on kiinnitetty puutteellisesti. Aluskate puuttuu, on väärin asennettu tai on käyttötarkoitukseltaan sopimatonta materiaalia kuten muovikalvoa tai aluskate ei ulotu ulkoseinän yli, vaan aluskatteen päälle päässyt vesi pääsee ulkoseinärakenteeseen aiheuttaen kosteusvaurion. (RT 80-10712, 1999, s. 9)

Yläpohjan puutteellinen tuuletus, ilmansulun vuodot ja IV-kanaviin ja katteeseen tiivistyvä kosteus altistavat rakenteet vaurioille ja vettä voi valua sisätiloihin asti. (RT 80-10712, 1999, s. 9)

Huollon puute saattaa aiheuttaa katteen käyttöikänsä merkittävän vähenevän ja rakenne on alttiimpi vuodoille. Puutteellinen saumatun peltikatteen ja läpivientipellitysten saumaus sekä sadevesikourujen ja syöksytorvien tukkeutumisen roskista tai umpeen jääntymisen seurauksena, voi

aiheuttaa katteen vuotoriskin, kun vesi lammikoituu ja jäätyy katolla. (RT 80-10712, 1999, s. 9)

Vesikatteen kuntoa voidaan arvioida ulkopuolelta erityisesti läpivientien saumauksien kohdalta. Yläpohjassa voidaan tarkastella aluskatteen kuntoa ja olemassaoloa, onko näkyviä reikiä, lahovaurioita tai valumajälkiä.

Viemäriverkoston vuodot voivat johtua mm. liitoskohtien tiivisteiden haapertumisesta tai valurautaisen viemärin puhki syöpmisestä. Pystylinjojen vuodot ovat yleensä helpommin havaittavissa näkyvien tai koteloitujen putkistojen vuoksi. Lattian betonivalussa kulkevan viemärin vuodon huomaaminen on haastavaa ja sitä saatetaankin alkaa epäillä vasta kun betonilaattaan imeytyvä kosteus aiheuttaa jotakin muita ongelmia, kuten lattiapinnoitteen irtoamista. Viemäreiden kuntoa voidaan tarkastella videokuvauksen avulla, pienet halkeamat ja pistemäiset syöpymät saattavat jäädä siltikin huomaamatta. Rakenteiden sisäinen vuoto johtaa aina rakenteiden kuivattamiseen ja rakenteellisiin korjauksiin.

Vesijohtoverkoston vuodot ovat merkittävä kosteusvaurioiden aiheuttaja. Rakenteiden sisällä kulkevat vesijohtojen vuodot voivat aiheuttaa laajamittaisia pahoja vaurioita, jotka ovat vaikeita havaita ennen kuin vuodosta alkaa aiheutua muita ongelmia, kuten mikrobikasvustoa, joka ilmapuotojen mukana kulkeutuu rakenteen läpi sisäilmaan, ellei vuoto ole merkittävä. Niin kuin viemäriverkostossakin myös vesijohtoverkosto vuotaminen rakenteiden sisällä johtaa kuivattamiseen ja rakenteellisiin korjauksiin sekä yleensä putkistojen siirtämiseen pinta-asenteisiksi. (Tikkanen, Hekkanen, Rantamäki, Tikkanen & Tulla, 1997, s.17)

2.7 Sisäilmakorjauksen laadunvarmistus

Tilaaajan hyväksymässä laatusuunnitelmassa esitetään suoritettavat laadunvarmistuskokeet, -tarkastukset ja -mittaukset. Tällaisia voivat olla mm. laastien tartuntavetolujuus, lattian suhteellisen kosteuden mittaaminen tai vedeneristyksen paksuuden mittaaminen. Työmaan laatusuunnitelmaan merkataan, kuka, milloin ja miten mittaukset suoritetaan sekä niiden tulokset dokumentoidaan. (Ratu KI-6019, 2011, s. 17)

Mikrobivaurioituneen kohteen korjauksessa suojaudutaan henkilökohtaisten suojainten lisäksi mikrobi- ja haitta-aine altistumista vastaan. Purkutyössä käytettävä aina silmäsuojausta ja suojakäsineitä sekä P2-, P3- tai P3/A2-luokan suodattimella varustettua moottoroitua kokonaamaria tai koko kasvojen alueen suojaavaa moottoroitua hengityksensuojainta. Haitta-aineista ja pitoisuuksista riippuen voi olla tarve myös kasvojen ihon ja silmien suojaamiseen suojahaalarilla. (RT 82-0383, 2011, s.15)

Purkutyömaalle suunnitellaan etukäteen pölynhallintasuunnitelma. Tilapäisillä suojaseinillä ja ovirakenteilla estetään pölyn leviäminen muihin tiloihin. Purkualue osastoidaan, alipaineistetaan ja käytetään

kohdepoistoja. Ilmanvaihto purkukohteessa tulee aina toteuttaa niin, että ilma virtaa puhtaasta tilasta likaiseen päin. Rakennuksen oma ilmanvaihto tulee sulkea työskenneltävältä alueelta sekä kanavat ja päätelaitteet suojata työstä aiheutuvalta pölyltä. Alipaineistusta käytettäessä voidaan varmistaa, ettei rakennuspölyä kulkeudu ympäröiviin tiloihin. (RT 82-0383, 2011, s.6)

Osastointi voidaan toteuttaa rakentamalla osastoseinät puurangoista ja muovikalvosta. Kun muovikalvo kiinnitetään puurungon sisäpuolelle, mikrobeja sisältävä purkupöly ei likaa puuosia, jolloin puuosat voidaan käyttää uudelleen. Muovikalvojen saumat tiivistetään teippaamalla. Lattiat voidaan suojata tarvittaessa esim. pahvilla tai muovilla. Ympäröivien työalueeseen kuulumattomien tilojen ovet tiivistetään teippaamalla. Osasto merkitään selvästi esim. teipillä, kilvellä tai tarvittaessa lippusiimalla. (RT 82-0383, 2011, s.6)

Kulku osastoon voidaan järjestää sulkutilan kautta, kuten asbestitöissä. Osastoinnin ulkopuolelle rakennetaan puurangasta ja muovikalvosta sulkutila. Sulkutilaan tulee järjestää riittävä tila vaatteiden vaihtoa, imurointia ja peseytymistä varten. Sulkutila jaetaan tarvittaessa osastoihin. Sulkutilan kumpaankin päähän ja sulkutilan osastojen väliin tehdään ilman kulkua osastosta ulospäin estävät ovirakenteet. Sulkuovina voidaan käyttää myös vetoketjuovea. (RT 82-0383, 2011, s.6)

Alipaineistus osastossa tulisi mitoittaa siten, että ilma vaihtuu osastossa 6-10 kertaa tunnissa. Poistoilma puhdistetaan alipaineistajissa olevilla tai siihen liitettävillä karkea-, mikro-, ja hienosuodattimilla. (RT 82-0383, 2011, s.6)

Alipaineistajaa ei tulisi sijoittaa sulkutilaan, vaan se tulisi sijoittaa osastoinnin ulkopuolelle. Sulkutilan ulkopuolella olevaan alipaineistajaan liitetään joustavan imuletkun avulla pölynkerääjä, joka sijoitetaan osastossa lähelle purkukohtaa ja sitä siirrellään purkutyön edetessä. Pölynkerääjään on yleensä liitetty karkeasuodatin. Hieno- ja mikrosuodattimet yleensä löytyvät alipaineistajan imuyksikköön, tässä kuitenkin paljon laitevalmistaja-kohtaisia eroavuuksia. (RT 82-0383, 2011, s.6)

Hienosuodattimella varustetun alipaineistajan poistoilma johdetaan aina suoraan ulkoilmaan. Mikrosuodattimella varustetun alipaineistuslaitteen poistoilma voidaan johtaa sisätiloihin, mutta tämä yleensä nostattaa ympäröivissä tiloissa olevaa pölyä ja siksi poistoilma tulisi johtaa ulkoilmaan joustavalla muoviputkella tai muovisukalla. (RT 82-0383, 2011, s.7)

Ettei purkupölyä leviä ympäröiviin tiloihin, on alipaineistuksen säilyttävä osaston sisäpuolella kaikissa olosuhteissa ja purkutyövaiheissa. Vikatilan-teessa alipaineistajan pysähtyessä, alipaine osastosta katoaa kokonaan. Tämän varalta voi yhden suuren alipaineistajan sijaan käyttää kahta

pienempää laitetta kytkettyinä eri virtapiireihin, jolla voidaan ehkäistä alipaineen katoamista kokonaan. (RT 82-0383, 2011, s.7)

Alipaineistajan suodattimien kuntoa ja tehokkuutta voidaan tarkkailla laitteessa olevien suodattimien kuormitusmittareiden avulla tai silmämääräisesti, muoviseinien ja kulkuovien tulee olla painuneena alipaineiseen tilaan päin. (RT 82-0383, 2011, s.7)

Purkutyössä syntyvän pölyn poistoa tehostetaan korkeapaineisella kohdepoistolla. Kohdepoistolaitteistona käytetään tehokasta pölynimuria, joka on varustettu mikro- tai hienosuodattimella. Imuysikkö tulisi sijoittaa osaston ulkopuolelle laitteistojen likaantumisen vähentämiseksi. Kohdepoistolaitteisto liitetään purkutyössä käytettäviin työstökoneisiin esim. sahoihin, jyrsimiin ja hiontakoneisiin. (RT 82-0383, 2011, s.7)

Purkutyön valmistuttua kalusto ja jätteet viedään pois työkohteesta ja työkohte siivotaan. Kuivaharjausta ei käytetä, vaan hienojakoinen pöly imuroidaan mikrosuodattimella varustetulla helposti liikuteltavalla pölynimurilla. Suuremmissa kohteissa, joissa ei ole toimintaa korjaustyön aikana, voidaan kohdepoisto ja siivous toteuttaa keskusimurijärjestelmällä. Keskusimurijärjestelmä on puhdistettava kokonaisuudessaan korjaustyön jälkeen. (RT 82-0383, 2011, s.10)

Osastosta poistuttaessa kertakäyttöhaalarit, suojakäsineet ja hengityssuojaimet ja moottorisuojainten suodattimet pakataan sulkutilassa jätessäkkeihin ja ne hävitetään muun purkujätteen mukana. Työvaatteet puhdistetaan huolellisesti imuroimalla tai vaihdetaan käyttövaatteisiin sulkutilassa. (RT 82-0383, 2011, s.10)

Purkujätteen käsittely ja siirtoreitit suunnitellaan etukäteen. Purkujäte pakataan jätessäkkeihin ja kuljetetaan jätelavalle tai -konttiin sitä mukaan, kun sitä syntyy. Jätteiden käsittely ja siirto tehdään niin, ettei ympäröiviin tiloihin ja siirtoreittien varrelle aiheudu pöly- tai muuta haittaa. Myös jätteiden kuljetusreitit voidaan osastoida ja alipaineistaa tai käyttää alipaineistettua jätekärryä tai -vaunua pölynhallinnan tehostamiseksi. (RT 82-0383, 2011, s.9)

Suojaseinät puretaan ja suojauksessa käytetyt materiaalit viedään suljetuissa astioissa jätelavalle. Suojauksia ei saa käyttää uudelleen. Osastoinnin purkamisen ja siivouksen jälkeen ilmaa kierrätetään kohteessa vielä vähintään vuorokauden ajan. (RT 82-0383, 2011, s.10)

Purkutyön päätyttyä alipaineistuslaitteet, pölynimurit, hieno- ja karkeasuodattimet puhdistetaan ja huolletaan, ei kuitenkaan sisätiloissa korjauskohteessa. Mikrosuodatinta ei saa puhdistaa ja käyttää uudelleen vaan se tulee uusia. (RT 82-0383, 2011, s.10)

Purkutyön jälkeen, osasto siivotaan imuroimalla, pidempiaikaisessa purkutyössä osasto imuroidaan päivittäin. Kuivaharjausta ei saa käyttää. Imuroinnissa voidaan käyttää keskusimurilaitteistoa tai liikuteltavia teollisuusimureita, osastoivan seinän läpi kulkeva imurin letku tulee kuitenkin tiivistää teippaamalla. Mikäli mikrobikasvuston poistaminen varmistetaan desinfioimalla, tulee aina ennen kemiallisten aineiden käyttöä tutkia riskit niiden aiheuttamista välittömistä ja välillisistä terveydellisistä vaaroista ja haitoista. (RT 82-0383, 2011, s.9)

Mittaustapa laadunvarmistusmenettelyssä on sama uudis- ja korjauskentämissä. Tiiveydelle määritellään tavoitetasot suunnitelmissa. Merkkiainekokeen suorittajan lisäksi paikalla on suositeltavaa olla myös tiivistystyön tekijä, jotta tieto ilmavuotokohdista sekä niiden korjaustavoista välittyy tekijälle. Tarkastettavan rakenteen yli laadunvarmistuskokeissa käytetään paine-erona 10-15 Pa alipainetta. Alipaineisuuden säilyminen varmistetaan koko mittauksen ajan paine-eromittarilla. (RT 14-11197, 2015, s. 2)

Tiivistystyössä havaittujen virheiden ja vuotojen paikantamiseksi ja korjaamiseksi, tulee laadunvarmistuskokeet tehdä ennen pintamateriaalien asennusta. Merkkiainekokeissa havaitut vuotokohdat merkataan esim. värikkäällä teipillä vuotokohtaan tai pohjakuvaan selitteen kanssa. Laadunvarmistuskokeet uusitaan tarvittaessa niin monta kertaa, että vuotokohtia ei enää havaita. (RT 14-11197, 2015, s. 8)

Työnaikaisia kosteusmittauksia suoritetaan todettaessa kosteusvaurion kuivatuksen onnistumista ja valujen yhteydessä alustan kosteutta ennen pinnoittamista. Kosteusmittaukset voidaan tehdä suuntaa antavien menetelmin kuten pintakosteusmittarilla ja tarkoilla mittausten menetelmillä kuten porareikämittaus tai näytepalamittaus.

Työnaikana tulisi rakennuksen sisäolosuhteita seurata (sisäilman lämpötilaa ja sisäilman kosteutta), jotta esim. betonivalusta aiheutuvan kosteusliikkeen vuoksi betonilla ei ole edellytyksiä kuivua riittävällä nopeudella tai luoda liian kostealla sisäilmalla kasvu edellytyksiä mikroibeille korjauksen aikana.

Ilman suhteellista kosteutta mitataan työn tekemisen, materiaalien käsittelyn ja rakenteiden kuivumisen oikeiden olosuhteiden varmistamiseksi. Ilman suhteellisen kosteuden mittaamiseen käytetään sähkönjohtokykyyn perustuvaa digitaalista mittaria, joka mittaa ilman lämpötilan ja ilman sisältämän absoluuttisen kosteuden määrän (g/m^3) sekä laskee suhteellisen kosteuden (Rh-%). Suhteellinen ilmankosteus tarkoittaa ilmassa olevan vesihöyryn osapaineen ja ilman lämpötilaa vastaavan kylläisen vesihöyryn osapaineen suhdetta prosentteina. RH100%, eli kylläinen vesihöyry tarkoittaa ilman ja vesihöyryn seosta, jossa ilma sisältää suurimman mahdollisen vesimäärän ennen vesihöyryn alkamista tiivistymään vedeksi. Hiuskosteusmittari on mekaanisista kosteusmittareista tavallisin. Sen toiminta

perustuu hiuksen venymiseen ilman kosteuden vaihdellessa. Mittari ilmoittaa suhteellisen kosteuden (Rh-%) tai absoluuttisen kosteuden (g/m^3). (Ratu 1215-S, 2006, s. 6)

3 SISÄILMAKORJAUKSEN SUUNNITTELU

Sisäilmakorjaus voi lähteä pieleen jo suunnittelussa. Siksi on tärkeää, että suunnittelijalla on kokemusta erilaisten rakenteiden toiminnasta ja rakennusfysiikasta ja näitä tulee käyttää valintakriteereinä suunnittelijaa valittaessa. Suunnittelijan valintaan ei välttämättä voida vaikuttaa, mutta tällöin pitää tarkastella suunnittelun toteuttavan yrityksen referenssejä ja heidän kokemukstaan erilaisten sisäilmakorjausten suunnittelussa. Suunnittelu itsessään ei kuitenkaan vielä riitä, vaan suunnittelijalla tulee olla riittävät lähtö- ja tutkimustiedot, jotta koko sisäilmakorjausprosessi voidaan suorittaa onnistuneesti. Suunnittelijan olisikin hyvä olla mukana heti alusta, jotta voidaan varmistaa riittävien tutkimusten teettäminen suunnittelun onnistumiseksi.

Korjausasteen jäädessä alhaiseksi, tulee tilaajan tiedostaa vanhojen rakenteiden kunnostamisen riskit. Ammattitaitoinen suunnittelija osaa arvioida rakenneavausten ja kuntotutkimusten perusteella tarvittavan korjauksen laajuuden. Arviota täsmennetään, kun päästään purkamaan rakenteita ja nähdään vaurioiden laajuus niiden sisällä. (Ratu KI-6033, 2018, s. 33)

Helsingin Sanomien artikkelissa (HS 2019, Artikkelin otsikko, pvm) haastateltujen asiantuntijoiden mukaan sisäilmakorjauksien epäonnistumisiin vaikuttaa, että kunnat säästelevät riittävän kattavien tutkimuksien teettämisissä ja suorittavat mahdollisimman pieniä korjauksia toivoen, että koulu saadaan kuntoon vähemmällä panostuksella, jonka vuoksi oikeita asioita ei välttämättä koskaan korjata. Toisaalta on voitu teettää paljon erilaisia sisäilmatutkimuksia, jotka eivät anna riittävää kuvaa haitoista ja niiden lähteistä, joiden vuoksi korjauksetkin ovat tilanteeseen nähden virheellisiä tai riittämättömiä. Tutkimusten karsiminen on lyhytnäköistä, eikä ongelmien laajuus selviä täysin.

Pahimmillaan suunnittelija palkataan suunnittelemaan, mitä materiaaleja tai rakenteita vaihdetaan, ei miksi. Tällöin korjataan sisäilman kannalta merkityksettömiä asioita. Suunnittelijan tulee perusteiden lisäksi osata kemian, rakennusfysiikan, sähkön- ja termodynamiikan perusteet. Haasteita suunnitteluun tuo lisäksi jatkuva uusien rakennusaineiden, -tuotteiden, -tekniikoiden ja -säädösten synty. Peruskorjauksessa oleellista on myös kosteuden hallinnan suunnittelu. Ilmanvaihdon säädöissä pyrittävä pois alipaineisista tiloista ulko- ja sisäilman tasapainoon, jotta epäpuhtauksia ei kiskota rakenteista sisäilmaan. (Salomaa, 2016)

4 KUSTANNUSARVIO

Sisäilmakorjaus on kuluerä, joka tulee maksuun ennemmin perus-/ sisäilmakorjauksen tai myöhemmin rakennuksen purkamisen ja uuden rakentamisen kustannuksissa. Sisäilmaongelmia on paljon, joten kunnilla saattaa olla monia rakennuksia työn alla samanaikaisesti, odottamassa vuoroaan tai tilaa budjetissa.

Suunnitelmien muutokset ovat tyypillisiä korjausrakentamisessa. Kunto- tutkimusten ja purkutöiden aikana ilmenee yleensä yllätyksiä, joihin ei ole osattu varautua, jotka vaikuttavat suunnitelmiin, aikatauluun ja kustannuksiin. Korjauskohteessa on tyypillistä, että olemassa olevat suunnitelmat eivät välttämättä pidä paikkaansa. Kohteessa on saatettu tehdä muutostöitä ilman dokumentointia tai jo alkuperäinen toteutus poikkeaa piirustuksista. Korjauskohteissa tulee myös huomioida rakennuksen mahdollinen korjausvelka (ajansaatossa tekemättä jääneet korjaukset), joiden vuoksi rakenteissa saattaa ilmetä rakenneaurioita sekä terveydelle haitallisia ja vaarallisia aineita. Kohteen rakennus- ja ylläpito aikana on myös saatettu käyttää materiaaleja, jotka ovat nykyään kiellettyjä, jotka tulee korjaushankkeen yhteydessä poistaa erityismenettelyin, kuten asbesti, PCB ja PAH-yhdisteet. (Ratu KI-6033, 2018, s. 33)

4.1 Pitkän tähtäimen suunnitelma (PTS)

Sisäilmakorjauksen kustannuksia laskettaessa pitäisi tarkastella rakennuksen pitkän tähtäimen suunnitelmaa, kuten mitä kaikkia muita remontointi kustannuksia rakennukselle on seuraavan 5-10vuoden aikana tulossa. Tämän pohjalta tulisi miettiä kuinka paljon rahaa kannattaa sijoittaa vanhan rakennuksen korjaamisesta saatuihin lisävuosiin verrattuna vanhan purkamiseen ja uuden tilalle rakentamiseen, huomioiden korjauksessa pitkän tähtäimen suunnitelman mukaiset korjaukset.

”Korjausasteella tarkoitetaan rakennuksen tai rakenteen korjaamisen kustannusta verrattuna vastaavaan hintaan uutena” (Ratu KI-6033, 2018, s. 34)

Kiinteistölle laaditaan pitkän tähtäimen suunnitelma 5-10 vuoden ajalle kuntoarvion ja kuntotutkimuksen perusteella. Pitkän tähtäimen suunnitelmassa arvioidaan rakennusosien, teknisten järjestelmien ja laitteiden kustannuksia ja uusimisajankohtaa. (RT 56-10831, 2004, s. 4)

4.2 Käyttökunnon ylläpitäminen määräaikaisesti

Vaihtoehtona purkamiselle tai sisäilmakorjaukselle on miettiä mahdollisuuksia pitää rakennus käyttökuntoisena määräajan. Tällaisia keinoja voisi

olla esim. siivouksen tehostaminen hiukkas- ja pölyongelmien vähentämiseksi ja rakennuksen ilmanvaihdon säätäminen ylipaineiseksi. Ilmanvaihdon ylipaineisuus aiheuttaa sisäilman kosteuden tiivistymistä rakenteisiin erityisesti talviaikaan, mutta toisaalta rakenteiden epäpuhtaudet tai mikrobit eivät pääse kulkeutumaan ilmavirtojen mukana sisäilmaan.

Ylipaineistus voi olla käyttökelpoinen menetelmä käyttökänsä päässä olevissa rakennuksissa, joissa muilla toimenpiteillä ei ole päästy haluttuun lopputulokseen ja epäpuhtauslähde on osittain tuntematon. Tällöin ylipaineistus toimii rakennuksen käyttöä turvaavana toimenpiteenä. Lisäksi se soveltuu väliaikaisena ratkaisuna varsinaisia korjaustoimenpiteitä odotettaessa rakennuksiin, joissa ei ole sisätiloissa merkittävää kosteustuottoa. Tällaisia voivat olla esimerkiksi opetusikätyössä olevat rakennukset, joissa tilojen käyttö ei ole ympärivuorokautista ja joissa koneellinen ilmanvaihto poistaa tehokkaasti sisäilman ylimääräisen kosteuden. (Ympäristöministeriö, 2019, s. 62)

5 TIEDOTTAMINEN

Korjaushankkeen työnaikaiseen tiedottamiseen ei ole suuresti kiinnitetty huomiota. Korjauskohteissa tiedottamisen merkitys korostuu vielä enemmän kuin uudisrakentamisessa. Oleellisia asioita tilaajan tyytyväisyyteen korjaushankkeessa on se, kuinka hyvin hänen toiveensa huomioidaan koko hankeprosessin aikana ja kuinka hyvin rakentaja pitää hänet ajan tasalla. Tilaajan lisäksi rakennuksen käyttäjille tulisi hyvissä ajoin tiedottaa mitä työmaalla kulloinkin tehdään, miksi tehdään ja miten tekeminen vaikuttaa asumiseen tai tilojen käyttöön, mikäli rakennus on osittain käytössä korjauksen aikana. Voidaankin olettaa, että mitä enemmän asioista tiedotetaan, sitä tyytyväisempi asiakas. Tiedotus ei kuitenkaan ole vain yksisuuntainen viestintä rakentajalta tilaajalle, vaan tilaajalla ja rakennuksen käyttäjillä tulee myös olla mahdollisuus vaikuttaa työmaan järjestelyihin. Tiedottamisessa voidaan käyttää useita eri tapoja korjauskohteesta riippuen esim. työmaailmoitustaulua, porrashuone- tai asuntokohtaisia ilmoituksia tai viikkotiedotekäytäntöä. Erityisen tärkeää on ilmoittaa tilojen käyttäjille hyvissä ajoin etukäteen tiloissa suoritettavista töistä. (Ratu KI-6019, 2011, s. 21)

Työnaikaisesta tiedottamismenetelmästä sovitaan etukäteen tilaajan kanssa. Ennen työmaatoimien aloittamista, voidaan töiden vaikutuspiirissä oleville järjestää tiedotustilaisuus. Tiedotustilaisuudessa käydä läpi mm. töiden aikataulu, työvaiheet, työvaiheiden aiheuttamat haitat ja kulkujärjestelyt sekä työnaikaiset turvallisuusohjeet. Tietoa tilojen käyttäjille töiden vaikutuksista voidaan antaa myös ilmoitustaululla tai jaettavilla tiedotteilla. Töiden vaikutuspiirissä oleville tulee kulkutiemuutokset ja turvallisuuteen liittyvät asiat tulee ilmoittaa kuitenkin vähintään kahdella eri

tavalla. Työnjohdon tulee seurata ympäristön toimintaa ja huolehtia, että työn vaikutuspiirissä olevat saavat tarvitsemansa tiedon.

Viestintä ja tiedonkulun varmistaminen eri ryhmien sisällä ja ryhmien välillä sekä tilojen käyttäjien kanssa ovat osa selvitysvaiheiden suunnitelmallista toteutusta. Suunnitelmallinen viestintä tukee ongelman ratkaisua. Tilojen käyttäjille suunnatun viestinnän vaiheet esitetään kuvassa 2. (Rakennustieto Oy 2016. s. 4)

ESISELVITYKSET / VAIHE 1, tavoiteaika 1 kk	
JOHTAVAN ASIAANTUNTIJAN VALINTA	Tilaaaja
LÄHTÖTIETOJEN KERÄÄMINEN	Johtava asiantuntija
KÄYTTÄJÄKYSELYT	Terveysthuollon 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
TILANNEARVIO SISÄILMASTO-ONGELMASTA	
<ul style="list-style-type: none"> • Ongelman syy selvitetty; toimenpiteistä ja korjauksista sekä seurannasta sopiminen • Ongelman syy epäselvä; selvitysvaiheeseen siirtyminen 	
SELVITYKSET / VAIHE 2, tavoiteaika 3...5 kk	
KONSULTTIYHJÄMÄN KOKOAMINEN (Selvitystyön tekijöiden valinta)	Tilaaaja ja johtava asiantuntija
SISÄILMASTOSELVITYS, KUNTOTUTKIMUKSET JA TERVEYDELLISET SELVITYKSET	Rakennustekninen ja rakennusfysikaalinen asiantuntija, lvi- ja sisäilmastoasiantuntija, terveydenhuollon ammattilainen. Asiantuntijaryhmä johtaa johtava asiantuntija.
ARVIO ALITUMISOLOSUHEISTA JA YHTEENVETO TARVITTAVISTA KORJAUKSISTA	Johtava asiantuntija yhteistyössä konsulttiyhtymän kanssa
TERVEYDELLISEN MERKITYKSEN ARVIO	Terveysthuollon ammattilaisen johdolla, esitellään sisäilmaryhmälle
TILANNEARVIO SISÄILMASTO-ONGELMASTA, SEN TERVEYDELLISESTÄ MERKITYKSESTÄ JA KORJAUSTARPEESTA	
<ul style="list-style-type: none"> • Ongelman syistä moniammatillinen yhteenveto; tavoitteiden asettaminen toimenpiteille ja korjauksille sekä seurannasta sopiminen • Suunnittelu- ja toteutusvaiheeseen siirtyminen 	
SUUNNITTELU JA TOTEUTUS / VAIHE 3	
TIEDONSIIRTO KORJAUSSUUNNITTELIJOILLE	Johtava asiantuntija
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
SEURANTA / VAIHE 4	
TOIMENPITEIDEN JA KORJAUSTEN JÄLKEISEN SEURANNAN TOTEUTUS	Johtava asiantuntija, tilaaja, sisäilmaryhmä ja terveydenhuollon ammattilainen

Kuva 2. Sisäilmasto-ongelman selvitysvaiheet ja toimijat (Rakennustieto Oy 2016. s. 3)

6 KÄYTTÖÖNOTTO

Käyttöönotossa vastuu kiinteistöstä siirretään urakoitsijalta kiinteistön omistajalle. Laajemmissa korjaushankkeissa voidaan luovutusta varten laatia viimeistelysuunnitelma tai -ohjelma. Viimeistelysuunnitelmaan nimitetään kaikki tarkastus, koekäyttö-, siivous-, puhdistus-, dokumentointi- yms. -tehtävät, jotka tulee tehdä ennen kohteen luovuttamista tilaajalle. (Ratu KI-6019, 2011, s. 15)

Korjaushankkeen luovutusvalmius varmistetaan itselle luovutus menettelyn avulla. Ennen työn luovuttamista tilaajalle urakoitsija tarkistaa laadun toteutumisen, tarkastaa työn vikojen ja puutteiden varalta ja tekee tarvittavat korjaukset ja dokumentoinnin. Tilaajalle luovutetaan käyttö- ja huolto-ohje luovutuksen yhteydessä. Huoltokansio sisältää tarvittavat työmaa-asiakirjat ja kohteen tulevan käytön huollon työturvallisuus- ja työterveysohjeet. (Ratu KI-6019, 2011, s. 16)

Talotekniikkajärjestelmien toimintakyky varmistetaan koekäytöllä. Koekäytössä testataan tilojen olosuhteiden pysyvyyttä kuormittamalla tiloja järjestelmän tehomittoitusta vastaavalla kuormalla. Koekäyttö sisältää myös rakennuksen sähkökatkotestin. (RT 10-11302, 2018, s. 1)

Mikäli kohteen ilmanvaihto ja automaatio järjestelmään tehdään muutoksia tai uusitaan laitteistoa, tulee näiden osalta suorittaa käyttöönotto tarkastus.

Talotekniikan käyttöönottoon sisältyvät tehtävät:

- laite- ja materiaalihyväksynät
- urakoitsijoiden työsuunnitelmat
- malliasennukset
- laite-, materiaali- ja asennustarkastukset
- urakoitsijoiden tarkesuunnitelmat
- paine- ja tiiviyskokeet
- putkistojen huuhtelu ja kanavistojen puhdistus
- urakoitsijoiden toimintatarkastukset
- rakennuttajan toimintakokeet
- järjestelmien virtauksien säätötyöt
- rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelu ja viritys
- mittaukset ja tarkastusmittaukset
- koekäytöt ja kuormituskokeet
- viranomaistarkastukset
- toimivuustarkastus.

(RT 10-11302, 2018, s. 3)

Vastaanottotarkastuksen yhteydessä ilmanvaihtokanaviston puhtautta tarkistetaan visuaalisella menetelmällä. Riippumatta ilmanvaihtokanaviston koosta, tulee puhtaus tarkastaa vähintään viidestä pisteestä.

Monikerroksisessa rakennuksessa tulee olla jokaista kerrosta kohden vähintään kolme tarkastuspistettä. (LVI39-10409, 2007, s. 3)

Tarkastuksen aikana otetut valokuvat laitetaan liitteeksi vastaanottotarkastuspöytäkirjaan. Erimielisyystilanteissa kanavien puhtautta voidaan mitata suodatinkeräysmenetelmällä ja tarvittaessa kanavista otetaan kuitunäytteitä. Tilaajan tehtävä on järjestää näytteidenotto ja tutkimukset, mikäli tavoitetasot eivät täyty, urakoitsija maksaa tutkimukset niiltä osin. Puhdistuksen jälkeen järjestetään uusi vastaanottotarkastus puhdistetuille kanaville. (LVI 03-10429, 2008, s. 6)

Tilaaja valitsee, mistä kohdista kanavistojen puhtautta tarkastetaan (visuaalinen tarkastusmenettely). Vastaanottopöytäkirjaan merkataan näytteenottopiste ja puhtauden taso. Tilaaja määrittää vastaanottotarkastuksen menettelyn, menettelyjä on erilaisia mm.:

- Tilaajan kanssa sovitut kanaviston osat kuvataan ennen ja jälkeen puhdistusta ja urakoitsija toimittaa tilaajalle raportin ennen vastaanottotarkastusta.
- Valvoja kuvaa pistokokein puhdistetut kanavat/ koneet ja tarkastaa ilmamääriä ja huonetilojen välisiä paine-eroja

Valvoja laatii vastaanottotarkastuspöytäkirjan. (LVI 03-10429, 2008, s. 6)

Vastaanottotarkastuksessa tarkistetaan ja kirjataan pintarakenteiden puhtaustaso. Tilaajalle annettavaan luovutusmateriaaliin liitetään kalusteiden, varusteiden, laitteiden ja pintarakenteidenkäyttö- ja hoito-ohjeet. (RT RT91-10970, 2009, s. 2)

Ennen kuin ilmanvaihtojärjestelmää käynnistetään, arvioidaan silmämääräisesti kaikkien pintojen puhtaus. Puhtauden arviointi kattaa kaikki katto-, seinä-, kaluste-, lattia- ja kaluste pinnat näkyviltä osin. Alakattojen ollessa suljettuna niiden yläpuolisten pintojen puhtautta ei arvioida. Tällaisia pintoja ovat esim.:

- Kattopinnoista mm. kattolevyjen yläpinnat, alakattolevyjen yläpuolella olevat pinnat, valaisinkotelot, kattoikkunoiden puitteet, jäähdytyspalkit, ilmanvaihdon päätelaitteet, katossa olevat putket, valaisimet ja portaiden alapuolet rakennuksen sisällä.
- Seinäpinnoista mm. seinät, seinillä olevat putket, ikkunat, ovet ja karmit, sisällä olevat lasiseinät, sähkökalusteet, ilmanvaihdon päätelaitteet, valaisimet, listat, kaiteet, kädensijat ja paneelit.

(RT 07-11299, 2018, s. 13)

Tilojen ylläpito- ja kiinteistönhoito-organisaatiolle toimitetaan huolto- ja käyttöohjeet sekä järjestetään uusien laitejärjestelmien käytön opastus. Tilojen puhtaanapito-organisaatiolle toimitetaan tilojen pinnoitteiden ja materiaalien hoito- ja huolto-ohjeet. Muille kuin tilaajalle luovutettavan materiaalin luovutuksesta käyttäjille sovitaan erikseen ennen huolto-ohjeen laadintaa. (RT 18-10713, 1999, s. 14)

Huoltokirjaan luetteloidaan kaikkien uusittujen sisä- ja ulkopuolisten pintoitteen tiedot sekä missä niitä sijaitsee.

Luetteloon kirjataan mm.:

- materiaalin tarkka kauppanimike ja valmistaja
- tyyppikoodi ja värisävy
- mahdollinen paloluokitus
- liiman, saumauksen tyyppi ja värisävy
- valmistajan ohje
- rakennusmateriaalin päästöluokka
- maalien värisävyt.

Myös tehdasvalmisteisten rakennusosien pintakäsittelytiedot tulee merkata huoltokirjaan. Tehdasvalmisteisten osien pintakäsittelyistä ei välttämättä saada tarkkoja tietoja. Valmistajalta on kuitenkin saatava tarvittavat huolto- ja kunnossapito-ohjeet. (RT 18-10713, 1999, s. 14)

Käyttö- ja huolto-ohjeeseen (huoltokirjaan) kerätään tarvittavat tiedot ja asiakirjat järjestelmien käyttöön liittyen sekä laitevalmistajien käyttö- ja huolto-ohjeet. Huoltokirjaan sisällytetään käytön ja huollon kannalta tarvittavat työterveys- ja työturvallisuustiedot. Jotta taloteknisiä järjestelmiä käytettäisiin alusta asti oikein, tilaajan huoltohenkilökunnalle järjestetään käyttö- ja huoltokoulutus. (Ratu KI-6019, 2011, s. 18)

Vanhaan rakennukseen on tehtävä huoltokirja, jos pysyvään asumiseen ja työskentelyyn tarkoitettussa kiinteistössä suoritetaan rakennusluvan varaisia muutostöitä. Hyvän kiinteistön pitotavan mukaista on laatia huoltokirja kaikkiin kiinteistöihin. Kuntoarvio- ja -tutkimus raportit sekä pitkän tähtäimen suunnitelma liitetään huoltokirjaan. Huoltokirjan tekeminen yhteistyössä kiinteistöhoitohenkilöstön kanssa, parantaa sitoutumista huoltokirjan käyttöön. Huoltokirjassa esitetään huoltokohteet, -ohjeet, -aikataulut ja laitteiden tavoitteelliset käyttöiät ja takuuajojen päätyminen. Huoltohenkilökunta kirjaa huoltokirjaan laitteistoihin tehdyt huolto- ja korjaustoimet, niiden tekijät ja kustannukset sekä vikahistorian. Huoltokirjan tietoja käytetään hyödyksi päätettäessä laitteistojen uusimisajankohdista. Sähköinen huoltokirja on paras vaihtoehto, sillä se on koko ajan kaikkien sitä tarvitsevien käytettävissä. Sähköistä huoltokirjaa voidaan hyödyntää myös urakoiden kilpailuttamisessa ja tiedottamisessa. (RT 56-10831, 2004, s. 4)

7 SEURANTA

Sisäilmakorjausten onnistumista seurataan yleisesti melko vähän, jos olenkaan. Seuraamalla korjauskohdetta sen valmistuttua, voidaan saada hyödyllistä tietoa eri rakennusmateriaalien ja -menetelmien yhteensopiavuudesta. Mittausten avulla voidaan seurata, pysyykö rakennuksen tilojen olosuhteet halutun laisina.

Suorittamalla kohteessa seuranta ennakoivasti voidaan informaatiota verrata korjauksen jälkeiseen dataan. Vertailun pohjalta voidaan arvioida, onko jokin ennalta kerätystä informaatiosta verrannollista korjattuun ongelmaan. Näin saadaan kerättyä taustamateriaalia, jota voidaan hyödyntää myöhemmissä korjauskohteissa.

7.1 Olosuhteiden seuranta korjauksen jälkeen

Korjattu kiinteistö varustetaan riittävän kattavalla olosuhdemittausten verkostolla. Käyttötarkoituksesta riippuen seurattavat olosuhteet voivat olla esim. lämpötila, hiilidioksidi tai kosteusmittaus. Mittausten avulla seurataan ja voidaan todentaa olosuhdetavoitteiden toteutuminen eri käyttöön tarkoitetuissa tiloissa, kuten luokkahuoneen lämpötila ja hiilidioksidipitoisuudet. Olosuhdeseuranta on myös tärkeä työkalu kiinteistön ylläpidossa. (LVI 40-10572, 2016, s. 7)

Erilaisilla olosuhteiden seurantalaitteistoilla (dataloggereilla), voidaan seurata pitkäaikaisena seurantana rakennuksen sisällä vallitsevia olosuhteita. Olosuhteiden seurantalaitteistolla saatua tietoa voidaan käyttäjien ilmoittamien oireiluiden perusteella yhdistää ja saada tietoa oireilua aiheuttavista syistä ja ongelmien laajuudesta, kuten korkea hiilidioksidi pitoisuus, joka viestii riittämättömästä ilmanvaihdosta. Myös korkea huoneilman lämpötila tai lämpötilan ja korkeaan hiilidioksidi pitoisuuden yhdistelmä luo käyttäjille epämiellyttävän sisäilmaston ja voidaan todeta seurantalaitteistolla. Suhteellisen ilmankosteuden ja lämpötilan seurannalla pystytään havainnoimaan, onko tiloissa edellytyksiä mikrobikasvustolle. Myös paineroa ulkovaipan yli on syytä seurata ilmanvaihdon oikeintoimivuuden varmistamiseksi.

7.2 Siivouksen laadun varmistus

Sisäilmakorjauksen jälkeen seurataan rakennuksen siivouksen tasoa aika ajoin, jotta tilan käyttäjille ei aiheuteta oireilua kertyvän pölyn ja hiukkasten muodossa. Yläpölyt tulee puhdistaa ajoittain, sillä kanavistojen, valaisimien ja muiden laitteiden päälle ajansaatossa kertynyt pöly, leviää ilma-virtauksien vaikutuksesta sisäilmaan altistaen käyttäjät huonolle ilmalle.

Auktorisoidussa siivoustarkastuksessa valtuutetaan ulkopuolinen taho tarkastamaan siivouksen taso. Tarkastaja raportoi tuloksista kiinteistön omistavalle taholle sekä puhtaanapito-organisaatiolle.

Sisäilmayhdistys yhteistyössä, Rakennustietosäätiön, Suomen Arkkitehti-liiton, RAKLI:n ja Suunnittelu- ja konsultointiyrityksien kanssa ovat laati-neet sisäilmastoluokituksen tavoitearvot, jota soveltuvin osin voidaan käyttää myös korjausrakentamisessa. Tätä ohjeistusta voidaan käyttää apuna siivouksen laadun arvioinnissa.

Puhtautta arvioitaessa, jokainen tila tarkastetaan silmämääräisesti, että luokan puhtausvaatimus täyttyy. Pölykertymän mittausta suoritetaan geeli-teippi menetelmällä ja voidaan tehdä aikaisintaan kahden tunnin kuluttua siivouksesta, jotta ilmassa leijuva pöly ehtii laskeutua pinnoille ennen mitausta. Pölykertymän enimmäistasot on esitetty alla olevassa taulukossa.

- Kalusteita ovat mm. pesu- ja saniteettitilojen kalusteet, muut kiin-tokalusteet ja niiden sisäpinnat sekä rakennukseen kuuluvat ko-need ja laitteet, kuten patterit, valaisimet jne.
- Lattiapintoihin luetaan lattioiden lisäksi, lattiaritilät ja -kaivot, kyn-nykset sekä portaiden pysty- ja vaakasuorat pinnat.

(RT 07-11299, 2018, s. 13)

Taulukko 2.3.3. Puhtausluokan P1 pölykertymän enimmäistasot.

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

Kuva 3. Puhtausluokan P1 pölykertymän enimmäistasot (Rakennustieto Oy, 2018, s. 13)

8 KYSELYTUTKIMUS SISÄILMAONGELMIIN YLEISIMMIN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

Kyselytutkimusta varten haastateltiin sisäilmakorjauksien parissa työskennelleitä työnjohtajia ja tilaajapuolen edustajia. Tavoitteena oli saada käsitys, mitä asioita sisäilmakorjauksien parissa asiantuntijoina työskentelevät henkilöt pitävät tärkeinä korjausprosessissa, ja mitä he käytännön kokemuksen avulla pitävät yleisimpinä syinä sisäilmaongelmien synty-miseen rakennuksissa.

Tutkimuksessa kysyttiin kahdeksan kysymystä liittyen sisäilmaongelmiin. Kysymyksiin vastaajalle annettiin valmiit vastausvaihtoehdot, jotka vas-taaja omaan kokemukseensa perustuen asetti tärkeysjärjestykseen. Kyse-lylomake on liitteenä.

Tutkimukseen lähetettiin yhteensä 13 haastattelu kutsua, joista seitse-män toimivat työnjohtajina sisäilmaongelmien parissa ja kuusi tilaajapuolen edustajana. Tutkimuksen vastasi 10 henkilöä, jolloin vastausprosen-tiksi saatiin 76,9 %, joista työnjohtajien osuus oli 100 % ja tilaajan edusta-jilla 50 %. Vastausprosenttia voidaan pitää hyvänä, vaikkakin tilaajaosa-puolen alhaisen vastausmäärän vuoksi otanta jää hieman kapeaksi.

8.1 Tutkimustulokset

Sisäilmakorjaukseen ryhdytään tutkimuksen mukaan selkeästi yleisimmin käyttäjien ilmoitusten vuoksi. Esiin nousevat myös kosteus- ja mikrobivaurio tai -epäily sekä haju ja tunkkainen sisäilma. Jonkin verran korjaukseen lähdetään myös ilmanvaihto ongelmien vuoksi, joka voidaan todeta taulukosta 1.

1 Sisäilmakorjaukseen ryhdytään yleisimmin? *

Osallistujamäärä: 10

	1.		2.		3.		4.		5.		Ø	±
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%		
käyttäjien ilmoitusten vuoksi	7x	70,00	-	-	1x	10,00	1x	10,00	1x	10,00	1,90	1,52
hajun tai tunkkaisuuden vuoksi	1x	10,00	3x	30,00	3x	30,00	2x	20,00	1x	10,00	2,90	1,20
ilmanvaihtoon liittyvien ongelmien vuoksi	-	-	1x	10,00	4x	40,00	3x	30,00	2x	20,00	3,60	0,97
kosteusvaurion tai -epäilyn vuoksi	-	-	3x	30,00	-	-	2x	20,00	5x	50,00	3,90	1,37
mikrobivaurion tai -epäilyn vuoksi	2x	20,00	3x	30,00	2x	20,00	2x	20,00	1x	10,00	2,70	1,34

Taulukko 1. Sisäilmakorjauksen yleisimmät aloitus syyt.

Eniten sisäilmaongelmien syntyyn vaikuttavat ilmanvaihto ja rakenteiden tiiveys, mutta myös siivouksen taso ja materiaalien merkitys nostetaan osatekijöiksi sisäilmaongelmien syntyyn, joka voidaan todeta taulukosta 2.

2 Sisäilmaongelmien syntyyn eniten vaikuttaa? *

Osallistujamäärä: 10

	1.		2.		3.		4.		5.		Ø	±
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%		
ilmanvaihto	4x	40,00	3x	30,00	1x	10,00	1x	10,00	1x	10,00	2,20	1,40
materiaalit	2x	20,00	1x	10,00	3x	30,00	2x	20,00	2x	20,00	3,10	1,45
rakenteiden tiiveys	3x	30,00	1x	10,00	2x	20,00	3x	30,00	1x	10,00	2,80	1,48
kosteus	1x	10,00	2x	20,00	2x	20,00	1x	10,00	4x	40,00	3,50	1,51
siivouksen taso	-	-	3x	30,00	2x	20,00	3x	30,00	2x	20,00	3,40	1,17

Taulukko 2. Sisäilmaongelmien syntyyn eniten vaikuttavat tekijät.

Suunnittelijan valinnassa tärkeimmäksi nousi yhteistyö- ja sopimuskumppanuus. Tärkeänä pidettiin myös suunnittelijan kokemusta sisäilmaongelmista, joka voidaan todeta taulukosta 3.

3 Korjauksen suunnittelijan valintaan vaikuttaa eniten? *

Osallistujamäärä: 10

	1.		2.		3.		4.		5.		6.		Ø	±
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%		
hinta	1x	10,00	3x	30,00	2x	20,00	2x	20,00	2x	20,00	-	-	3,10	1,37
suunnittelijan kokemus s...	3x	30,00	4x	40,00	1x	10,00	2x	20,00	-	-	-	-	2,20	1,14
rakennusfysiikan tuntem...	1x	10,00	2x	20,00	2x	20,00	2x	20,00	3x	30,00	-	-	3,40	1,43
yhteistyökumppanuus / so...	5x	50,00	-	-	3x	30,00	2x	20,00	-	-	-	-	2,20	1,32
yritys, jolla aikaa suunni...	-	-	1x	10,00	1x	10,00	2x	20,00	4x	40,00	2x	20,00	4,50	1,27
riittävästi omaa tietotai...	-	-	-	-	1x	10,00	-	-	1x	10,00	8x	80,00	5,60	0,97

Taulukko 3. Korjauksen suunnittelijaan vaikuttavat tekijät.

Sisäilmakorjauksen toteutustapaan vaikuttaa eniten se, kuinka laajasta korjauksesta on kyse ja onko väistötiloja riittävästi. Kustannukset ja aikataulu ovat myös melko tärkeitä eli vaikuttavat päätöksentekoon, joka voidaan todeta taulukosta 4.

4 Sisäilmakorjauksen toteutustapaan vaikuttaa eniten? (puretaan/korjataan/muut toimenpiteet) *

Osallistujamäärä: 10

	1.		2.		3.		4.		5.		6.		Ø	±
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%		
onko väistötiloja riittävä...	1x	10,00	4x	40,00	3x	30,00	1x	10,00	-	-	1x	10,00	2,80	1,40
kustannukset	3x	30,00	2x	20,00	3x	30,00	1x	10,00	1x	10,00	-	-	2,50	1,35
aikataulu	1x	10,00	1x	10,00	1x	10,00	6x	60,00	1x	10,00	-	-	3,50	1,18
vaadittavan korjauksen l...	4x	40,00	1x	10,00	2x	20,00	1x	10,00	2x	20,00	-	-	2,60	1,65
PTS aikataulu	-	-	-	-	-	-	-	-	5x	50,00	5x	50,00	5,50	0,53
Totutut toimintatavat	1x	10,00	2x	20,00	1x	10,00	1x	10,00	1x	10,00	4x	40,00	4,10	1,97

Taulukko 4. Sisäilmakorjauksen toteutustapaan vaikuttavat tekijät.

Sisäilmakorjauksessa selvästi tärkein tiedotusketju on urakoitsijalta rakennuttajalle ja rakennuttajalta käyttäjälle. Urakoitsijan suoraa tiedottamista käyttäjille pidettiin vähiten tärkeänä, joka voidaan todeta taulukosta 5.

5 Hyvän sisäilmakorjauksen tiedotusketju? *

Osallistujamäärä: 10

	1.		2.		3.		4.		5.		Ø	±
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%		
urakoitsija > rakennuttaja...	7x	70,00	1x	10,00	-	-	2x	20,00	-	-	1,70	1,25
urakoitsija ja rakennuttaj...	2x	20,00	3x	30,00	3x	30,00	2x	20,00	-	-	2,50	1,08
urakoitsija > käyttäjä	-	-	2x	20,00	2x	20,00	-	-	6x	60,00	4,00	1,33
rakennuttaja, urakoitsija ...	-	-	1x	10,00	4x	40,00	1x	10,00	4x	40,00	3,80	1,14
rakennuttaja > käyttäjä	1x	10,00	3x	30,00	1x	10,00	5x	50,00	-	-	3,00	1,15

Taulukko 5. Sisäilmakorjauksen tiedotusketju.

Käyttöönnotossa tärkeimmiksi asioiksi nousivat ilmanvaihdon tasapaino, remontoitujen tilojen puhtaus/ pölyttömyys ja ilmanvaihtokanavistojen puhtaus, joka voidaan todeta taulukosta 6.

6 Remontin jälkeisessä käyttöönotossa tärkeintä on? *

Osallistujamäärä: 10

	1.		2.		3.		4.		5.		Ø	±
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%		
Ilmanvaihtokanaviston puh...	3x	30,00	2x	20,00	2x	20,00	2x	20,00	1x	10,00	2,60	1,43
laitteiston toiminnan opas...	-	-	-	-	1x	10,00	7x	70,00	2x	20,00	4,10	0,57
materiaalien puhtaanapito...	-	-	-	-	4x	40,00	-	-	6x	60,00	4,20	1,03
tilojen puhtaus / pölyttömy...	3x	30,00	5x	50,00	1x	10,00	1x	10,00	-	-	2,00	0,94
ilmanvaihtokanavien tasap...	4x	40,00	3x	30,00	2x	20,00	-	-	1x	10,00	2,10	1,29

Taulukko 6. Käyttöönotossa tärkeimmät asiat.

Kyselytutkimuksen tuloksista voidaan päätellä kaikkien esitettyjen asioiden olevan suunnilleen yhtä tärkeitä. Siivouksen laadun varmistaminen kuitenkin nousi niukasti tärkeimmäksi seurattavaksi asiaksi korjauksen jälkeisessä käyttöönotossa, joka voidaan todeta taulukosta 7.

7 Mitä on tärkeintä seurata sisäilmakorjauksen jälkeen? *

Osallistujamäärä: 10

	1.		2.		3.		Ø	±
	Σ	%	Σ	%	Σ	%		
siivouksen laatua	4x	40,00	3x	30,00	3x	30,00	1,90	0,88
olosuhteita kuten hiilidioksidi, sisä...	3x	30,00	5x	50,00	2x	20,00	1,90	0,74
ilmanvaihdon toimivuutta ja kanavi...	3x	30,00	2x	20,00	5x	50,00	2,20	0,92

Taulukko 7. Jälkiseurattavat asiat.

Tärkeimmäksi olosuhdeseurannan muodoksi nousi ylivoimaisesti, että remontoitavaa kohdetta seurataan ennen ja jälkeen korjauksen. Enemmistö

vastaajista myös piti ennakoivaa seurantaan jälkiseurantaan tärkeämpänä, joka voidaan todeta taulukosta 8.

8 Milloin olisi järkevintä seurata rakennuksen olosuhteita? (hiilidioksidi, sisäilman kosteus ja -lämpötila)
Osallistujamäärä: 10

	1.		2.		3.		Ø	±
	Σ	%	Σ	%	Σ	%		
jälkiseurantana	2x	20,00	3x	30,00	5x	50,00	2,30	0,82
ennakoivana seurantana	-	-	6x	60,00	4x	40,00	2,40	0,52
ennen ja jälkeen sisäilmakorjaukse..	8x	80,00	1x	10,00	1x	10,00	1,30	0,67

Taulukko 8. Olosuhdeseuranta.

8.2 Johtopäätökset

Tutkimustulosten mukaan on yleistä, että sisäilmakorjausprosessi käynnistetään käyttäjien ilmoitusten, mikrobi- tai kosteusvaurioepäilyn, tunkkaisen sisäilman tai hajun vuoksi. Tulos ei ole yllättävä, sillä useasti tapah-tuma ketju saattaa alkaa rakenteen kostumisesta, joka luo edellytykset mikrobikasvustolle. Aikansa rakenteissa vaikutettuaan mikrobit, homeitiöt jne. kulkeutuvat sisäilmaan altistaen tilojen käyttäjiä. Tästä syystä luultavasti ensimmäinen kuntoarviointi suoritetaan juuri aistinvaraisin menetelmin.

Rakenteiden tiiveys mainittiin yhtenä tärkeimpänä osatekijänä sisäilma-ongelmien syntyyn. Kuten edellisessä kappaleessa jo esitettiin, ilmavuotoreittien mukana sisäilmaan kulkeutuu mikrobeja, homeitiöitä jne. Siivouksen taso vaikuttaa myös sisäilman laatuun. Pöly nousee ilmavirtojen mukana sisäilmaan ja voi kulkeutua hengityselimiin. Yleisesti hankalasti siivottavat paikat jäävät siivoamatta sekä yläpölyt tulisi myös aika ajoin puhdistaa.

Suunnittelijaksi valikoituu yleisimmin sopimuskumppani. Suunnittelijaa valitessa tulisi kuitenkin varmistua, että käytettävällä suunnittelutoimistolla olisi tarjota suunnittelija, jolla on kokemusta korjausrakentamisen lisäksi myös sisäilmaongelmista. Suomessa ei ole suoraan määritelty sisäilmakorjauksen suunnittelulle pätevyysvaatimuksia, mutta esimerkiksi PKSRavan ohjeistuksen mukaan koulu- ja päiväkotirakennuksien sijoittuvat rakennusfysikaalisen suunnittelun osalta vaatimaan luokkaan.

Toteutustapaan vaikuttaa, miten laajasta korjauksesta on kyse. Osittaisia korjauksia saattaa olla mahdollista tilasta riippuen tehdä rakennuksen ollessa käytössä. Osittaisia korjauksia voidaan suorittaa esim. kouluihin ja päiväkoteihin lomien aikana tilojen ollessa tyhjillään, mutta suuren korjausasteen remontti vie enemmän aikaa ja silloin väistötilojen merkitys kasvaa. Korjausta suunnitellessa voidaan miettiä, kuinka paljon on järkevää sijoittaa rahaa kohteen korjaamiseen pitkän tähtäimen suunnitelman edellyttämät korjaukset mukaan lukien.

Sisäilmakorjauksessa ainoa järkevä tiedotusketju on urakoitsijalta rakennuttajalle ja rakennuttajalta käyttäjälle. Tässä täytyy kuitenkin muistaa, että mahdollisimman hyvän lopputuloksen kannalta on erityisen tärkeää tiedon kulkeutuminen ketjun molempiin suuntiin.

Käyttöönottovaiheessa remontoitujen tilojen tulee olla puhtaita ja pölyttömiä, myös yläpölyt olisi hyvä puhdistaa sisäilmakorjauksen yhteydessä. Ilmanvaihdon tulee olla tasapainossa tilojen välillä ja hieman alipaineinen ulkoilmaan nähden.

Tärkeimmäksi seurattavaksi asiaksi sisäilmakorjauksen jälkeen nousi siivouksen laadun varmistaminen. Tämä mielestäni kertoo, että siivouksen taso on yleisesti riittämätön. Tähän apukeinona voisi olla opinnäytetyössä mainittu auktorisoitu siivouksen tarkastus, jossa ulkopuolinen taho tarkastaa siivouksen tason riittävyden. Olosuhteita seurattaessa esim. luokahuoneessa, voidaan saada tietoa korjauksen onnistumisesta.

Tärkein olosuhdeseuranta muoto oli seurata olosuhteita kohteessa ennen ja jälkeen remontin. Mielestäni tämä on kaikista järkevin ratkaisu, koska silloin voidaan vertailla tietoa lähtötasoon ja saada sitä kautta lisää tietoa korjaustavan vaikutuksista sisäilman olosuhteisiin.

9 POHDINTA

Sisäilmaongelmiin vaikuttaa hyvin monet erilaiset osatekijät yksin ja yhdessä, siksi opinnäytetyön aiheen rajaaminen tuntui hankalalta. Monia asioita olisi hyvä nostaa esiin ja niistä olisi hyvä tietää, mutta opinnäytetyö on liian lyhyt riittävän kattavan tietopaketin aikaan saamiseksi.

Mielestäni opinnäytetyö antaa hyvän peruskäsityksen, miten sisäilmakorjaus prosessina toimii, mitkä asiat vaikuttavat sisäilmaongelmien syntymiseen, hieman tietoa miten rakennuksen kuntoa lähdetään arvioimaan ja tutkimaan sekä millaisilla menetelmillä tutkimuksia tehdään.

Materiaalia opinnäytetyötä varten kahlatessani huomasin, että sisäilmaongelmista löytyy melko paljon tietoa ja ohjeistusta, miten ja miten niitä voidaan lähteä tutkimaan. Lisäksi ympäristöministeriöltä löytyy hyvä ohjeistus kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjaustavoista. Yhtenäisiä säädöksiä puuttuessa olisi hyvä NCC:n sisällä tehdä lisätutkimusta siitä, miten hyvin erilaisilla korjausratkaisuilla on onnistuttu ongelmien poistamisessa mm. olosuhdeseurantaa hyväksi käyttäen, luoda yritykselle yhteinen toimintamalli ja käyttää hyödyksi kokeneempien työjohtajien tietotaitoa luomalla jonkinlainen info- kansio tärkeimmistä tiedoista ja kokemuksista. Palautteen, tiedon ja kokemuksen pohjalta voidaan luoda NCC:lle oppimiskulttuuri, jonka avulla prosessia voidaan kehittää jatkuvasti.

LÄHTEET

Holmström J., Kantola J., Kauriinvaaha E., Kettunen A-V., Komulainen J., Laamanen P.O., Laine K., Makkonen H., Niemi S., Pitkäranta M., Saarinen J., Sandström V., Tuovinen H. & Viljanen K. (2016). *Ympäristöopas, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus*. Helsinki: Ympäristöministeriö.

LVI 03-10429 (2008). *Työselostuksen laatiminen, ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus ja säätö*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/12273#page=1>

LVI 40-10572 (2016). *Rakennusautomaatiosuunnittelun huolehtimis- ja vastuurajat*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/11813#page=1>

LVI39-10409 (2007). *Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastus*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/10859#page=1>

Rakennustieto Oy. (2011). *Korjaushankkeen osapuolet ja osapuolten välinen yhteistyö*. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/17466#page=1>

Rakennustieto Oy. (2016). *Sisäilmasto-ongelman selvittäminen, tilaajan ohje*. Haettu 13.3.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/8016#page=1>

Rakennustieto Oy. (n.d.). *Yleisiä rakennuksen kosteuden lähteitä ja vaurioiskeitä* (Rakennustieto Oy n.d.) Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/6560#page=1>

Ratu 1215-S (2006). *Työmaan laadunvarmistus, tarkastukset ja mittaukset*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/18389#page=1>

Ratu KI-6033 (2018). *Rakennushankkeen kustannushallinta*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/25139#page=1>

Ratu KI-6019 (2011). *Korjaustöiden laatu*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/17466#page=1>

RT 07-11299 (2018) *Sisäilmastoluokitus, sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/24863#page=1>

RT 10-11302 (2018). *Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely tehtävät ja dokumentointi*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/24978#page=1>

RT 14-11197 (2015). *Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/6839#page=1>

RT 14-11239 (2016). *Rakennuksen lämpökuvaus*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/22064#page=1>

RT 18-10713 (1999). *Toimitilakiinteistön huoltokirjan laadinta*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://docplayer.fi/61393518-1-johdanto-huoltokirja-on-kiinteistokohdaintainen-asiakirjakokonaisuus.html>

RT 56-10831 (2004). *Asuinrakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjaus ja -parannus*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/529#page=1>

RT 80-10712 (1999). *Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot korjauskenttäminen*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/6560#page=1>

RT 82-0383 (2011). *Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkumenetelmät*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/17471#page=1>

RT RT91-10970 (2009). *Puhtaudenhallinnanhuomioonottaminen rakennussuunnittelussa*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/6293#page=1>

Salomaa M. (2016). *Miksi remontit menevät pieleen?* Helsingin Sanomat 4.5.2016. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000002899500.html>

Seppänen, O. & Seppänen, M. (2010). *Rakennuksen sisäilmasto ja LVI-tekniikka*. Espoo: SIY Sisäilmatieto OY.

Sisäilmayhdistys. (n.d.) *Ilmanvaihdon perusteet*. Haettu 11.2.2020 osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet>

Sisäilmayhdistys. (n.d.). *Ongelmien tutkiminen, perusperiaatteet*. Haettu 13.2.2020 osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Perusperiaatteet>

Sisäilmayhdistys. (n.d.). *Ongelmien tutkiminen, tarvittavat lähtötiedot*. Haettu 13.2.2020 osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Tarvittavat-lahtotiedot> haettu 13.2.2020

Sisäilmayhdistys. (n.d.). *Sisäilman tekijät*. Haettu 14.2.2020 osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Sisailman-tekijat>

Sisäilmayhdistys. (n.d.). *Yleisimmät sisäilmaongelmat*. Haettu 13.2.2020 osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Yleisimmat-sisailmaongelmat>

Sosiaali- ja terveysministeriö. (2003). *Asumisterveysopas*. Pori: Ympäristö ja Terveys-lehti.

Sosiaali- ja terveysministeriö. (2015). *Asumisterveysasetus*. Haettu 9.3.2020 osoitteesta <https://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>

Tikkanen E., Hekkanen M., Rantamäki., Tikkanen I. & Tulla K. (1997) *Kosteus ja Homevaurioituneen rakennuksen korjaus*. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Valvira. (2016). *Asumisterveysasetuksen soveltamisohje osa IV*. Helsinki. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohje+osa+IV.pdf/cdfaaa39-d2e5-4bd6-b9e9-6d9c0f60bff6>

Ympäristöministeriö. (2019). *Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus*. Haettu 5.3.2020 osoitteesta https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161855/YM_2019_18_211019.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Liite 1: Kyselytutkimus sisäilmakorjauksista
1/3

ONNISTUNEEN SISÄILMAKORJAUKSEN PROSESSI

Atte Veijola

Aseta mielestäsi tärkeysjärjestykseen niin, että ensimmäinen on tärkein.

1 Sisäilmakorjaukseen ryhdytään yleisimmin?

- | | |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | käyttäjien ilmoitusten vuoksi |
| <input type="checkbox"/> | hajun tai tunkkaisuuden vuoksi |
| <input type="checkbox"/> | ilmanvaihtoon liittyvien ongelmien vuoksi |
| <input type="checkbox"/> | kosteusvaurion tai -epäilyn vuoksi |
| <input type="checkbox"/> | mikrobivaurion tai -epäilyn vuoksi |

2 Sisäilmaongelmien syntyyn eniten vaikuttaa?

- | | |
|--------------------------|---------------------|
| <input type="checkbox"/> | ilmanvaihto |
| <input type="checkbox"/> | materiaalit |
| <input type="checkbox"/> | rakenteiden tiiveys |
| <input type="checkbox"/> | kosteus |
| <input type="checkbox"/> | siivouksen taso |

3 Korjauksen suunnittelijan valintaan vaikuttaa eniten?

- | | |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | hinta |
| <input type="checkbox"/> | suunnittelijan kokemus sisäilmakorjauksista |
| <input type="checkbox"/> | rakennusfysiikan tuntemus |
| <input type="checkbox"/> | yhteistyökumppanuus/ sopimukset |
| <input type="checkbox"/> | yritys, jolla aikaa suunnitella |
| <input type="checkbox"/> | riittävästi omaa tietotaitoa, ei tarvitse ulkopuolista suunnittelua |

Liite 1: Kyselytutkimus sisäilmakorjauksista
2/3

ONNISTUNEEN SISÄILMAKORJAUKSEN PROSESSI

Atte Veijola

4 Sisäilmakorjauksen toteutustapaan vaikuttaa eniten? (puretaan/korjataan/muut toimenpiteet)

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | onko väistötiloja riittävästi |
| <input type="checkbox"/> | kustannukset |
| <input type="checkbox"/> | aikataulu |
| <input type="checkbox"/> | vaadittavan korjauksen laajuus |
| <input type="checkbox"/> | PTS aikataulu |
| <input type="checkbox"/> | Totutut toimintatavat |

5 Hyvän sisäilmakorjauksen tiedotusketju?

- | | |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | urakoitsija > rakennuttaja > käyttäjä |
| <input type="checkbox"/> | urakoitsija ja rakennuttaja > käyttäjä |
| <input type="checkbox"/> | urakoitsija > käyttäjä |
| <input type="checkbox"/> | rakennuttaja, urakoitsija > käyttäjä |
| <input type="checkbox"/> | rakennuttaja > käyttäjä |

6 Remontin jälkeisessä käyttöönotossa tärkeintä on?

- | | |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | Ilmanvaihtokanaviston puhtaus |
| <input type="checkbox"/> | laitteiston toiminnan opastus huollolle |
| <input type="checkbox"/> | materiaalien puhtaanapito ohjeistus siivoojille |
| <input type="checkbox"/> | tilojen puhtaus/ pölyttömyys |
| <input type="checkbox"/> | ilmanvaihtokanavien tasapainotus / säätö |

Liite 1: Kyselytutkimus sisäilmakorjauksista
3/3

ONNISTUNEEN SISÄILMAKORJAUKSEN PROSESSI

Atte Veijola

7 Mitä on tärkeintä seurata sisäilmakorjauksen jälkeen?

siivouksen laatua

olosuhteita kuten hiilidioksidi, sisäilman kosteus ja -lämpötila, paine erot.

ilmanvaihdon toimivuutta ja kanavistojen puhtautta

8 Milloin olisi järkevintä seurata rakennuksen olosuhteita? (hiilidioksidi, sisäilman kosteus ja -lämpötila, paine-erot)

jälkiseurantana

ennakoivana seurantana

ennen ja jälkeen sisäilmakorjauksen

Liite 2: Sisäilmakorjauksen prosessikaavio

