

Tommi Varjo

KOULUJEN SISÄILMAONGELMAT JA RAKENNUKSIEN
ILMAVUODOT

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
2019

KOULUJEN SISÄILMAONGELMAT JA RAKENNUKSIEN ILMAVUODOT

Varjo, Tommi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Joulukuu 2019
Sivumäärä: 49
Liitteitä: 1

Asiasanat: sisäilmaongelmat, ilmavuodot, tiivistyskorjaus

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin teorian kautta rakennuksen sisäilmaongelmia sekä ilmavuotoja, ja tarkasteltiin lähemmin koulujen sisäilmaongelmia sekä rakennuksen ilmavuotojen korjausmenetelmää.

Opinnäytetyössä rajattiin rakennuksen sisäilmaongelmien tutkiminen niihin vaikuttaviin merkittäviin tekijöihin, kun taas puolestaan koulujen sisäilmaongelmien tarkastelu rajattiin pääosin lehti- ja uutisartikkeleiden ja oman pohdinnan kautta tehtävään tarkasteluun.

Opinnäytetyössä rajattiin rakennuksen ilmavuotojen tutkiminen niitä aiheuttaviin paine-eroihin, kun taas puolestaan rakennuksen ilmavuotojen korjausmenetelmänä toimivan sisäilman tiivistyskorjauksen tarkastelu rajattiin sen yleisperiaatteen tarkasteluun sekä sen eliniän, kannattavuuden, käyttötarkoitusten sekä niissä onnistumisen vaatimusten pohdintaan.

INDOOR AIR PROBLEMS OF SCHOOLS AND AIR LEAKS OF BUILDINGS

Varjo, Tommi

Satakunta university of applied sciences

Degree programme in building and civil engineering

December 2019

Number of pages: 49

Appendices: 1

Keywords: indoor air problems, air leaks, sealing repair

ABSTRACT

In this thesis, the indoor air problems and air leaks of buildings were researched through theory, and indoor air problems of schools and a repair method for air leaks of buildings were reviewed with a closer examination.

This thesis was done with limiting the research of indoor air problems into the matters that significantly affect them, while in turn the review of indoor air problems in schools was limited to be done mainly through magazine and news articles and through reviewing the matter with my own pondering.

This thesis was done with limiting the research of air leaks in buildings into the pressure differentials which causes them, while in turn the review of the indoor air sealing repair method, which acts to prevent the air leaks of buildings, was limited to be done through reviewing its general principle and through pondering upon its lifespan, viability, usable applications and requirements of succeeding.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	MÄÄRITELMÄT	7
3	RAKENNUKSEN SISÄILMAONGELMAT.....	8
3.1	Rakennuksen sisäilma ja sisäilmaongelmien aiheuttajia	8
3.1.1	Sisäilman fysikaaliset tekijät	9
3.1.2	Lämpötila	9
3.1.3	Vetoisuus	10
3.1.4	Kosteus	10
3.2	Sisäilman hiukkasmaiset epäpuhtaudet.....	12
3.2.1	Huonepöly	12
3.2.2	Epäorgaaniset kuidut	12
3.2.3	Asbestikuidut	13
3.2.4	Mikrobit	13
3.3	Sisäilman kaasumaiset epäpuhtaudet.....	14
4	KOULUJEN SISÄILMAONGELMAT.....	16
4.1	Sisäilmaongelmien yleisimmät aiheuttajat	16
4.2	Tarkastelu koulujen sisäilmaongelmiin vaikuttavista asioista.....	18
4.2.1	Ilmanvaihtotavan muuttaminen moderniksi	18
4.2.2	Huollon ja ylläpidon laiminlyönti	20
4.2.3	Tiedon lisääntyminen vaikuttaa havaittujen ongelmien määrään	23
4.3	Tarkastelu sisäilmaongelman selvittämisestä ja sen vaaroista.....	24
4.3.1	Sisäilmaongelman selvittäminen vaiheittain	24
4.3.2	Potentiaalisten virheiden vaarat sisäilmaselvityksissä	25
4.3.3	Virheellisten lähtötietojen vaarat sisäilmaselvityksissä	28
5	RAKENNUKSEN ILMAVUODOT	30
5.1	Rakennuksen paine-erot ja epätiiveyskohdat.....	30
5.2	Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttavat tekijät	31
5.2.1	Rakennuksen ilmatiiveys ja ilmavuodot.....	31
5.2.2	Ilmanvaihtojärjestelmä ja ilmavuodot	34
5.2.3	Savupiippuvaikutus ja ilmavuodot	36
5.2.4	Tuulenpaine ja ilmavuodot	37
5.3	Ilmavuotojen aiheuttaman tilanteen parantaminen	38

6 RAKENNUKSEN ILMAVUOTOJEN KORJAUSMENETELMÄ: SISÄILMAN TIIVISTYSKORJAUS	39
6.1 Sisäilman tiivistyskorjauksen elinikä ja siitä puuttuvat näytöt	40
6.2 Sisäilman tiivistyskorjauksen kannattavuus ja käyttötarkoitukset.....	42
6.3 Sisäilman tiivistyskorjauksen onnistumisen vaatimukset.....	43
7 YHTEENVETO	45
LÄHTEET	47
LIITTEET	50
Liite 1: Sisäilmaongelman selvittäminen vaiheittain	50

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena ovat rakennuksen sisäilmaongelmat ja niiden tarkastelu koulujen osalta sekä lähempään tarkasteluun valitut rakennuksen ilmavuodot ja niiden korjausmenetelmänä toimiva sisäilman tiivistyskorjaus.

Tämä opinnäytetyö on tutkimuksellinen ja pohdinnallinen työ, missä tarkastellaan siihen valittuja aiheita pääasiallisesti teorian sekä lehti- ja uutisartikkeleiden kautta. Työn tukena käytetään kirjallisia ja internetistä peräisin olevia lähteitä.

Opinnäytetyön tavoitteena on sisäilmaongelmien kohdalla tutkia sisäilmastoon haitallisesti vaikuttavia tekijöitä ja sen jälkeen tarkastella koulujen sisäilmaongelmia lehti- ja uutiskirjoitusten kautta. Tavoitteena on myös tuoda asiassa esiin omaa pohdintaa niin yleisesti ottaen kuin tilanteen parantamisen kannaltakin ja myös kuvata lukijalle sitä, että miten haastava ja riskialtis prosessi sisäilmaongelman selvittäminen voi olla.

Opinnäytetyön tavoitteena on ilmavuotojen kohdalla tutkia ilmavuotoihin vaikuttavien paine-erojen syntymistä ja sen jälkeen tarkastella ilmavuotojen korjausmenetelmänä toimivaa sisäilman tiivistyskorjausta sen peruseriaatteen kautta ja myös pohtia tähän korjausmenetelmään liittyviä oleellisia asioita.

2 MÄÄRITELMÄT

”Homevaurio on kosteusvaurion tai liiallisen ja pitkäaikaisen kosteuden seurauksena syntynyt tilanne, jossa rakenteessa tai sen pinnassa on yleensä laajaa home-esiintymää, joka aiheuttaa mahdollisesti ympäristölle terveydellisiä tai muita haittoja.” (RIL 250-2011, 223)

Ilmavuodoilla taikka vuotoilmalla tarkoitetaan rakennuksen sisäilman ja ulkoilman välisestä vallitsevasta paine-erosta johtuvaa hallitsematonta korvausilman kulkeutumista rakenteiden epätiiveyskohtien läpi. (Seuri ja Palomäki 2000, 19-20)

Julkisrakennus tarkoittaa julkista rakennusta, tarkemmin julkisessa käytössä olevaa rakennusta, esimerkiksi koulua. (finto www-sivut 2018)

”Kosteusvaurio tarkoittaa liiallisesta tai pitkäaikaisesta kosteudesta aiheutuvaa materiaalin tai rakenteen kosteussietokyvyn ylittymistä ja ominaisuuksien muuttumista siten, että rakenne tai rakenteenos tulee korjata tai vaihtaa.” (RIL 250-2011, 223)

”Sisäilma on sisätiloissa hengitettävä ilma, jossa ilman perusosien lisäksi saattaa olla eri lähteistä peräisin olevia kaasumaisia ja hiukkasmaisia epäpuhtauksia.” (Sisäilmayhdistys www-sivut, 2008)

Sisäilman tiivistyskorjauksella tarkoitetaan rakennuksen sisäkuoren epätiiveyskohtien kautta kulkeutuvien merkittävien sisäilman laatua heikentävien ja oireita aiheuttavien epäpuhtauksien estämistä tekemällä epätiiveyskohdat ilma-, höyry- tai kaasutiiviiksi. (Asikainen ja Peltola 2008, 231)

”Sisäilmasto-ongelma on terveyttä tai turvallisuutta vaarantava puute tai ongelma rakennuksessa. Tilojen käyttäjien oireilu tai epäviihtyvyys voi johtua monenlaisista sisäilmasto-ongelmista tai näiden yhteisvaikutuksesta.” (Työterveyslaitos, 2009)

3 RAKENNUKSEN SISÄILMAONGELMAT

3.1 Rakennuksen sisäilma ja sisäilmaongelmien aiheuttajia

Sisäilmalla tarkoitetaan rakennuksen sisätiloissa hengitettävää ilmaa. Sisäilma muodostuu ilman perusosien lisäksi mahdollisesti eri lähteistä peräisin olevista epäpuhtauksista. (Sisäilmayhdistys www-sivut, 2008) Sisäilmastolla tarkoitetaan rakennuksessa vaikuttavien kemiallisten, fysikaalisten ja mikrobiologisten olosuhteiden muodostamaa kokonaisuutta. (Ympäristöministeriön asetus 1009/2017, 1 luku 2 §) Sisäilmasto muodostuu sisäilmasta ja siihen vaikuttavista fysikaalisista tekijöistä. Sisäilmastoon vaikuttavia tekijöitä ovat sisäilman kaasumaiset epäpuhtaudet, sisäilman hiukkasmaiset epäpuhtaudet, lämpötila, kosteus, ilman liike, säteily, valaistus ja melu. Sisäilma on silloin hyvää, kun suurin osa rakennuksen käyttäjistä on tyytyväisiä sen laatuun, ja jos sen haittatekijät eivät aiheuta terveydellistä vaaraa. (Sisäilmayhdistys www-sivut, 2008)

Kun kysytään, että miten rakennuksen sisäilma määritellään ja rajataan, niin vastaus löytyy yleisesti kahdesta sisäilman määritelmästä. Ensimmäinen määritelmä kattaa kaiken rakennuksen sisällä olevan ilman sisäilmaksi, mikä rajoittuu rakenteiden rajamalle alueelle. Tällöin kaikki rakennuksiksi luokiteltavat erilaiset rakennustyypit sisältävät siis sisäilmaa, olivat ne sitten kouluja, teollisuushalleja, toimistoja, karjasuojia, asuntoja tai varastoja. Toinen määritelmä muodostuu ensimmäisestä määritelmästä, mistä on rajattu pois sellaiset tilat, mistä aiheutuu tuotannollisesta tai muusta poikkeavasta toiminnasta johtuvia päästöjä. (Seuri ja Palomäki 2000, 15-16) Yleisesti ottaen sisäilmasta käytetään siis jälkimmäistä määritelmää, ja sitä käytetään myös tässä opinnäytetyössä. Sen käyttämisen perusteluina on se, että esimerkiksi karjasuojien sisäilma ei laadullisesti kelpaa kouluihin. Tällöin normaalin sisäilmaluokittelun ja sen toimenpiderajojen asettamisen kannalta on järkevää, ettei päästöjä aiheuttavat rakennukset ole vaikuttamassa niihin. Sen sijaan näillä päästöjä aiheuttavilla rakennuksilla on omat sisäilman tavoitteensa ja rajansa. (Seuri ja Palomäki 2000, 16)

Rakennuksen sisäilmaongelmien tavanomaisimpia aiheuttajia ovat sisäilmastoon vaikuttavat tekijät haitallisessa muodossaan. Sisäilmastotekijöitä ovat sisäilman fysikaaliset tekijät, sisäilman hiukkasmaiset epäpuhtaudet ja sisäilman kaasumaiset epäpuhtaudet. (Sisäilmayhdistys www-sivut, 2008)

3.1.1 Sisäilman fysikaaliset tekijät

Sisäilman fysikaaliset tekijät eivät ole hiukkasmaisten ja kaasumaisten tekijöiden kaltaisesti epäpuhtauksia, vaan ne ovat lähinnä sisäilman viihtyvyyteen vaikuttavia tekijöitä. Sisäilman merkittäviä fysikaalisia tekijöitä ovat sen lämpötila (ilman lämpötila ja sen eroavaisuudet), vetoisuus (ilmavirtaukset ja niiden nopeus) sekä kosteus (suhteellinen kosteus ja tiivistyminen). (Sisäilmayhdistys www-sivut 2008)

3.1.2 Lämpötila

Sisäilman lämpöolot vaikuttavat oleellisesti tiloissa olevan ihmisen viihtyvyyteen ja toimintakykyyn. Sisäilman lämpöoloihin vaikuttavat huonelämpötila, rakenteiden pintalämpötilat, ilman liikenopeus, vetoisuuden tunne ja kosteuspitoisuus. Haasteellista sisäilman lämpötilassa on sen pitäminen sopivalla tasolla ja myös tasa-arvoisena rakennuksen eri osissa, varsinkin vuodenaikojen lämpötilaolosuhteiden vaihtelujen takia. Eri vuodenaikoina yleisimmäksi lämpötilaongelmaksi voi muodostua sisäilman liian korkea taikka liian matala lämpötila. (Sisäilmayhdistys www-sivut 2008) (Siikainen 2014, 198-200)

Koulurakennuksien sisäilman lämpötilan tulee olla lämmityskauden ulkopuolella 20-32 asteessa ja lämmityskauden aikana 20-26 asteessa. Sisäilman lämpötila mitataan noin 1,1 metrin korkeudelta lattiasta. Lisäksi vuodenaajoista riippumatta koulurakennuksen sisäilmassa seinäpinnan alin sallittu lämpötila on 16 astetta ja lattiapinnan alin sallittu lämpötila on 19 astetta. (Asumisterveysasetus 545/2015, 6 §, liite 1)

Talvella liian matalan tai korkean lämpötilan lisäksi ongelmaksi voi muodostua myös sisäilman ja rakenteiden pintojen väliset lämpötilaerot (edellä lainatun asumisterveysasetuksen mukaan sisäilman ja seinäpinnan lämpötilaeroksi sallitaan siis maksimissaan noin neljän asteen ero). Erityisesti ulkoilmaa vasten olevien seinärakenteiden pinnat saattavat kovilla pakkasilla olla sallitusta kylmempiä, mikä myös koetaan lämpötilaongelmaksi. (Siikanen 2014, 202)

3.1.3 Vetoisuus

Sisäilman vetoisuuden tunne vaikuttaa tiloissa olevan ihmisen viihtyvyyteen ja toimintakykyyn. Vedon tunnetta määritellään yleensä ilman liikkeeksi, minkä aiheuttamana lämpö siirtyy pois ihmisen iholta liian voimakkaasti tai äkillisesti. Tähän iholla tapahtuvaan lämmönsiirtoon vaikuttavia tekijöitä sisäilmassa ovat vaihtelevat lämpötilat, aiheutuva lämpösäteily (sisäilman lämpötilasta poikkeavien rakenteiden pintalämpötilojen kylmyys) ja vaihtelevat ilmavirtaukset (ilmanvaihdon liian voimakas tulo- tai poistoilman ilmavirtaus). Vetoisuuden tunnetta voi aiheuttaa myös rakennuksen puutteellinen ilmatiiveys, minkä takia rakenteiden läpi kulkeutuu tietyissä olosuhteissa haitallisia ilmapuotoja. (Siikanen 2014, 203-205) (Seuri ja Palomäki 2000, 36)

3.1.4 Kosteus

Sisäilman kosteuspitoisuus vaikuttaa tiloissa olevan ihmisen viihtyvyyteen ja toimintakykyyn. Sisäilman kosteutta esitetään yleisesti suhteellisella kosteudella. Suhteellinen kosteus ilmaisee ilmassa olevan vesihöyryn määrää prosentuaalisesti verrattuna maksimaaliseen vesihöyryn määrään, mitä tietyssä lämpötilassa voi ilmassa olla ilman, että tapahtuu vesihöyryn tiivistymistä. Suhteellisen kosteuden saavuttaessa 100 %:n sisäilma on 'kylläinen' kosteudesta ja sen seurauksena ylimääräinen vesihöyry alkaa tiivistymään rakenteiden pinnoille taikka niiden sisälle (tiivistyminen tapahtuu ensisijaisesti ympäröivää ilmaa kylmemmille pinnoille tai niiden sisälle). Tätä kosteuden tiivistymistä kutsutaan veden kondensoitumiseksi. Suhteellisen kosteuden tavoitearvot ovat Suomessa kesällä 50-60 %:n ja talvella 20-40 %:n välillä. (Sisäilmayhdistys www-sivut 2008) (Siikanen 2014, 206-207)

Kesäaikaan suhteelliset kosteudet pysyvät melkein itsestään hyvällä tasolla, joskin silloinkin pitää varoa pitkäaikaisia ylimääräisiä kosteuskuormituksia (mm. vesivahingot). Pitkäaikaisista ylimääräisistä kosteuskuormituksista aiheutuvat korkeat suhteellisen kosteuden arvot voivat aiheuttaa homesienten kasvua (pitkäaikainen 70-80 %:n suhteellinen kosteus) ja lahovaurioiden syntymistä (pitkäaikainen 90 %:n suhteellinen kosteus). (Sisäilmayhdistys www-sivut 2008)

Talvella tilanne on haastavampi, koska kylmä ulkoilma sisältää vain hyvin vähän kosteutta, vaikka sen suhteellinen kosteus onkin korkea (pakkasilmassa vesihöyryn maksimaalinen määrä on pienempi kuin lämpimässä sisäilmassa, jolloin pienikin kosteusmäärä pakkasilmassa tarkoittaa sen korkeaa suhteellista kosteutta). Pakkasilma siirtyy sisäilmaan ilmanvaihdon tuloilman kautta, missä sitä lämmitetään sisäilmaan sopivaksi. Tällöin ulkoa otettu ilma sisältää edelleen vain hyvin vähän kosteutta, mutta sen aikaisemmin korkea suhteellinen kosteus muuttuu lämpimässä sisäilmassa matalaksi (johtuen lämpimän sisäilman kyvystä sitoa enemmän kosteutta itseensä). Eli siis talvella ongelmaksi ei muodostu kosteuden tiivistyminen pinnoille, vaan sisäilman liian matala suhteellinen kosteus (alle 20 %), mikä aiheuttaa haitan tunnetta, sisäilman liiallista kuivuutta. (Seuri ja Palomäki 2000, 37-38) (Siikanen 2014, 206-207)

Ilmanvaihdolla on myös merkitys sisäilman kosteuteen. Sen tehtävänä on kosteusteknisesti lähinnä poistaa ylimääräistä kosteutta tai mahdollisesti talviolosuhteissa tarvittaessa kostuttaa ilmaa. Rakennuksen alitehoinen ilmanvaihto ei kykene riittävästi poistamaan ylimääräisestä kosteuskuormituksesta aiheutuvaa kosteutta, mahdollisesti johtaen kosteuden tiivistymiseen kylmille pinnoille. (Seuri ja Palomäki 2000, 37-38)

3.2 Sisäilman hiukkasmaiset epäpuhtaudet

Sisäilman merkittäviä hiukkasmaisia epäpuhtauksia ovat huonepöly, epäorgaaniset kuidut, asbestikuidut ja mikrobit. Nämä voidaan vielä tarkennuksen vuoksi jakaa biologisiin ja ei-biologisiin hiukkasmaisiin epäpuhtauksiin. Huonepöly, epäorgaaniset kuidut ja asbestikuidut ovat ei-biologisia sisäilman hiukkasmaisia epäpuhtauksia, ja mikrobit puolestaan ovat biologisia sisäilman hiukkasmaisia epäpuhtauksia. (Sisäilmayhdistys www-sivut 2008) (Seuri ja Palomäki 2000, 46-49)

3.2.1 Huonepöly

Huonepöly tarkoittaa sisäilmassa esiintyvän leijuivan ja laskeutuvan pölyn kokonaisuutta. Huonepölyn koostumus muodostuu orgaanisesta ja epäorgaanisesta aineesta, ja se voi olla peräisin niin sisätiloista kuin rakennuksen ulkopuoleltakin. Pölyn määrä sisäilmassa liittyy suoranaisesti siivouksen säännöllisyyteen ja laatuun sekä ilmanvaihdon tehokkuuteen. (Sisäilmayhdistys www-sivut 2008) (Seuri ja Palomäki 2000, 48)

3.2.2 Epäorgaaniset kuidut

Epäorgaaniset kuituja ovat mm. lasikuidut ja mineraalivillakuidut. Mineraalivillakuidut ovat yleisiä rakennuksissa, sillä niitä käytetään ulkoseinien ja ylä- ja alapohjarakenteiden lämmöneristemateriaaleissa, ilmanvaihtokanavien lämpö-, äänen- ja paloeristemateriaaleissa, ilmanvaihtosuodattimissa ja huonetilojen äänenvaimennusmateriaaleissa kuten akustiikkalevyissä ja -paneeleissa. Mineraalivillakuituja irtoaa näistä eristeistä niiden vanhentuessa, koska villan sideaineena käytetty hartsi hajoaa ja eriste voi alkaa pölytä. Tämä ei itsessään ole vielä ongelma, jos eri eristeistä peräisin olevat mineraalivillakuidut eivät pääse suoraan vapaaksi sisäilmaan, vaan ne rajoittuvat umpinaisten rakenteiden, kuten seinärakenteen, sisälle. Puolestaan alas laskettujen kattojen taikka ilmanvaihtokanavien äänenvaimennusmateriaaleista ja tilojen akustiikkalevyistä irtoavilla epäorgaanisilla kuiduilla on useimmiten pääsy hengitettävään sisäilmaan. (Sisäilmayhdistys www-sivut 2008) (Seuri ja Palomäki 2000, 48-49)

3.2.3 Asbestikuidut

Asbesti on määritelmältään eräänlainen luonnon mineraalikuitu. Asbesti muodostuu kuitumaisista hiukkasista, ja sitä on menneisyydessä käytetty useanlaisissa rakennusmateriaaleissa. Täysin ehjät asbestia sisältävät materiaalit eivät itsessään aiheuta ongelmia, mutta materiaalin rikkoutuessa sen sisältämät kuituhiukkaset pääsevät vapautumaan ja aiheuttavat sisäilmaongelmia ja terveyshaittoja. Vaikka rakentamisessa aikoinaan käytetyt asbestituotteet ovatkin teoriassa turvallisia ehjinä, niin ne ovat silti liian riskialttiita ja vaarallisia käytettäväksi, minkä takia niiden käyttö onkin nykyään kielletty. Rikkoutuneet asbestia sisältävät materiaalit tulee välittömästi poistaa sisäilman vaikutuksesta asbestipurkutyönä. (Sisäilmayhdistys www-sivut 2008) (Seuri ja Palomäki 2000, 48)

3.2.4 Mikrobit

Mikrobit ovat monipuolisia, toisistaan poikkeavia eliöitä, millä on erinomainen lisääntymiskyky olosuhteiden sen salliessa. Sisäilman terveellisyyteen vaikuttavia merkittävimpiä mikrobeja ovat bakteerit, sädesienet ja sienet (homeet). Mikrobien kehitykseen vaikuttavat sisäilman ja rakenteiden kosteus- ja lämpöolot, saatavilla olevat ravinteet, vaurioituneen materiaalin ominaisuudet ja rakennemateriaalin sijainti rakennuksessa. Suurimpana vaikuttajana mikrobikasvun syntymiseen ovat käytetyt rakennusmateriaalit ja niiden kosteuspitoisuudet. (Sisäilmayhdistys www-sivut 2008) (Seuri ja Palomäki 2000, 46-47)

3.3 Sisäilman kaasumaiset epäpuhtaudet

Sisäilman kaasumaisten epäpuhtauksien lähteenä voi olla ulkoilma, toiminta sisätiloissa, ihminen itsessään tai rakennusmateriaalit. Niiden pitoisuudet sisäilmassa vaihtelevat yleensä nopeasti, ja syitä tälle on pääsääntöisesti kolme. Ensimmäinen syy on rakennustekniset vaikuttajat, kuten ilmanvaihto, mikä ilmaa liikuttamalla ja vaihtamalla vaikuttaa pitoisuuksiin. Toinen syy on rakennuksen sisätiloissa tapahtuva ajoittainen toiminta, mistä itsessään syntyy hetkellisesti kaasumaisia epäpuhtauksia (esim. asunnon kaasulieden tai tulisijan käyttö, toimistotilojen kopiokoneen käyttö, jne.). Kolmas syy on rakennuksen ulkopuolella tapahtuva ajoittainen toiminta, mistä syntyy kaasumaisia epäpuhtauksia (esim. liikenteen pakokaasut, teollisuuden päästöt, jne.), mitkä voivat tuulen mukana kulkeutua rakennuksen läheisyyteen ja sen jälkeen päästä sisäilmaan mm. rakenteiden epätiivelyskohtien ja ilmanvaihdon ottoilman kautta. (Seuri ja Palomäki 2000, 40)

Sisäilman kaasumaiset epäpuhtaudet jaetaan yleisesti ottaen epäorgaanisiin ja orgaanisiin kaasumaisiin yhdisteisiin.

Sisäilman epäorgaanisista kaasumaisista yhdisteistä merkittäviä ovat:

- Hiilidioksidi (syntyy mm. hiilipitoisten aineiden palamisesta ja ihmisten uloshengityksestä)
- Häkä (syntyy mm. epätäydellisestä palamisesta, liikenteen pakokaasuista ja tulisijoista)
- Otsoni (syntyy mm. hitsauksesta, kopiokoneista ja lasertulostimista)
- Rikkidioksidi ja muut rikkiyhdisteet sekä typen oksidit (syntyy mm. fossiilisten polttoaineiden palamisesta, liikenteen pakokaasuista ja kaasuliesistä)
- Ammoniakki (syntyy mm. rakennusmateriaalien hajoamisesta) (Seuri ja Palomäki 2000, 40-43)

Sisäilman orgaanisten kaasumaisten yhdisteiden kohdalla niiden pitoisuudet ovat yleensä riittävän vähäisiä, jotta niiden vaikutukset ovat hyvin pieniä tai lähes merkityksettömiä sisäilman kannalta, vaikka niitä voikin olla rakennuksen sisäilmassa määrällisesti jopa satoja erilaisia. Tästä syystä orgaanisia kaasumaisia yhdisteitä ei käsitellä syvällisemmin, mutta mainitaan niistä kuitenkin haihtuvat orgaaniset yhdisteet (englanniksi 'volatile organic compounds', lyhennettynä VOC). Haihtuviin orgaanisiin yhdisteisiin kuuluu esimerkiksi formaldehydi, mitä voi vapautua lakoista, maa-leista, liimoista, pinnoitteista, uusista kankaista ja kokolattiamatoista, eli siis konkreettisesti rakentamisessa käytettävistä pinnoitustuotteista. (Seuri ja Palomäki 2000, 43-46)

4 KOULUJEN SISÄILMAONGELMAT

Koulurakennuksen terveellisen sisäilman tunnusmerkkejä ovat miellyttävä lämpötila, riittävä ilmanvaihto, vähäinen pölymäärä sekä seuraavat: tilan ulkopuolinen melu ei häiritse tilassa olevia ja tilojen käyttäjät eivät koe vedon tunnetta taikka voimakkaita hajuja. (Sisäilmayhdistys www-sivut, 2008)

4.1 Sisäilmaongelmien yleisimmät aiheuttajat

Koulujen sisäilmaongelmien yleisimmistä aiheuttajista löytyy tietoa rakennuslehden kirjoituksesta 'Pitääkö rakennus korjata ympäristöherkkien ehdoilla vai riittääkö, että valtaosa on tyytyväisiä'. Kirjoituksessa esitetään Vantaan kaupungin tekemän selvityksen tuloksia, missä on analysoitu tärkeimmät sisäilmaongelmien aiheuttajat kaupungin koulurakennuksista, joissa on raportoitu ongelmista.

Selvityksen perusteella yleisimmät sisäilmaongelmien aiheuttajat kouluissa olivat:

- ”1. Rakenteiden ja rakennuspohjan epäpuhtaudet (ilmavuodot)*
- 2. Muovimattopäällysteiset betonilattiat (bakteerikasvu, VOC)*
- 3. Mineraalivillakuidut (vaimennuslevyistä)*
- 4. Huonepöly ja muut pienhiukkaset (siivouksen puute)*
- 5. Likaiset ilmanvaihtosuodattimet (bakteerikasvu)*
- 6. Kemikaalit (puhdistusaineista)*
- 7. Rikkivety (viemäreistä ja kipsistä)*
- 8. Liian kuiva ilma*
- 9. Liian lämmin ilma*
- 10. Rakenteiden kosteus- ja homevauriot (erityisesti maanvastaiset rakenteet)*
- 11. Riittämätön tai liian tehokas ilmanvaihto” (Mölsä 2017)*

Tässä työssä tullaan myöhemmin perusteellisesti keskittymään kohtaan 1. ilmavuodot.

Koulujen yleisimpien sisäilmaongelmien aiheuttajien listalta löytyy odotettavasti myös home, mitä epäillään ja nostetaan useasti otsikoihin, kun puhutaan sisäilmaongelmien aiheuttajista. Home on listalla kuitenkin vasta kymmenentenä. Median, uutisoinnin tai tavallisten ihmisten yleisien mielipiteiden kautta asia ei kuitenkaan vaikuta olevan näin. Koulurakennuksissa ilmapuodot, ilmanvaihdon riskiratkaisut ja ongelmat, mineraalivillakuidut sekä märkien betonilattioiden pinnoittaminen muovimatoilla ovat selkeästi yleisimmät sisäilmaongelmien aiheuttajat. Tietysti pitää huomioida, ettei näistä aiheuttajista suurin osa rakennusalan ulkopuolisista ihmisistä edes tiedä riittävästi, jotta he voisivat ymmärtää niiden merkittävän yhteyden sisäilmaongelmiin. On myös mahdollista, että hometta käytetään esimerkiksi median ja uutisoinnin taholta liiallisesti otsikoissa, kun puhutaan sisäilmaongelmista, mikä on saattanut edesauttaa vääristynyttä näkökulmaa.

Sisäilmaongelmien yleisimpiä aiheuttajia on myös selvitetty opinnäytetyössä 'Yleisimmät sisäilmaongelmia aiheuttaneet tekijät Kokkolan ja Pietarsaaren kaupunkien omistamissa rakennuksissa sekä rakennuksen sisäilmateknisen katsastuksen kehittäminen'. Tieto perustuu Kokkolan ja Pietarsaaren kaupunkien ongelmarakennuksiin. Tuloksina esitetään ongelmarakennuksista analysoidut yleisimmät sisäilmaongelmien aiheuttajat.

”Kokkolan kaupungin omistamissa tiloissa sisäilmaongelmia ovat aiheuttaneet eniten rakennusten ilmanvaihdon ongelmat (81 % ongelmarakennuksista), vaipparakenteiden tiiveysongelmat (81 %) sekä rakenteiden kosteus- ja mikrobiperäiset ongelmat (70 %). Lisäksi sisäilmaongelmia ovat aiheuttaneet erilaiset kemialliset yhdisteet (37 %), lämpötila ja melu (23 %), mineraalivillakuidut (23 %) ja tilojen siisteystason puutteet (21 %).” (Seikkula 2017)

”Pietarsaaren kaupungin omistamissa tiloissa sisäilmaongelmia ovat aiheuttaneet eniten rakennusten/tilojen ilmavaihdon ongelmat (96 % ongelmarakennuksista), vaipparakenteiden tiiveysongelmat (79 %) sekä rakenteiden kosteus- ja mikrobiongelmat (58 %). Lisäksi sisäilmaongelmia ovat aiheuttaneet erilaiset kemialliset yhdisteet (33 %), mineraalivillakuidut (29 %), lämpötila ja melu (17 %) ja tilojen siisteystason puutteet (13%).” (Seikkula 2017)

4.2 Tarkastelu koulujen sisäilmaongelmiin vaikuttavista asioista

4.2.1 Ilmanvaihtotavan muuttaminen moderniksi

Satakunnan Viikon pääkirjoituksessa 'Ei ole yhtä syytä' haastatellaan kahta oman alansa asiantuntijaa heidän näkemyksistään liittyen paljon puhuttavaan aiheeseen: miksi julkisrakennukset, kuten koulut, ovat niin sisäilmaongelmaisimpia. Toinen haastateltavista on porilaisen rakennusyrityksen (MVR-Yhtymä Oy) toimitusjohtaja, Rami Viitasaari, ja toinen Rauman kaupungin asumisterveyden terveystarkastaja Sami Stål.

Molempien haastateltavien vastauksista huomaa, että sisäilmaongelmat johtuvat lähes aina useista erilaisista syistä. Ensimmäisessä Viitasaaren kommentissa törmätään vanhan ja uuden rakentamisen eroavaisuuksiin, kun hän mainitsee painovoimaisen ilmanvaihdon käytön, ja miten sen tuomia ongelmia, kuten rakennuksessa vallitsevaa vaihtelevaa ja epätasapainoista ilmanvaihtoa yritettiin aikoinaan parantaa. Useimmiten käytetty ratkaisu oli asentaa rakennukseen koneellinen ilmanvaihto. (Silvast 2018)

Selvennys painovoimaisesta ja koneellisesta ilmanvaihdosta:

”Painovoimaisella ilmanvaihtojärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jonka toiminta perustuu pääasiassa korkeus- ja lämpötilaerojen sekä tuulen aiheuttamiin paine-eroihin siten, että sisäilma virtaa ulos rakennuksesta ja tilalle tulee ulkoilmaa ulkoilmalaitteiden kautta” (Ympäristöministeriön asetus 1009/2017, 1 luku 2 §)

”Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jolla ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen avulla ja tilalle tuodaan ulkoilmaa puhaltimen avulla” (Ympäristöministeriön asetus 1009/2017, 1 luku 2 §)

Painovoimainen ilmanvaihto, eli luonnollinen ilmanvaihto, oli vielä pitkälle viime vuosisadalla lähes yksinomaisen ilmanvaihtotapa Suomessa. Rakennusfysikaalisesti painovoimaisen ilmanvaihdon korvaaminen pelkästään koneellisella ilmanvaihdolla ilman muita toimenpiteitä on usein virhe, sillä useimmiten vanhat julkisrakennukset eivät ole tarpeeksi tiiviitä toimiakseen oikeanlaisesti koneellisen ilmanvaihdon ohella. Rakenteiden epätiiveyskohtien eli rakojen kautta, olivat ne sitten kuinka pieniä tahansa, pääsee ilma, ja sen mukana kulkeutuva kosteus, tietyissä olosuhteissa liikkumaan. Tällaisen olosuhteen pystyy riittävä paine-ero sisä- ja ulkoilman välillä luomaan. Jos sisätiloissa on suurempi paine kuin ulkona, niin ilma pyrkii liikkumaan epätiiveyskohtien läpi ulkopuolelle, ja lisäksi kosteus saattaa tiivistyä rakenteiden pinnoille. Jos sisätiloissa on puolestaan pienempi paine kuin ulkona, niin vaikutus on päinvastainen: ilma pyrkii ulkopuolelta liikkumaan epätiiveyskohtien läpi sisäpuolelle, tuodessaan samalla kosteutta mukanaan. Ilman ja kosteuden lisäksi haitalliset kaasut, mikrobikasvustot yms. epäpuhtaudet pääsevät mahdollisten epätiiveyskohtien kautta kulkeutumaan sisäilmaan sen alipaineisuuden takia. (Seuri ja Palomäki 2000, 19-20) (Asikainen ja Peltola 2008, 11)

Modernikaan ilmastointijärjestelmä ei kaikissa tilanteissa takaa oikeita paine-eroja.

”Rakennukset, joissa on koneellinen tulo- ja poistoilma, pyritään pitämään tasapainotilassa tai hieman alipaineisina. Tämä ei kuitenkaan aina ja kaikin ajoin onnistu tuulenpaineen, rakennuksen korkeuden, ilmanvaihtojärjestelmän kapasiteetin, toimintahäiriöiden tai laitteiston iän takia. Rakennus voi olla hetkittäin vahvastikin alipaineinen, jolloin rakenteen epätiiveyskohtien kuten liitosten, läpivientien, halkeamien tai vastaavien läpi tulee tarvittava korvausilma. Tätä hallitsematonta korvausilmaa nimitetään vuotoilmaksi. Jos vuotoilma tulee sellaisen rakenteen tai lämmöneristekerroksen läpi, jossa on mikrobikasvustoa, voivat mikrobikasvuston haitalliset tekijät joutua sisäilmaan ja sisäilmaa käyttävien henkilöiden hengitysteihin.” (Seuri ja Palomäki 2000, 19-20)

Sisätiloissa niin alipaineessa kuin ylipaineessakin on omia haittapuoliaan. Jos rakennus ei ole riittävän tiivis niin toimivin ratkaisu löytyy ilmastoinnin oikeasta tasapainosta.

”Alipaineisen rakennuksen ryömintätilasta, laatan alta tai ulkoseinien läpi tuleva korvausilma voi kuljettaa mukanaan epäpuhtauksia. Sisätilojen ylipaineella tällaiset virtaukset ovat estettävissä, mutta ylipaine voi taas aiheuttaa sisäilman kosteuden tiivistymistä rakenteisiin. Ilmanvaihdon oikea säätö ja käyttö korostuvat vanhoissa rakennuksissa, joissa korjausten jälkeenkin voi olla epäpuhtauksien lähteitä.” (Asikainen ja Peltola 2008, 11)

4.2.2 Huollon ja ylläpidon laiminlyönti

’Ei ole yhtä syytä’ kirjoituksessa Viitasaari mainitsee seuraavassa kommentissaan huollon ja ylläpidon laiminlyönnin. Tästä asiasta mainitsee myöhemmin haastattelussa myös Stål, painottaen erityisesti laiminlyöntiä uudemmissa rakennuksissa. (Silvast 2018)

Molempien mainitsemia huollon ja ylläpidon laiminlyöntejä voi tapahtua monenlaisista syistä. Useimmiten ne tapahtuvat samalla tavalla kuin rakennusvirheetkin. Niin rakentajat, talonmiehet, isännöitsijät, huoltoliikkeiden työntekijät taikka rakennuksen käyttäjätkin ovat kaikki vain ihmisiä ja tekevät virheitä. Inhimillisten virheiden ohella tietämättömyys, varsinkin rakennusalan ulkopuolisten henkilöiden kohdalla, on suuri riskitekijä virheiden sattumiselle.

Tietämättömyys rakennuksen toiminnasta niin fysikaalisesti kuin teknisestikin ja sen ylläpitämisen laiminlyönnin seurauksena voi hyväksi ja toimivaksi tehdyn rakennuksen pilata. Eikä tämä tietotaito kuulu pelkästään rakentajille tai isännöitsijöille, vaan mielestäni kaikkien aikuisten ihmisten tulisi saada oppia rakennuksien toiminnan perusteisiin. Voitaisiin kuitenkin väittää, että nykyään pakollinen huoltokirja korvaa jo tällaisen opetuksen. Siinähan määritellään mitä pitää huoltaa ja miten usein, jotta rakennus pysyy kunnossa. Ja näinhän se teoriassa toimii. Käytäntö on kuitenkin usein hyvin erilainen teoriasta.

Vuoden 2000 alusta lähtien huoltokirja on ollut pakollinen asumis- ja työskentelyrakennuksiin. ”Maankäyttö- ja rakennusasetuksessa määrätään, että käyttö- ja huolto-ohje (huoltokirja) on laadittava uudisrakennukselle, jota käytetään pysyvään asumiseen tai työskentelyyn. Sama koskee tällaisen rakennuksen korjaus- tai muutostyötä, joka edellyttää rakennuslupaa.” (Ymparisto www-sivut, 2013)

Yksi syy käytännön poikkeamiseen teoriasta on siinä, että Suomessa ei ole olemassa velvoitteita, että rakennuksen käyttäjien pitää noudattaa ja suorittaa huoltokirjassa mainittuja toimenpiteitä. Tietysti yksikään huoltokirjakaan ole täydellinen. Niissäkin voi olla virheitä ja ne voivat olla huonosti tai epäselvästi tehtyjä, mutta mielestäni ihmisten pakottaminen taikka valvominen huoltotöiden ja ylläpidon suorittamiseen ei myöskään ole ratkaisu. Se parantaisi tilannetta mutta loisi uudenlaisia ongelmia. Mielestäni paras ratkaisu on se, mistä jo aikaisemmin mainitsin, eli parannetaan ihmisten ymmärrystä rakennuksien toiminnasta: tieto vaikuttaa asenteeseen. Kun ihmiset tietävät mitä heidän vastuullaan olevan rakennuksen huoltotöiden laiminlyönneistä saattaa seurata, ottavat he vastuullisemman asenteen asian suhteen. Jos ei tiedä, että niin pienelläkin huoltotyöllä kuin kattokaivojen puhdistamisella voi olla iso vaikutus, jos sitä ei tehdä säännöllisesti ja riittävän usein, niin ei sen asian suorittamiseen lähdetä sille vaaditulla panostuksella.

Julkisissa rakennuksissa tällaiset huoltotyöt suorittavat kuitenkin lähes poikkeuksetta ne huoltoliikkeet (useimmiten) taikka talonmiehet (joissakin tapauksissa), eikä tavallinen rakennuksen käyttäjä, mikä tulee todennäköisesti jatkossakin pysymään samana. Rakennuksien käyttäjien tietoisuuden lisäämisellä olisi ainakin mahdollista saavuttaa pieniä parannuksia. Kouluissa ja myös muissa julkisrakennuksissa (esim. päiväkodeissa) työskentelevien ihmisten tietoisuutta ja ymmärtämistä rakennuksien toiminnan perusteisiin, käyttäytymiseen erilaisissa säätilanteissa ja vaurioiden tunnistamiseen voitaisiin lisätä, pelkästään jo sen takia, että rakennuksien kunnossa tapahtuvia muutoksia (esim. vaurioita) ymmärrettäisiin ja sitä kautta huomattaisiin helpommin ja nopeammin. Se puolestaan teoriassa tarkoittaisi pitkällä tähtäimellä mahdollisesti nopeampaa korjausprosessia ja lyhyempää altistumisaikaa rakennuksen käyttäjille.

Kymmenkunta tietävää silmäparia, jotka työskentelevät koulurakennuksessa päivittäin, huomaavat rakennuksen kuntoon liittyviä asioita moninkertaisesti tehokkaammin kuin esimerkiksi se talonmies yksinään.

Täysin toisenlainen ratkaisu huollon ja ylläpidon laiminlyöntien estämiseksi kouluissa löytyy mahdollisesti ylläpidon elinkaarimallista.

Elinkaarimallin kuvaus:

”Elinkaarimalli on korjaus- tai uudisrakentamisen julkisten investointihankkeiden ja niihin liittyvien palveluiden hankintatapa. Hankintamallista käytetään kansainvälisesti nimitystä Public Private Partnership (PPP). Elinkaarimallissa hankkeen toteuttaja (palveluntuottaja) vastaa tilaajalle vähintäänkin hankkeen suunnittelusta, rakentamisesta, ylläpidosta tai kiinteistöpalveluista pitkän sopimuskauden ajan. Sopimuskausi on yleensä 15–30 vuotta. Palvelusopimuksessa voidaan lisäksi sopia esimerkiksi käyttäjäpalveluiden toteuttamisesta sekä rahoituksen järjestämisestä.” (Rakennusteollisuus [www-sivut](#))

Elinkaarimallissa avainasemassa on kohteen valmistumisen jälkeen alkava urakoitsijan pitkäaikainen vastuuajakso, minkä aikana se vastaa tilaajalle rakennuksen ylläpidosta ja joissakin tapauksissa myös kiinteistö- ja käyttäjäpalveluista. Elinkaarihankkeissa urakoitsijan vastuu kohteen huollosta ylläpidosta voi ulottua jopa 30 vuoden päähän kohteen valmistumisesta. Tällöin jo kohteen suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa varmistetaan tavanomaisesti puutteellinen elinkaariajattelu ja pitkäkestoinen laatu. Elinkaarimallissa suunnittelu- ja rakennusvaiheessa luodaan valmiudet pitkäkestoiselle laadulle, minkä pohjalta vastuuajanjakson aikana ajankohtainen ja laadukas huolto ja ylläpito pystytään onnistuneesti toteuttamaan. (Rakennusteollisuus [www-sivut](#), 2017)

Rakennuslehden kirjoituksessa 'Kunnat ja hallitus suosisivat elinkaarimallia, mutta urakoitsijoiden tarjoushalukkuus on vähäistä' käsitellään mm. elinkaarimallin suosiota tilaajien ja urakoitsijoiden välillä. Elinkaarimallin mukaisesti toteutettavat uudishankkeet ovat osoittautuneet koulujen osalta suosituiksi sekä tilaajien että urakoitsijoiden osalta. Koulut muodostavatkin selkeän enemmistön kaikista elinkaarimallilla toteutetuista hankkeista. Puolestaan elinkaarimallin mukaisesti toteutettavat korjaushankkeet, myös koulujen osalta, ovat jääneet vaille tarjouksia. (Tompuri 2018)

”Elinkaarihankkeista suurin osa on uudisrakentamista. Kunnat haluaisivat mielellään teettää homekoulujen korjaukset elinkaarimallilla siihen sisältyvän vastuunsiirron takia. Urakoitsijoiden halu pitkäaikaiset ylläpitovastuut sisältäviin peruskorjauksiin on ollut kuitenkin varauksellinen. On käynyt selväksi, ettei urakoitsijan juuri ole mielekästä ryhtyä kantamaan elinkaarivastuuta vanhasta rakennuksesta, jonka kaikki piilevät riskit eivät perusteellisillakaan tutkimuksilla täysin luotettavasti selviä” (Tompuri 2018)

Toistaiseksi siis elinkaarimallin käyttäminen uudisrakentamisessa herättää kiinnostusta niin tilaajissa kuin urakoitsijoissakin. Sen suosio korjausrakentamisen saralla ei juurikaan yllätä. Koulujen huollon ja ylläpidon tulevaisuus voi hyvinkin olla elinkaarimallissa, mutta sen tapahtuminen vaatii sitä, että niin tilaajat kuin urakoitsijatkin ovat tasavertaisesti innostuneita suorittamaan rakennusprojekteja elinkaarihankkeina.

4.2.3 Tiedon lisääntyminen vaikuttaa havaittujen ongelmien määrään

'Ei ole yhtä syytä' kirjoituksessa Stål mainitsee rakennusterveyskoulutuksen ja samalla tiedon lisääntymisen, mitä hän pitää yhtenä syynä sille, että miksi tänä päivänä tulee esille paljon enemmän ongelmaisia kouluja kuin aikaisemmin. (Silvast 2018)

Rakennusterveysasiantuntija- ja sisäilma-asiantuntija -koulutuksista:

”Rakennusterveysasiantuntija (RTA) on rakennusten kunnon ja terveellisuuden monitoroija. Hän voi toimia yksin asumisterveysasetuksen (545/2015) mukaisena ulkopuolisena asiantuntijana ja johtaa selvitystyötä suuremmassa rakennuksessa. Sisäilma-asiantuntijan (SISA) ammattitaito painottuu sisäympäristön olosuhteiden selvittämiseen ja olosuhteiden terveydellisiin vaikutuksiin. Hän voi toimia yhdessä kosteusvaurion kuntotutkijan kanssa ulkopuolisena asiantuntijana.” (Itä-Suomen yliopisto www-sivut)

Sanomallaan hän saattaa tarkoittaa sitä, että nykyään on aiheeseen liittyen enemmän osaamista ja tietotaitoa kuin aikaisemmin. Mikä johtaa siihen, että virheet ja poikkeamat huomataan helpommin ja esimerkiksi sisäilmaongelmia voidaan todentaa ja niiden alkuperää voidaan selvittää tarkemmin. Yksi iso ja tärkeä muutos on myös se, että niitä ongelmia ei enää jätetä huomioimatta, niin kuin joskus on saatettu tehdä. Tästä näkökulmasta, mistä Stål asiaa katsoi, ei sisäilmaongelmia mielestäni ajatella riittävän usein. Kaikki vaikuttaa kaikkeen. Ainakin yhden näkökulman kautta voidaan siis kasvava määrä tapauksia, kirjoituksia ja uutisia sisäilmaongelmaisista kouluista nähdä positiivisena.

4.3 Tarkastelu sisäilmaongelman selvittämisestä ja sen vaaroista

4.3.1 Sisäilmaongelman selvittäminen vaiheittain

Sisäilmaongelman selvittäminen on monimutkainen prosessi, ja sen selkeyttämiseksi tein aiheesta tiivistelmän, mikä pohjautuu ’Kosteus- ja homevauriot: ratkaisuja työpaikoille’ teoksessa kuvattuun prosessiin. Tiivistelmä on esitetty liitteessä 1.

4.3.2 Potentiaalisten virheiden vaarat sisäilmaselvityksissä

Siinä kohtaa, kun huomattava määrä oppilaista alkaa saamaan erikoisia, mutta toistensa kanssa samanlaisia oireita, kuten silmien, nenän ja kurkun ärsytysoireita, ihon ja limakalvojen kuivuuden tunnetta sekä päänsärkyä ja yskää, niin vanhempien luonnollinen reaktio on ilmaista mielensä siitä, että koulurakennuksessa on sisäilmaongelmia ja vaatia asian selvittämistä. Tämä ei missään nimessä ole huono asia, koska puhutaan kuitenkin vakavasta asiasta, mikä tulee selvittää. Seuraavaksi lähdetään siis selvittämään, että mistä nämä sisäilmaongelmat rakennuksessa johtuvat.

Niiden aiheuttajina voivat olla esimerkiksi:

- ”*Toimimaton tai riittämättömän ilmanvaihto*
- *Homeitiöiden kulkeutuminen kosteus- ja homevaurioituneista rakenteista sisäilmaan*
- *Kosteuden reagointi lattiapinnoitemateriaalien kanssa*
- *Haihtuvat epäterveelliset päästöt rakennus- ja sisustusmateriaaleista ja kalusteista*
- *Suojaamattomista ilmanvaihtokanavien äänenvaimentimista ja akustiikkalevyistä irtoavat hiukkaset*
- *Työtiloihin varastoitu tavara*
- *Riittämätön siivous*” (Työsuojelu www-sivut, 2019)

Selvityksen tekemisessä voidaan kuitenkin tehdä isoja virheitä, jos sitä ei tehdä riittävän perinpohjaisesti. Liitteenä olevasta tiivistelmästä ’Sisäilmaongelman selvittäminen vaiheittain’ ja tarkemmin itse lähdekirjallisuudesta lukiessa huomaa, että kaikkien kohdekohtaisesti ja tarvekohtaisesti suoritettavien vaiheiden kunnollinen suorittaminen sisäilmaongelman selvittämisessä on onnistuneen kokonaisuuden kannalta hyvin tärkeää.

Yle Uutisten kirjoituksessa 'Koulu, joka päätti vihdoinkin ottaa homeongelman ja sairastuneet tosissaan' on tähän asiaan liittyen hyvä kommentti Juhani Piriseltä, joka toimi silloin kuntaliiton omistaman FCG-konsulttiyhtiön rakennusterveystoimialan johtajana. Hän mainitsee kuntotutkimuksen vaillinaisuuden olevan yleisesti suurin syy ongelmien pitkittymiseen.

"Kun löydetään yksi vaurio, ollaan tyytyväisiä, että ainakin jokin syy on löytynyt. Mutta naapurihuoneessa voi olla toinen vaurio, joka jää löytämättä ja korjaamatta." (Rissanen ja Toivonen 2016)

Saatetaan siis löytää sisäilmaongelmille potentiaalinen aiheuttaja vaikkei tutkitakaan tarpeeksi syvältä. Seuraavaksi saatetaan ryhtyä toimenpiteisiin löydetyn aiheuttajan korjaamiseksi, koska kaikki vaikuttaa käyvän järkeen ja paine korjata sisäilmaongelmat nopeasti voi olla haitallisen suuri (esimerkiksi väistötilojen tarpeellisuuden tai negatiivisen median takia). Aiheuttajaa korjattaessa poistetaan olemassa oleva ongelma, eikä se itsessään ole virhe.

Kyseisessä Yle Uutisten kirjoituksessa kerrotaan tietoja kahdesta Lohjalla sijaitsevasta koulusta, Tytyristä ja Anttilasta, mihin tehtyjen kuntotutkimuksien pohjalta Tytyrin koulu leimattiin käyttökelvottomaksi ja Anttilan koulu sai kohtalokseen täysremontin. Näihin liittyen Pirinen mainitsee aikaisemmista sisäilmatutkimuksista ja korjauksista. "Koulussa oli aiemmin tehty kymmenkunta pientä sisäilmatutkimusta. Aina jotain löytyi, aina jotain korjattiin ja aina oireilu palasi." (Rissanen ja Toivonen 2016)

Oikeanlaiseksi asenteeksi näissä asioissa Pirinen mainitsee perinpohjaisuuden. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tutkitaan kaikki mahdollinen, jottei jää riskiä, että rakenteisiin jäisi jotain piiloon, mistä ei tiedetä. (Rissanen ja Toivonen 2016)

Todellisen virheen vaara tässä kaikessa on siis se, että se varsinainen sisäilmaongelmien aiheuttaja jääkin huomaamatta. Tällaisen tilanteen pahimpien seuraamuksien pohdinnan kautta päädyin näihin kolmeen selkeään seuraamukseen:

- Varsinainen ongelma olisi saattanut olla yksinkertaista ja halpaa korjata tämän toisen, alun perin luullun aiheuttajan ohella
- Jäädessään toistaiseksi piiloon tämä varsinainen ongelma voi pahentua ja muodostua vaikeammaksi ja kalliimmaksi korjattavaksi ajan kanssa
- Pelkästään varsinaisen ongelman korjaaminen olisi myös voinut samalla poistaa luullun aiheuttajan tuomat ongelmat

Ehkäpä kuitenkin se pahin skenaario on sellainen, missä luullun aiheuttajan korjaaminen on kallista ja myös turhaa. Jälkeenpäin löydetään se varsinainen aiheuttaja ja todetaan, että luullun aiheuttajan korjaaminen oli turhaa, ja että sen suhteen ylireagoitiin koska sen uskottiin todellakin olevan syytä. Tilanteesta olisi siis voitu selvittää paljon helpommalla ja halvemmalla. Ihmisiä ei olisi tarvinnut pitää väistötiloissa useita kuukausia. Korjausta suorittaneisiin osapuoliin ja työn tilaajaan ei olisi tarvinnut kohdistua negatiivista mediaa 'osaamattomuuden' takia.

Inhimillisten virheiden osalta asia ei tule muuttumaan, sillä niitä sattuu aina. Kuitenkaan näiden selvityksien tekeminen, minkä tulosten mukaan saattaa kokonaisen koulun henkilökunta ja oppilaat joutua väistötiloihin jopa vuosiksi, ei pidä missään tapauksessa tehdä kiireellä taikka huolimattomasti. Kun tulee esille tapauksia, missä tehtiin virhe taikka ei menty tarpeeksi syvälle tutkimuksissa, niin niitä pitäisi mielestäni enemmän tuoda avoimesti esille, jotta ne painuisivat kaikkien mieleen ja tietoisuuteen. Varmasti tällaisista tapauksista löytyy tietoa esimerkiksi rakennusvirhepankista, mutta siltikin puoltaisin enemmän julkista tiedottamista. Harvemmin tavalliset työssäkäyvät ihmiset kuitenkaan etsivät ja lukevat tietoa rakennusvirhepankista.

Asiaa tukemaan palataan vielä samaiseen Yle Uutisten kirjoitukseen, missä mainittiin se Anttilan koululle määrätty täyskorjaus. Poikkeuksellisesti tämä päätös hyväksyttiin lähes yhtenä rintamana ja sen puolesta ryhdyttiin ripeisiin toimiin. Kirjoituksessa Lohjan kaupungin projektipäällikkö Ilkka Nyman kommentoi kaupungin päättäjien toimintaa ja lähestymistapaa täyskorjauspäätöksen saaneen koulurakennuksen osalta.

”Täytyy kiittää päättäjiä, että he tajusivat tilanteen vakavuuden. En ole 28 vuoden aikana kokenut tällaista vauhtia, jolla remontti saatiin käyntiin ja oppilaat väistötiloihin, kun ongelman laajuus oli selvinnyt. Kaupunki päätti myös olla avoin. Se julkisti kuntotutkimukset sädesienilöydöksiä myöten nettisivuillaan. Se on edelleen sisäilmapaauksissa hyvin harvinaista. Kiinteistönomistajat pelkäävät, että julkisuus lietsoo hysteriaa. Lohjalla on käynyt päinvastoin. Uskon, että avoimuus ja keskustelu ovat vakuuttaneet oppilaiden vanhemmat ja henkilökunnan. Vaikka toimenpiteet ovat isoja, tilanne on aika rauhallinen.” (Rissanen ja Toivonen 2016)

4.3.3 Virheellisten lähtötietojen vaarat sisäilmaselvityksissä

Virheitä sisäilmaselvityksessä voidaan tehdä myös virheellisten lähtötietojen takia. Tässä välissä hahmotellaan sellaisia virheitä esimerkin avulla. Sitä varten otetaan kuvitteellinen tilanne tavallisesta alakoulurakennuksesta.

Kuvitellaan tilanne, missä alakoulurakennuksessa ollaan selvittämässä sisäilmaongelmaa. Tässäkin tapauksessa koulusta löydettiin potentiaalinen ja järkeen käyvä ongelma, minkä uskottiin olevan aiheuttaja ja minkä korjaamisen suhteen ylireagoitiin, mutta todellisuudessa sisäilmaongelmat johtuivatkin jostain aivan muusta: nuohomatta jääneistä ilmastointikanavista.

”Ilmanvaihtojärjestelmiin kertyy ajan mittaan epäpuhtauksia, kuten pölyä, siitepölyä, homesieniä, mikrobeja, bakteereja, savu-, käry- ja kemikaalien jäämiä. Myös kanaviin päässyt kosteus levittää epäpuhtauksia. Epäpuhdas sisäilma vaikuttaa suoraan terveyteen, viihtyvyyteen, paloturvallisuuteen sekä työtehoon.” (Omataloyhtiö [www-sivut](#), 2018)

Tässä kuvitelmassa koulurakennuksen johdolla on tieto siitä, että nuohouksesta on maksettu yritykselle ja se on väitetty tehdyksi. Eihän tällaiselle asialle voi mitään tehdä. Kyseessä on petos, mistä osittain johtuen saattoi aiheutua valtavia kustannusmenetyksiä, kun saatettiin tehdä isoja korjauksia lähes turhaan, koska niiden korjauksien vaikutuksella ei kokonaisuuteen (sisäilmaongelmien poistamiseen) ole juurikaan merkitystä.

Toinen syytä on jälleen selvityksien puutteellisuus siinä, että miten huolellisesti ja miten syvästi tutkitaan. Toisaalta kuka voi selvityksen tekijöitäkään syyttää, kun heidät palkataan selvittämään sisäilmaongelmien aiheuttajaa, mutta heille sanotaan heti alkuunsa että 'ilmanvaihtokanavat on sitten toissa vuonna nuohottu, niihin ei tarvitse katsoa eikä kajota'.

Pelkästään nuohouksella ei ilmastoinneista johtuvista ongelmista kuitenkaan selvitä, sillä monet muut asiat voivat luoda ongelmia. Liian vähäinen ilmamäärä ja ilman kierro voivat aiheuttaa tunkkaisuuden tunnetta, minkä takia tiloissa työskentelevät tai oleskelevat ihmiset saattavat kokea väsymystä ja päänsärkyä. Vääränlainen kanavami-toitus voi johtaa riittämättömään ilmamäärään. Ilmanvaihtokanavien mitoitus tulee myös tarkastaa ja uudelleen säätää silloin, kun tilojen käyttötarkoitus muuttuu oleellisesti (huomattavasti). Mikrobikasvustot voivat myös aiheuttaa tunkkaisuuden tunnetta, mikäli niille muodostuu sopiva kasvualusta. Yksi tällainen on ilmanvaihtokanavissa olevat suodattimet, mitkä kosteutta kerättyään mahdollistavat mikrobien kasvun. Sisäilmaan kulkeutuessaan mikrobikasvustot voi huomata esimerkiksi epämiellyttävästä hajusta. Ne voivat myös aiheuttaa päänsärkyä, väsymystä ja pään raskauden tunnetta. (Sisäilmayhdistys www-sivut 2008)

Sisäilmaselvityksien ja näidenkin mahdollisten ilmastoinnin kautta aiheutuvien ongelmien huomioimisessa on avainasemassa jälleen se, mistä jo aikaisemmin kirjoitettiin. Näiden selvityksien tekeminen, minkä tulosten mukaan saattaa kokonaisen koulun henkilökunta ja oppilaat joutua väistötiloihin jopa vuosiksi, ei pidä missään tapauksessa tehdä kiireellä taikka huolimattomasti.

Sisäilmaselvityksille tulee löytää riittävästi aikaa, resursseja ja osaamista, sillä potentiaalisten virheiden sekä virheellisten lähtötietojen vaarat ovat massiiviset. Kuvitteelliset tilanteet eivät todista mitään eikä niiden varassa voi toimia, mutta niiden tavoitteena olikin avata lukijan mieltä siitä, että miten riskialtis prosessi sisäilmaongelman selvittäminen koulurakennuksessa voi olla.

5 RAKENNUKSEN ILMAVUODOT

5.1 Rakennuksen paine-erot ja epätiiveyskohdat

Vuotoilmalla taikka ilmavuodoilla tarkoitetaan rakennuksen sisäilman ja ulkoilman välisestä vallitsevasta paine-erosta johtuvaa hallitsematonta korvausilman kulkeutumista rakenteiden epätiiveyskohtien läpi. Vuotoilma kulkeutuu rakenteiden epätiiveyskohtien kautta aina korkeammasta paineesta matalampaan paineeseen päin. Eli jos rakennuksen sisäilma on alipaineista, vuotoilma kulkeutuu ulkoilmasta sisäilmaan päin. Jos taas rakennuksen sisäilma on ylipaineista, vuotoilma kulkeutuu sisäilmasta ulkoilmaan päin. (Seuri ja Palomäki 2000, 19-20) (Sisäilmayhdistys www-sivut 2008)

Rakenteissa olevia epätiiveyskohtia voivat olla esimerkiksi rakennusvaiheessa jääneet raot, puutteelliset höyrynsulut, käytössä kuluneet rakennusosat ja tiivisteet, vaurioista syntyneet halkeamat sekä yleisesti ottaen puutteellisesti toteutetut liitos- ja läpivientikohdat. Ilmavuodoissa rakenteiden epätiiveyskohtien läpi kulkeutuu ilman ja siihen sitoutuneen lämmön lisäksi myös kosteutta ja epäpuhtauksia. Pelkän ilman liike rakenteiden läpi on haitallista lähinnä lämpömenetyksien kannalta. Rakennuksesta voidaan menettää lämmintä sisäilmaa ulos, taikka kylmä ulkoilma voi 'korvausilmana' puskeutua sisälle ja sitä kautta aiheuttaa lisälämmityksen tarvetta. Kosteuden liike rakenteiden läpi voi olla molempiin suuntiin haitallista, mutta kosteusteknisesti se on turvallisempaa liikkeessään ulkoilmasta sisäilmaan päin, milloin se ei pääse jäähtymään ja sitä kautta mahdollisesti tiivistymään. Epäpuhtauksien kohdalla haitallista on ulkoilmasta peräisin olevien epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan. (Seuri ja Palomäki 2000, 19-20) (Sisäilmayhdistys www-sivut 2008)

5.2 Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttavat tekijät

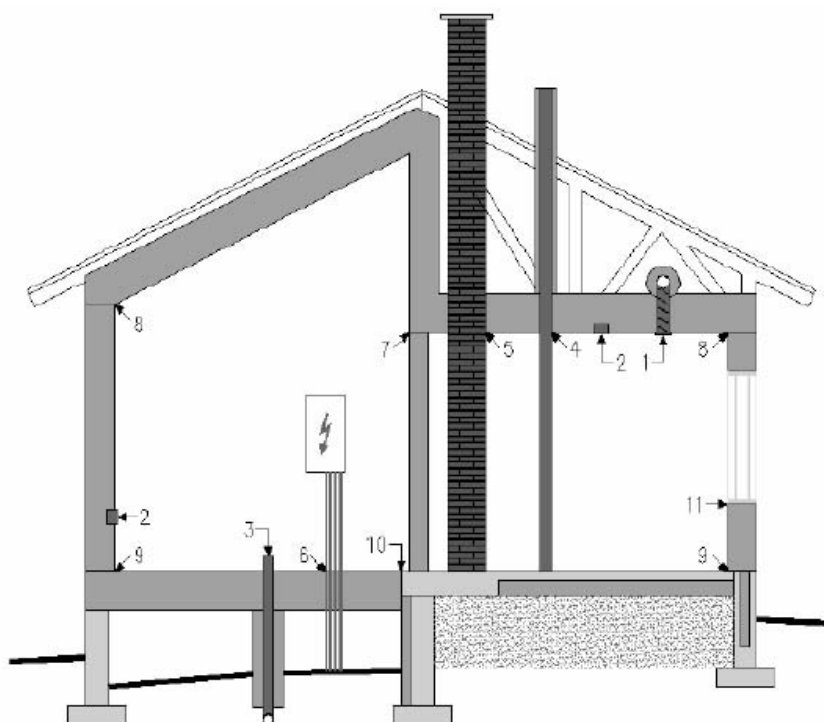
Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttavia merkittäviä tekijöitä ovat sen ilmatiiveys, ilmanvaihtojärjestelmä, lämpötilaerojen aiheuttama savupiippuvaikutus ja tuulen aiheuttama paine. Näiden painesuhteiden vaikutuksesta tapahtuvaa ilman virtausta rakenteiden läpi kutsutaan pakotetuksi konvektioksi. Pakotetun konvektion muodostuminen edellyttää riittävää paine-eroa ulko- ja sisäilman välillä sekä rakennuksen epätiiveyttä. (Siikanen 2014, 35)

5.2.1 Rakennuksen ilmatiiveys ja ilmavuodot

Rakennuksen tiiveys määräytyy rakennusvaipan tiiveydestä. Rakennuksen vaipalla tarkoitetaan ”niitä rakennusosia, jotka erottavat lämpimän, puolilämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta” (Ympäristöministeriön asetus 1010/2017, 1 luku 2 §)

”Rakennusmääräysten mukaan sekä rakennusvaipan että tilojen välisten rakenteiden tulee olla niin ilmapitäviä, että vuotokohtien läpi tapahtuvat ilmavirtaukset eivät aiheuta merkittäviä haittoja rakennuksen käyttäjille, rakenteille tai rakennuksen energiatehokkuudelle.” (Siikanen 2014, 39)

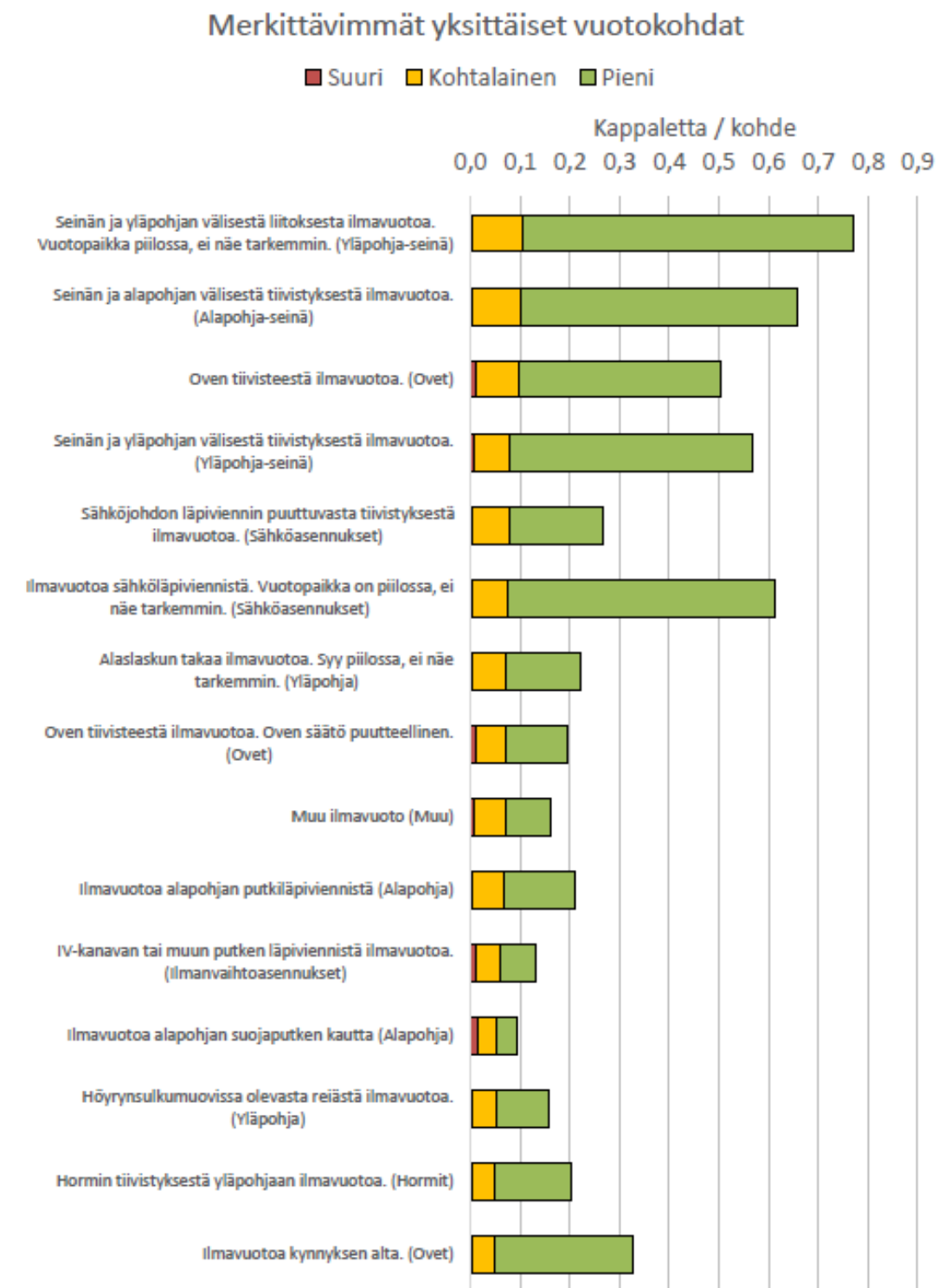
Pientalon vaipan kriittisiä tiiveyskohtia on esitetty kuvassa 1.



1. Ilman- ja höyrönsulun ulkopuolelle tehtyjen IV-asennusten läpiviennit
2. Ilman- ja höyrönsulun ulkopuolelle tehtyjen sähköasennusten läpiviennit
3. Viemäreiden läpiviennit alapohjassa
4. Viemärin tuuletusputken läpivienti yläpohjassa
5. Savuhormin läpivienti yläpohjassa
6. Sähköpääkeskuksen johtojen läpiviennit alapohjassa
7. Kantavien väliseinien liittymät
8. Ulkovaipparakenteiden liittymät
9. Elementtien saumat
10. Tuulettuvan ja maanvaraisen alapohjan liittymät
11. Ikkunoiden ja ovien liittymät

Kuva 1. Puupientalon vaipan tiivyyden kriittiset kohdat (Sarja 2010)

Pientalojen merkittävimmät yksittäiset ilmapuotokohdat on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Merkittävimmät pientalojen yksittäiset ilmapuotokohdat. Tieto perustuu Vertia Oy:n ja sen yhteistyökumppaneiden tekemiin tiiveysmittauksiin vuosina 2014-2016. (Jussila 2017)

5.2.2 Ilmanvaihtojärjestelmä ja ilmavuodot

Ilmanvaihtojärjestelmien laajuuden takia tässä kohtaa rajataan niiden käsittely nykyaikaisiin ja uusiin rakennuksiin tehtäviin järjestelmiin, eli koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmään.

Nykyaikaisissa rakennuksissa, missä ilmanvaihtojärjestelmän avulla pystytään kontrolloimaan sekä sisälle otettavaa ilmaa (tuloilmaa / korvausilmaa) että ulos poistettavaa ilmaa (poistoilmaa), on yleisenä toimintaperiaatteena pitää rakennuksen sisä- ja ulkopuolisten paine-erojen suhde joko tasapainotilassa tai siten, että sisäilma on hieman alipaineinen. (Seuri ja Palomäki 2000, 19-20)

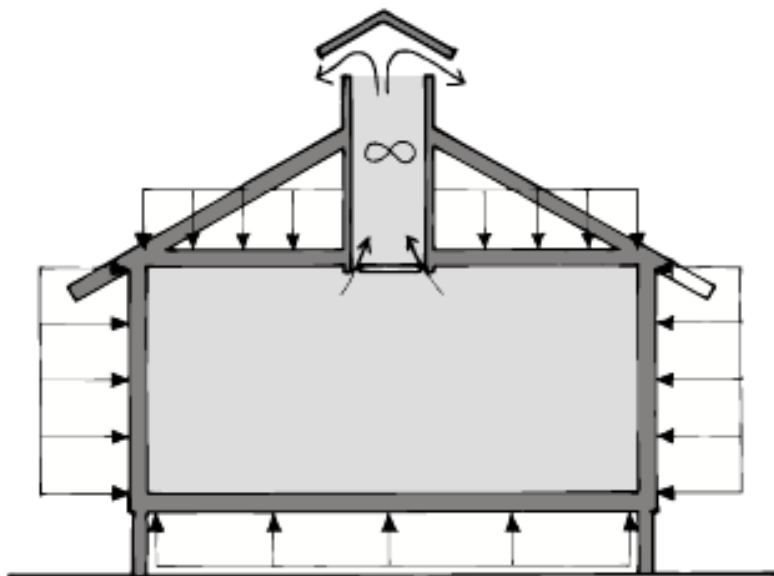
Ilmavirroista aiheutuvat paineet ja rakenteiden ilmanpitävyys:

”Erytysuunnittelijan on suunniteltava rakennuksen ulko- ja ulospuhallusilmavirrat siten, ettei rakenteisiin aiheudu ylipaineen vuoksi rakenteita vaurioittavaa pitkäaikaista kosteusrasitusta eikä alipaineen vuoksi epäpuhtauksien siirtymistä sisäilmaan.” (Ympäristöministeriön asetus 1009/2017, 3 luku 21 §)

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto suunnitellaan siis pitämään sisäilma lähinnä tasapainossa ulkoilman paineeseen nähden. Riittävän pienessä sisäilman alipaineessa ulkoilman epäpuhtaudet eivät vielä kuitenkaan merkittävästi siirry ilmavuotokohtien kautta sisäilmaan. Toisena tekijänä on se, että epätiivissä rakennuksessa lievästi alipaineinen sisäilma on parempi ratkaisu rakennuksen turvallisen kosteusteknisen käyttäytymisen kannalta, kun verrataan lievästi ylipaineiseen sisäilmaan.

”Huonetilaan koneellisesti aikaansaatu alipaine imee kylmää ulkoilmaa seinämärakenteiden läpi. Seinämän läpi virratessaan ilma lämpenee, jolloin sen suhteellinen kosteus alenee. Näin alipaineen avulla huoneeseen virtaava ilma kuivattaa seinämiä, mikä on seinämän kosteustekniikan kannalta turvallinen ilmanvaihtoratkaisu. Ilman sisään virtauksen edellytyksenä ovat tietysti seinämissä esiintyvät epätiiviydet.” (Siikanen 2014, 38)

Koneellisesti aikaansaatu alipainetta rakennuksessa on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Koneellisesti aikaansaatua alipainetta rakennuksessa (Siikanen 2014, 38)

Aikaisemmin sisäilmaongelmia aiheuttavissa tekijöissä kuvattiin, että miten liian korkea suhteellinen kosteus sisäilmassa aiheuttaa kosteuden tiivistymistä sisäilman keskiarvoista lämpötilaa kylmemmille pinnoille taikka niiden sisälle, ja myös käytiin läpi niitä merkittäviä epäpuhtauksia, mitä ulkoilmasta voi ilmanvaihdon kautta sisäilmaan kulkeutua. Näitä asioita kuvattiin siis tapahtuvaksi juuri ilmanvaihdon tuloilman kautta. Ilmanvaihdon tehtävänä oli poistaa sisäilman epäpuhtauksia ja ylimääräistä kosteutta.

Ilmanvaihtojärjestelmän oikeellinen mitoitus siten, että se vastaa rakennuksen tarpeita, on tärkeää. Rakennuksen koon kannalta tehoton ilmanvaihto ei pysty poistamaan riittävästi kosteutta ja epäpuhtauksia sisäilmasta. Myös riittävän tehokkaat, mutta rakennuksensa koon kannalta ääriarajoilleen mitoitettut ilmanvaihtojärjestelmät voivat olla ongelmallisia. Niidenkin kapasiteeteissa tulee omat rajansa vastaan, esimerkiksi juuri ilmavuotojen lisäämän kuormituksen takia, ja tämän ylimääräisen kuormituksen takia ne eivät jälleen kykene poistamaan riittävästi kosteutta ja epäpuhtauksia sisäilmasta. Alimitoitettun ilmanvaihtojärjestelmän takia voi tapahtua kosteuden tiivistymistä rakenteiden pinnoille ja sisälle, mahdollisesti aiheuttaen kosteusvaurioita, taikka yksinkertaisesti saattaa aiheutua sisäilmaongelma liiallisten epäpuhtauspitoisuuksien takia. (Sisäilmayhdistys www-sivut 2008)

5.2.3 Savupiippuvaikutus ja ilmavuodot

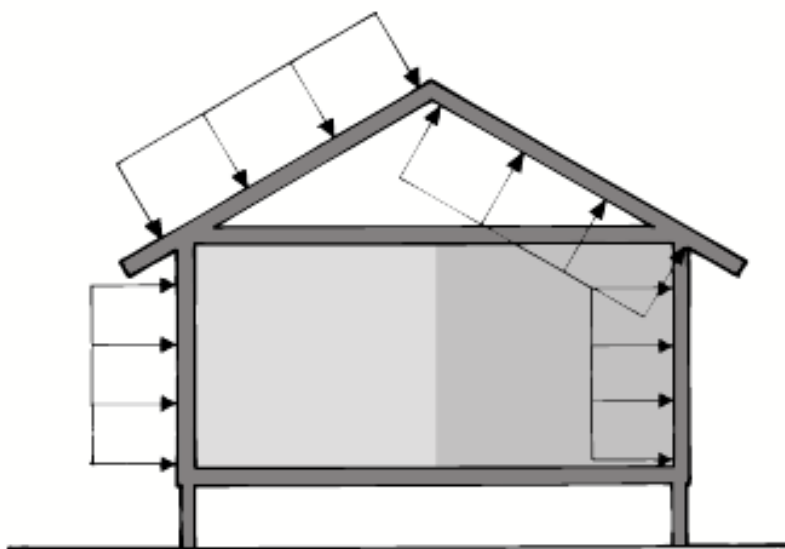
Rakennuksen huoneilman lämmitessä lämmin ilma pyrkii liikkumaan rakennuksessa ylöspäin, sillä lämmin ilma on kylmää ilmaa kevyempää johtuen sen pienemmästä tiheydestä. Silloin lämmin huoneilma kerääntyy huoneen yläosaan, aiheuttaen siellä ylipainetta, ja huoneen alaosaan aiheutuu puolestaan alipainetta ylöspäin karkaavan ilman takia. Tätä rakennuksen huoneilman ylä- ja alaosan välille muodostuvaa paineroa kutsutaan savupiippuvaikutukseksi. Huoneilman yli- ja alipaineen välille muodostuu tiettyyn kohtaan sellainen tasapainotilanne, missä huoneilman paine vastaa ulkoilman painetta. Tätä ulko- ja sisäilman paine-erojen tasapainokohtaa nimitetään neutraaliakseliksi. (Siikanen 2014, 35-36)

Neutraaliakselin sijainti rakennuksen huoneilmassa voi vaihdella. Neutraaliakselin sijaintiin vaikuttaa huoneessa vallitseva paine. Jos huoneilma on selkeästi alipaineinen (esimerkiksi painovoimaisen ilmanpoiston ja tulisijan vaikutuksesta), niin neutraaliakseli sijaitsee huoneilman yläosassa. Jos huoneilma on selkeästi ylipaineinen (esimerkiksi merkittävistä epätiivelyskohdista seinän ja lattian välisestä liitoskohdasta ulkoilmaan johtuen), niin neutraaliakseli sijaitsee huoneilman alaosassa. Jos huoneilma on niin sanotusti suljettu, eli se on riittävän ilmatiivis muihin huoneisiin nähden, niin neutraaliakselin sijainti on likimain keskellä huoneilmaa. Savupiippuvaikutuksen aiheuttamat paine-erot ja sitä kautta myös vaikutukset ilmavuotoihin ovat pienet. Kuitenkin käytännöllisesti asiaa katsottuna savupiippuvaikutukset ovat pysyviä vaikutuksia, ja siten niiden aiheuttamat paine-erot ovat todellisuudessa merkittäviä tekijöitä rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan kannalta. Savupiippuvaikutuksen suuruus riippuu rakennuksen ja sen huonetilojen korkeudesta (tai hormin korkeudesta) sekä myös rakennuksen lämpötilaeroista. (Siikanen 2014, 35-36)

5.2.4 Tuulenpaine ja ilmavuodot

Tuuli vaikuttaa hetkellisesti rakennuksen ulko- ja sisäpuolisiin vallitseviin paineisiin. Vaikutuksen määrä riippuu tuulen suunnasta ja voimakkuudesta, rakennuksen tiiviyydestä ja sen korkeudesta/muodoista sekä ympäröivällä alueella olevista tuuleen vaikuttavista tekijöistä (esimerkiksi ollaanko aukealla alueella vai onko tuulen voimakkuutta hidastavia tekijöitä lähellä, kuten metsää taikka muita rakennuksia). (Siikanen 2014, 37)

Tuuli vaikuttaa rakennuksen paineisiin seuraavanlaisella, kuvassa 4. näkyvällä periaatteella



Kuva 4. Tuulen aiheuttama painevaikutus rakennukseen (Siikanen 2014, 37)

Kuvan mukaisessa tapauksessa tuuli kohdistuu rakennuksen vasempaan reunaan, aiheuttaen siellä oleviin seinä- ja kattorakenteisiin ylipainetta. Tuulen vaikutus rakennuksen sisäiseen paineeseen riippuu pitkälti rakennuksen ilmatiiveydestä, sillä tuuli pyrkii suuntansa mukaisesti liikkumaan rakennuksen läpi. Rakennuksen epätiiveyskohdat mahdollistavat tämän liikkeen, milloin tuulen vaikutukselle altistuvalla puolella rakennusta aiheutuu ylipainetta ja vastakkaisella puolella alipainetta. Rakenteiden läpi tapahtuvissa ilmavirtauksissa kulkeutuu ilman lisäksi siihen sitoutunutta lämpöä ja kosteutta, mikä tarkoittaa pitkäaikaisen tuulen vaikutuksen kohdalla kasvaneita lämpöhukkia ja kasvanutta rakenteiden kosteusvaurioitumisen riskiä. (Siikanen 2014, 37)

5.3 Ilmavuotojen aiheuttaman tilanteen parantaminen

Ilmavuodot muuttuvat erittäin vakaviksi asioiksi silloin, kun ne aiheuttavat rakenteisiin tai lämmöneristekerrokseen kosteusvaurioita ja sitä kautta mahdollisesti mikrobikasvustoa. Silloin mikrobikasvuston haitalliset tekijät voivat kulkeutua vaurioituneista rakenteista ulkoilman mukana sisäilmaan, ja siten muodostua sisäilmaongelmaksi. Rakenteet myös vanhenevat ajan kanssa, ja tietyssä pisteessä niistä voi alkaa irtoamaan haitallisia hiukkasia ja kaasumaisia epäpuhtauksia, mitä ilmavuodot jälleen saattavat kuljettaa sisäilmaan. (Asikainen ja Peltola 2008, 227) (Seuri ja Palomäki 2000, 19-20)

Oikeilla paine-eroilla ja riittävän tehokkaalla ilmanvaihtojärjestelmällä pystytään ilmavuotojen aiheuttamat haittavaikutukset pääasiallisesti eliminoimaan, mutta jäljelle jäävät vähintäänkin lämpöhukat ja tilapäiset sisäilmaongelmat. Sopivat paine-erot ja riittävä ilmanvaihto on kuitenkin hankalaa varmistaa suurissa rakennuksissa, kuten esimerkiksi koulurakennuksissa. Jos suuressa rakennuksessa on paljon epätiivetyshohtia, tarkoittaa se myös sitä, että sisällä vallitsevien paineiden ja ilmanvaihdon on haastavampaa pysyä tasapainossa kaikissa rakennuksen tiloissa, kaikkina ajankohtina. Vaikka ilmanvaihtojärjestelmän kapasiteetti riittäisikin paine-erojen tasapainon pitämiseen, niin siitä huolimatta rakennuksessa tulee vähintäänkin hetkellisesti vallitsemaan liiallinen alipaine taikka ylipaine aina silloin tällöin, johtuen ilmanvaihtojärjestelmän mahdollisista toimintahäiriöistä sekä ainakin tuulenpaineen vaikutuksesta. (Seuri ja Palomäki 2000, 19-20)

Yhteenvetona ilmavuotojen tuomia ongelmia pystytään siis vähentämään ja tilannetta yleisesti ottaen parantamaan pitämällä sisäilmassa lähes tasapainotilassa oleva paine ulkoilmaan nähden. Se ei kuitenkaan aina riitä, vaan tietyissä tapauksissa haitalliset ilmavuodot täytyy kokonaan estää. Tämä voidaan aikaansaada tiivistyskorjauksella.

6 RAKENNUKSEN ILMAVUOTOJEN KORJAUSMENETELMÄ: SISÄILMAN TIIVISTYSKORJAUS

Rakennuksen sisäilmaan vaikuttavien ilmapuotojen aiheuttamien epätiiveyskohtien korjaaminen tapahtuu systemaattisella tiivistämisellä. Sisäilman tiivistyskorjauksen tarkoituksena on yksinkertaisuudessaan estää haitallisten ja hallitsemattomien ilmapuotojen pääsy sisäilmaan, mitkä ovat peräisin joko rakenteiden sisältä taikka rakennuksen ulkopuolelta. (Asikainen ja Peltola 2008, 231)

Sisäilman tiivistyskorjaus tulee aiheelliseksi, kun;

- Todetaan, että seinän rakenteissa on runsaasti mikrobikasvustoa taikka jotain muuta, mikä indikoi selvästi runsaita kosteusvaurioita, mihin tilojen käyttäjien terveysoireilu pystytään yhdistämään
- Todetaan, että tiloissa on ajoittaisesti hajuhaittoja, mitkä ovat kulkeutuneet rakenteista sisäilmaan
- Todetaan sisäilmamittauksilla, että tiloissa on kaasumaisia tai hiukkasmaisia epäpuhtauksia, mitkä ovat kulkeutuneet rakenteista sisäilmaan
- Todetaan, että ulkovaipassa oleva ilmapuotokohta on kooltaan tarpeeksi merkittävä (Asikainen ja Peltola 2008, 231)

Sisäilman tiivistyskorjausta tehdessä on tärkeää, että ilmapuotokohtia sisältävien rakenteiden sisäilmaan johtavat epätiiveyskohdat tulevat tiivistetyksi kauttaaltaan, jotta ongelma tulee korjatuksi kerrallaan. Jos vain tiettyjä kohtia tiivistetään, niin ongelmallinen ilma pyrkii jatkossa aikaisempaa voimakkaammin pääsemään sisäilmaan rakenteisiin jäljelle jääneistä epätiiveyskohdista. Sisäilman tiivistyskorjauksia tehdään joko siten, että tiivistykset ovat pelkästään ilmatiiviitä, taikka siten, että ne täyttävät ilmatiiviyden lisäksi myös höyry- ja kaasutiiviyden vaatimukset. Höyry- ja kaasutiiveys tulee tarpeen esimerkiksi silloin, kun rakennuksen alapohjassa on merkittävä määrä epäpuhtauksia ja/tai kun rakennuksen maaperästä nousee merkittävä määrä radonia rakenteiden läheisyyteen. Silloin alapohjarakenteen ja siihen liittyvän ulkoseinärakenteen liittymäkohtia voidaan tiivistää höyry- ja kaasutiiviiksi. (Asikainen ja Peltola 2008, 231-239)

Tiivistykset tehdään rakennuksen vaipparakenteisiin, eli ulkoseinä-, alapohja-, välipohja- ja yläpohjarakenteisiin. Vaipparakenteissa keskitytään joko sen sisäkuoren taikka ulkokuoren tiiviiksi tekemiseen. Pääosin tiivistykset tehdään sisäkuoreen, eli ulkovaipan lämmöneristeen sisäpuolella sijaitsevaan yhtenäisen rakennekerroksen pintaan. Tiivistykset voidaan tehdä myös ulkovaipan lämmöneristeen ulkopuolelle, mikäli tiivistystyön suorittaminen koetaan tarpeelliseksi rakennuksen ulkopuolelta käsin tehtäväksi. Syynä tälle voi olla vaatimus siitä, että tiloja pystytään korjauksenkin aikana käyttämään tavanomaisesti. (Asikainen ja Peltola 2008, 231-234)

Tiivistyksien tarkoituksena on siis tehdä joko sisäkuoren taikka ulkokuoren yhtenäisestä rakennekerroksesta ilmatiivis. Tavanomaisesti tiivistystyö kohdistuu sisäkuoren rakenteiden liitoskohtiin (seinien, pilareiden, palkkien, alapohjan, välipohjan, yläpohjan, ikkunoiden sekä ovien toistensa kanssa keskenään muodostamat liitoskohdat), taikka joihinkin edellä mainittujen rakenteiden epätiiviisiin halkeamakohtiin ja läpivientikohtiin. Rakenteiden liitoskohtien epätiiviyteen voi vaikuttaa sisäilman lämpötila- ja kosteusmuutokset, mitkä aiheuttavat eräänlaista jatkuvaa liikehdintää erilaisten rakennusmateriaalien välillä. Lisäksi epätiivitä liitoskohtia voi muodostua esimerkiksi betonirakenteisen lattian ja seinän välille kutistumarakojen muodossa, mitkä aiheutuvat betonin kuivumisen aikana tapahtuvasta kutistumisesta. (Asikainen ja Peltola 2008, 231-235)

6.1 Sisäilman tiivistyskorjauksen elinikä ja siitä puuttuvat näytöt

Sisäilman tiivistyskorjauksien kanssa vallitsee erikoinen tilanne liittyen niiden elinikään. Valmistajat ilmoittavat kyllä tiivistyskorjausjärjestelmissään käyttämiensä yksittäisten tuotteiden teknisiä käyttöikä, kuten höyrynsulku- tai vedeneristeaineiden teknisiä käyttöikä, mutta sen sijaan kokonaisuudessaan toteutettavan tiivistyskorjausjärjestelmän käyttöikä ei yleensä esitetä (sitä kokonaisikä, miten pitkään tiivistykset kestävät ja toimivat suunnitellusti, ennen kuin ne alkavat heikkenemään ja mahdollisesti rakoilemaan, päästäen ilma-, höyry- ja kaasuvuotoja lävitseen).

Syitä tälle voi olla useita, kuten esimerkiksi se, että tiivistyskorjauksen elinikä riippuu merkittävästi sen oikeanlaisesta, kohdekohtaisesta ja tarpeet täyttävästä suunnittelusta, toteutuksesta sekä laadunvalvonnasta. Jonkin tietyn eliniän mainostaminen voi kosta tautua siinä vaiheessa, kun esimerkiksi tiivistyksien toteuttamistyö epäonnistuu, mutta ihmisten silmissä kuva voi vääristyä ja tietynlaisia ennakkoluuloja voi muodostua jonkin tietyn valmistajan tuotteita kohtaan (negatiivinen media ja huomio).

Tiivistyskorjauksien onnistuneisuutta voidaan tutkia esimerkiksi merkkisavukokeilla, missä rakennuksen sisä- ja ulkoilman välille koneellisesti aiheutettavan paine-eron avulla havainnoidaan, että kulkeutuuko savua rakenteiden läpi (eli onko rakenteisiin jäänyt epätiivelyskohtia mitkä olisi pitänyt tiivistää). (Asikainen ja Peltola 2008, 228)

2000-luvun alkupuolen tiivistyskorjausmenetelmiä on kyllä tutkittu kattavasti jälkempäin mm. juuri merkkisavukokeilla ja lisäksi niiden elinikää on arvioitu konkreettisesti avaamalla rakenteet ja tarkastamalla tiivistyksien kunto monien vuosien jälkeen. Niiden tuloksien perusteella tiivistyskorjausmenetelmiä ja -tuotteita on kehitetty 2010-luvulla paremmiksi ja tiiviimmiksi verrattuna aikaisempiin.

Jatkuvasti kehittyvät ja uudistuvat tiivistysmenetelmät ja -tuotteet luovat täten eräänlaisen haasteisen kiertokulun, sillä luotettavia tuloksia niiden eliniästä voidaan joutua odottamaan monia vuosia niiden alkuperäisen käyttöönoton jälkeen. Tällä hetkellä käytössä olevista tiivistyskorjausjärjestelmistä ei siis mahdollisesti ilmoiteta käyttöikä sen takia, että sitä ei olla voitu vielä riittävästi tutkia ja todentaa varsinaisten toteutettujen kohteiden perusteella. Asian todentamiseksi tarvitsisi käytännössä onnistuneesti toteutettuihin kohteisiin tehtyjä tiivistyskorjauksia niin sanotusti repiä auki ja tutkia perusteellisesti. Sitä tarvitsisi kohteiden tiivistystyön valmistumisen ajankohdasta nähdä tehdä useiden eri vuosimäärien kuluttua, jotta saadaan luotettava tarkkuus tiivistyksen eliniän todellisesta pituudesta.

”Ympäristöministeriön Kosteus- ja hometalkoot -hankkeen vetäjän Juhani Pirisen mukaan tiivistyskorjauksen elinkaari on seurantatutkimuksissa ollut korkeintaan viisi vuotta. VTT:n erikoistutkija Tuomo Ojasen mukaan se on vain väliaikaisratkaisu.” (Aatsalo 2014)

Nykyään tiivistyskorjauksilta halutaan ja tunnutaan vähintäänkin odotettavan noin 5-10 vuoden elinikää. Se, että kykenevätkö tämänhetkiset tiivistyskorjausjärjestelmät siihen, on aikaisemmin kuvatun eliniän tutkimisen takia hankalaa todentaa, koska kohdekohtaisia tuloksia saadaan tutkittua vasta monien vuosien päästä. Tiivistyskorjausjärjestelmän eliniässä tulee tapauskohtaisesti vastaan sellainenkin konkreettisesti asiaan vaikuttava tekijä, että millaisella kustannus-, ajankäyttö- ja huolellisuusvaatimuksilla tiivistyskorjauksia on tehty, koska nekin vaikuttavat lopputulokseen.

6.2 Sisäilman tiivistyskorjauksen kannattavuus ja käyttötarkoitukset

Sisäilman tiivistyskorjaus voi olla kannattavaa sellaisissa tilanteissa, missä rakennus menisi ilmapuotojen aiheuttamien sisäilmaongelmien taikka laajalti kosteusvaurioituneiden rakenteiden takia muussa tapauksessa käyttökieltoon. Sisäilman tiivistyskorjausmenetelmää käsitellessä kuvattiin, että tiivistyskorjauksella on mahdollista saavuttaa rakennuksen rakenteiden sisältä tai ulkoilmasta kulkeutuvien ilmapuotojen estäminen tekemällä vuotokohdat ilmatiiiviiksi, mutta mahdollista oli myös samaisten vuotokohtien tekeminen ilmatiiviin lisäksi myös höyry- ja kaasutiiviiksi.

Ilma-, höyry- ja kaasutiivistyksellä on mahdollista tiivistää esimerkiksi rakennuksen keskellä oleva kosteusvaurioitunut seinärakenne niiltä kohdin, mistä haitalliset epäpuhtaudet ja kaasut voisivat päästä kulkeutumaan sisäilmaan. Tätä prosessia kutsutaan rakenteiden kapseloimiseksi. (Komulainen, Sääntti ja Huttunen 2011) Rakenteiden kapseloimisella vältetään niiden kokonaan purkaminen ja uudelleen tekeminen. Oikeanlaisesti toteutettuna kapselointimenetelmä poistaa tarpeen ongelman todellisesta korjaamisesta, ainakin väliaikaisesti.

Sisäilman tiivistyskorjauksen eliniän tarkastelusta pystyttiin myös hahmottamaan tämä sama asia, että nämä korjaukset ovat lähinnä väliaikaisratkaisuja, kunnes jokin lopullisempi ratkaisu pystytään toteuttamaan. Lopullisia ratkaisuja ovat todennäköisesti joko ongelman perinpohjainen korjaaminen taikka kokonaan uusien tilojen rakentaminen vanhojen tilalle. Molemmissa tapauksissa sisäilman tiivistyskorjaus voi siis väliaikaisesti toimia lisäaikaa ostavana tekijänä.

Rakennuslehden artikkelissa 'Tiivistyskorjauksen elinkaari on ehkä vain viisi vuotta' käsitellään muiden asioiden lisäksi myös tiivistyskorjauksien kannattavuutta ja käytötarkoituksia. Seuraavat lainaukset ovat artikkelissa haastateltavien ympäristöministeriön kosteus- ja hometalkoot -hankkeen vetäjän Juhani Pirisen sekä VTT:n erikoistutkijan Tuomo Ojasen vastauksia, ja ne tukevat aikaisempaa pohdintaa.

”Kun homeongelmista kärsivän kiinteistön käytölle pitää hakea lisääaikaa, sen korjattavaksi saatetaan kustannussyistä valita pikakorjausvaihtoehto eli tiivistyskorjaus.” (Aatsalo 2014)

”Tiivistyskorjauksissa on haettu samaa kevyemmän ja halvemman korjaustavan tyyliä kuin putkiremonttien pinnoituskorjauksissa.” (Aatsalo 2014)

”Korjauksissa paikataan usein huonoja rakenneratkaisuja, joiden korjaaminen ei ole muuten mahdollista. Se on usein myös kompromissiratkaisu, jolla korjataan enemmänkin seurauksia kuin syitä.” (Aatsalo 2014)

”Pirisen mukaan tiivistyskorjaus on perusteltavissa, jos rakennuksen käytölle pitää hakea lisääaikaa.” (Aatsalo 2014)

6.3 Sisäilman tiivistyskorjauksen onnistumisen vaatimukset

Sisäilman tiivistyskorjauksien onnistumisen kannalta tärkeää ovat mm. osaavien suunnittelijoiden kohdekohtaisesti tekemät suunnitelmat, työnsuorittajien riittävä ammattitaito sekä huolellisuus työn suorittamiseen ja toimivat laadunvarmistusmenetelmät.

Sisäilman tiivistyskorjauksien onnistumisesta herää kuitenkin yksi kysymys ylitse muiden: mihin vedetään ne rajat, millä tiivistyskorjauksia lähdetään toteuttamaan?

- Miten paljon halutaan / on varaa käyttää kustannuksia tällaisen parhaimmillaankin väliaikaisen korjauksen toteuttamiseen?
- Miten paljon on aikaa käytettävissä korjauksen toteuttamiseen, esimerkiksi riippuen tilojen käyttäjien tarpeesta palata?
- Mihin kaikkiin epätiiveyskohtiin tiivistyksiä tehdään, jotta laatu pysyisi hyvänä, mutta toteutuskustannukset eivät olisi liian korkeita?

Tällaisten kohdekohtaisten rajojen vetäminen vaikuttaa massiivisesti sisäilman tiivistyskorjauksen onnistumismahdollisuuksiin. Sisäilman tiivistyskorjausmenetelmiä kritisoidaan mediassa, ja osittain ihan syystäkin, mutta todellisuudessa tilanne on kuitenkin se, että korjauksen rajoitteista päättävien henkilöiden ja korjauksen suunnittelusta ja toteutuksesta vastaavien henkilöiden vastuulla on se, että miten hyvin siinä voidaan onnistua. Sisäilman tiivistyskorjaus voi onnistuneena olla kustannuksien ja aikataulun kannalta sillä hetkellä paras ratkaisu, millä varmistetaan rakennukseen väliaikaisesti hyvä, terveellinen ja turvallisen sisäilma.

7 YHTEENVETO

Kouluissa ja myös muissa julkisrakennuksissa (kuten päiväkodeissa) työskentelevien ihmisten tietoisuutta ja ymmärtämistä rakennuksien toiminnan perusteisiin, käyttäytymiseen erilaisissa säätilanteissa ja vaurioiden tunnistamiseen voitaisiin lisätä, pelkätään jo sen takia, että rakennuksien kunnossa tapahtuvia muutoksia (esim. vaurioita) ymmärrettäisiin ja sitä kautta huomattaisiin helpommin ja nopeammin. Se puolestaan teoriassa tarkoittaisi pitkällä tähtäimellä mahdollisesti nopeampaa korjausprosessia ja lyhyempää altistumisaikaa rakennuksen käyttäjille. Toisena ratkaisuna koulujen ylläpidon yleisen tason parantamiseksi voi tulevaisuudessa olla elinkaarimalli. Siinä vastuu ylläpidosta siirretään rakentamisesta vastaavalle osapuolelle, joka saa rakennuksen valmiiksi saatuaan säännöllisiä korvauksia silloin, kun hoitaa rakennuksen ylläpidon asianmukaisesti ja määritellyt tarpeet täyttäen.

Sisäilmaselvityksiä tehdessä tulee olla mahdollisimman perinpohjainen, koska näiden selvityksien tekeminen, minkä tulosten mukaan saattaa kokonaisen koulun henkilökunta ja oppilaat joutua väistötiloihin jopa vuosiksi, ei pidä missään tapauksessa tehdä kiireellä taikka huolimattomasti. Sisäilmaselvityksissä potentiaaliset riskit tulee arvioida ja huomioida vakavasti, koska niillä voi olla massiivisia seuraamuksia, jos näin ei tehdä. Lisäksi sisäilmaselvityksiä tehdessä tulisi yleisimmät sisäilmaongelmien aiheuttajat tarkastaa joka tapauksessa, vaikka onkin 'tarkastamaton' taikka 'osittainen varmuus' niiden kunnossa olemisesta.

Kun tulee esille tapauksia, missä tehtiin virhe taikka ei menty tarpeeksi syvälle tutkimuksissa, niin niitä pitäisi tuoda enemmän avoimesti esille, jotta ne painuisivat kaikkien mieleen ja tietoisuuteen, ja jotta niistä voitaisiin oppia paremmin.

Sisäilman tiivistyskorjauksien elinikä on lyhytkestoinen, noin 5 vuoden mittainen. Ne soveltuvat hyvin väliaikaisiksi, lisäaikaa ostaviksi korjausmenetelmiksi, mutta ovat kuitenkin haasteellisia suunniteltavia ja toteutettavia korjauksia, missä moni huomioimatta jäänyt tekijä voi vaikuttaa oleellisesti lopputuloksen laatuun. Sisäilman tiivistyskorjauksien toteuttamisen kustannukset ovat sitä suuremmat, mitä huolellisemmin ja kattavammin epätiiveyskohtia tiivistetään. Samalla voi pidentyä myös se ajanjakso, minkä aikana rakennusta ei pystytä käyttämään tavanomaisesti, vaan käyttäjät joutuvat mahdollisesti oleskelemaan väistötiloissa.

Oikealla ymmärryksellä ja vakavuudella, oikeassa tilanteissa ja paikoissa sekä oikealla tavalla suunnitellut ja toteutetut sisäilman tiivistyskorjaukset ovat toimiva väliaikainen korjausratkaisu rakennuksen ongelmia aiheuttavien ilmapuotojen estämiseksi.

LÄHTEET

- Aatsalo, J. 2014. Tiivistyskorjauksen elinkaari on ehkä vain viisi vuotta. Rakennuslehti.
<https://www.rakennuslehti.fi/2014/10/tiivistyskorjauksen-elinkaari-on-ehka-vain-viisi-vuotta/>
- Asikainen, V. ja Peltola, S. 2008. Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen. Opetushallitus.
- Asumisterveysasetus 545/2015, 6 §, liite 1.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>
- Finto www-sivut 2018. Viitattu 4.11.2019.
<https://finto.fi/yso/fi/page/p88>
- Itä Suomen yliopisto www-sivut. Viitattu 18.10.2019.
<https://www.uef.fi/fi/web/aducate/rakennusterveys>
- Jussila, H. 2017. Ilmatiiveys ja vuotokohdat uusissa rakennuksissa. (Kuva 2.)
- Komulainen, J. Säntti, J. ja Huttunen, J. 2011. Haitalliset aineet rakennuksissa ja niiden hallinta.
- Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. 2011. Suomen Rakennus-insinöörin Liitto RIL ry. RIL 250-2011.
- Kosteus- ja homevauriot: Ratkaisuja työpaikoille. 2014. Työterveyslaitos.
- Mölsä, S. 2017. Pitääkö rakennus korjata ympäristöherkkien ehdoilla, vai riittääkö, että valtaosa on tyytyväisiä? Rakennuslehti.
<https://www.rakennuslehti.fi/2017/11/pitaako-rakennus-korjata-ymparistoyliherkkien-ehdoilla-vai-riittaako-etta-valtaosa-on-tyytyvaisia/>
- Omataloyhtiö www-sivut 2018. Viitattu 13.10.2019.
https://www.omataloyhtio.fi/artikkelit/12270/ilmanvaihtokanavien_puhdistus.htm
- Rakennusteollisuus www-sivut. Viitattu 21.11.2019.
<https://www.rakennusteollisuus.fi/Rakennusteollisuus-RT/Elinkeinoasiat/Elinkaarimallit/>
- Rakennusteollisuus www-sivut. Viitattu 21.11.2019.
<https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2017/elinkaarimallin-kayttoa-hankinnoissa-edistetaan-veromuutoksilla/>
- Rissanen, J. ja Toivonen, J. 2016. Koulu, joka päätti vihdoin ottaa homeongelman ja sairastuneet tosissaan. Yle Uutiset.
<https://yle.fi/uutiset/3-8943553>
- Sarja, A. 2010. Rakennuksen tiiviys. (Kuva 1.)

Seikkula, K-M. 2017. Yleisimmät sisäilmaongelmia aiheuttaneet tekijät Kokkolan ja Pietarsaaren kaupunkien omistamissa rakennuksissa sekä rakennuksen sisäilmateknisen katsastuksen kehittäminen. Opinnäytetyö, yliopisto. Itä-Suomen yliopisto, koulutus- ja kehittämispalvelu Aducate.

<https://www.uef.fi/fi/web/aducate/kurssin-2015-2017-opinnaytetyot>

Seuri, M. ja Palomäki, E. 2000. Haasteellinen sisäilma: Riskianalyysi sisäilmaongelmissa. Rakennustieto Oy.

Silvast, J. 2018. Ei ole yhtä syytä. Satakunnan Viikko.

<http://www.satakunnanviikko.fi/paakirjoitus/ei-ole-yhta-syyta-6.56.74293.7b71c99392>

Siikanen, U. 2014. Rakennusfysiikka: perusteet ja sovelluksia. Rakennustieto Oy.

Siikanen, U. 2014. Rakennusfysiikka: perusteet ja sovelluksia. Rakennustieto Oy. (Kuva 3.)

Siikanen, U. 2014. Rakennusfysiikka: perusteet ja sovelluksia. Rakennustieto Oy. (Kuva 4.)

Sisäilmayhdistys www-sivut 2008. Viitattu 15.10.2019.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Yleisimmat-sisailmaongelmat>

Sisäilmayhdistys www-sivut 2008. Viitattu 13.11.2019.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteusvaurioituminen/Kosteusvaurioitumisen-yleisperiaate>

Sisäilmayhdistys www-sivut 2008. Viitattu 4.12.2019.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Perustietoa>

Sisäilmayhdistys www-sivut 2008. Viitattu 8.12.2019.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Fysikaaliset-tekijat>

Sisäilmayhdistys www-sivut 2008. Viitattu 8.12.2019.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet>

Sisäilmayhdistys www-sivut 2008. Viitattu 8.12.2019.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Ilmavirtaukset-rakennuksessa>

Sisäilmayhdistys www-sivut 2008. Viitattu 10.12.2019.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Hiukkasmaiset-epapuh-taudet>

Sisäilmayhdistys www-sivut 2008. Viitattu 11.12.2019.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Kemialliset-epapuh-taudet>

Sisäilmayhdistys www-sivut 2008. Viitattu 13.12.2019.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Sisailmaston-tarkastuslistat/Terveen-koulun-tuntomerkit>

Sisäilmayhdistys www-sivut 2008. Viitattu 13.12.2019.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Katsausmikrobeihin>

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015, 6 §, liite 1.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>

Tilaajan ohje sisäilmasto-ongelman selvittämiseen. 2009. Työterveyslaitos.

<https://www.ttl.fi/tyoymparisto/sisaymparisto/sisailma/sisaymparisto-ohjeita-ja-tyokaluja/>

Tompuri, V. 2018. Kunnat ja hallitus suosisivat elinkaarimallia, mutta urakoitsijoiden tarjoushalukkuus on vähäistä. Rakennuslehti.

<https://www.rakennuslehti.fi/2018/04/kunnat-ja-hallitus-suosisivat-elinkaarimallia-mutta-urakoitsijoiden-tarjoushalukkuus-on-vahaista/>

Työsuojelu www-sivut 2019. Viitattu 2.11.2019.

<https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/tyoymparisto/sisailma>

Ympäristö www-sivut 2013. Viitattu 18.10.2019.

https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Kiinteiston_yllapito_ja_korjaaminen/Kiinteiston_kaytto_ja_huolto_ohje

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 1 luku 2 §.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017, 1 luku 2 §.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017, 3 luku 21 §.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>

LIITTEET

Liite 1: Sisäilmaongelman selvittäminen vaiheittain

Tämä itsekirjoitettu tiivistelmä pohjautuu teokseen:

Kosteus- ja homevauriot: ratkaisuja työpaikoille

Taustatiedon kerääminen ja alustavat selvitykset

-Tutkittavassa kohteessa aikaisemmin tehdyt sisäympäristön laatua ja työntekijöiden terveystilannetta koskevat kyselyt, haastattelut, työpaikkaselvitykset, arviointikäynti-raportit ja mahdolliset tutkimusraportit arvioidaan, ja niistä tehtävistä päätelmistä keskustellaan sisäilmaryhmässä

-Suoritetaan rakennusaikakaudelle tyypillisten riskirakenteiden tunnistaminen

-Tehdään arviointikäynti tutkittaviin tiloihin

-Tarvittaessa tehdään vielä uusia kyselyitä ja haastatteluja esimerkiksi ongelman laajuuden selvittämiseksi

→Sisäympäristön laadun selvittämisessä tarvitaan usein ulkopuolista sisäilmaongelmien ratkaisuun perehtynyttä ja pätevöitynyttä asiantuntijaa. Asiantuntija kerää tietoa tutkittavasta tilasta työpaikan yhteistyötahojen avulla. Selvittelytyö täytyy tehdä yhteistyössä erityisesti työnantajan, rakennuksen omistajan, kiinteistön hoidosta vastaavan henkilön, työsuojeluhenkilön ja työntekijöiden tai heidän edustajansa kanssa

-Aluksi kartoitetaan rakennuksessa aikaisemmin esiintyneet sisäilmasto- ja kosteusvaurio-ongelmat sekä niihin liittyneet tutkimukset ja toteutetut korjaukset (Työterveyslaitos 2014, 35-86)

Arviointikäynti ja alustavat tutkimukset

- Arviointikäynnillä tutkimusmenetelminä käytetään pääasiassa aistinvaraista havainnointia ja haastatteluja. Lisäksi voidaan tehdä pienimuotoisia selvityksiä, esimerkiksi mitata pintakosteutta ja selvittää merkkisavun avulla ilmavirtauksia. Joissakin tapauksissa arviointikäynnillä voidaan kerätä materiaalinäytteitä rakenteista
- Alustavissa selvityksissä arvioidaan myös rakennukseen ja talotekniikkaan liittyviä huoltotoimia ja ylläpitoa sekä sisäilmasto-ongelmiin liittyviä toimintatapoja kohdeorganisaatiossa
- Jos selvitystyössä tarvitaan useita eri alan asiantuntijoita, muodostetaan konsultti-ryhmä
- Työympäristöselvityksen tueksi tarvitaan yleensä aina tietoa työntekijöiden terveydestä. Työntekijöiden terveyden arvioimisessa ja tiedon keräämisessä työterveyshuolto on merkittävässä roolissa. Työterveyshuoltojen tekemissä työpaikkaselvityksissä tai työpaikan riskien arviointi ja hallinta -kartoituksissa on usein hyvin arvokasta tietoa oireilevien työntekijöiden työympäristöstä (Työterveyslaitos 2014, 35-86)

Huomioidaan yleisimmät sisäilmaongelmien aiheuttajat

- Kosteusvauriot
- Ilmanvaihto (Työterveyslaitos 2014, 35-86)

Alustava arvio ja tutkimushypoteesi

- Taustatiedon keräämisen ja alustavien selvitysten (arviokäynnin) pohjalta muodostetaan alustava kuva sisäilmaongelman esiintymisestä, ongelman aiheuttajasta ja sen merkittävydestä, esimerkiksi kosteus- ja/tai homevaurion laajuudesta
- Jos sisäilmaongelma vaikuttaa jo alustavien selvittelyjen jälkeen monitahoiselta ja vaikealta, kannattaa ratkaisuprosessiin valita johtava asiantuntija
- Joissakin tapauksissa sisäilmaongelmien syy ja korjaustarpeet selviävät jo arviokäynnillä. Tällöin lisäselvitykset ongelmien aiheuttajista ja syistä eivät luonnollisesti ole tarpeen
- Useimmiten ongelmien syyt eivät kuitenkaan selviä riittävästi pelkällä arviokäynnillä, vaan tarvitaan yksityiskohtaisempia rakennus- ja ilmanvaihtoteknisiä selvityksiä ja sisäilman laadun tarkempaa tutkimista. Tarkempi jatkotutkimussuunnitelma laaditaan arviokäynnin havaintojen ja tutkimuskohteesta saadun taustatiedon perusteella, yleensä johtavan sisäilma-asiantuntijan avulla

→ Moniammatillisen sisäilmaryhmän tarve määritellään tapauskohtaisesti alustavien selvitysten ja ongelman määrittelyn perusteella. Sisäilmaryhmää tarvitaan, jos:

- Sisäilmasto-ongelmien aiheuttaja on edelleen epäselvä
- Ongelma vaikuttaa haitta- ja oireilmoitusten, sisäilmastokyselyn tai sairaspöissaolosten perusteella laajemmalla työympäristöön liittyvältä ongelmalta
- Kysymyksessä on pitkittynyt sisäilmasto-ongelmatilanne
- Tilanne aiheuttaa huolta tai jännitteitä työyhteisössä
- Rakennukseen on suunnitteilla laaja-alainen peruskorjaus, jonka yhteydessä pitää selvittää sisäilman laatuun vaikuttavien tekijöiden lisäksi tilojen käytettävyyttä ja toiminnallisuutta. Sisäilmaryhmällä on olennainen rooli työtilojen ja rakennuksen tutkimusten ja selvitysten ohjaamisessa sekä viestinnän varmistamisessa ja huolen hallinnassa (Työterveyslaitos 2014, 35-86)

Rakennustekniset tutkimukset

- Rakennustekniset tutkimukset kohdistetaan taustatietojen, kuten rakennetyyppikuvausten, aistinvaraisten arvioiden ja riskirakennekartoitusten, perusteella määritettyihin rakenteisiin. Tavoitteena on selvittää tutkittavan rakenteen kuntoa ja rakennusfysikaalista (lämpö- ja kosteusteknistä) toimivuutta. Lisäksi arvioidaan rakenteen vaikutusta sisäilman laatuun. Rakennusteknisten tutkimusten avulla määritetään vaurioiden laajuutta, ongelmien syitä ja vauriomekanismeja sekä ilmayhteyttä vauriokohdista työtiloihin. Tutkimusten perusteella tehdään esitys sisäilmaryhmälle ongelman syntyyn johtaneista syistä, korjausten laajuudesta ja käytettävistä korjausmenetelmistä

→ Rakenneavauksia rakennekosteusmittauksia varten on suositeltavaa tehdä, kun:

- Selvitetään lattiapäällysteissä tapahtuneita alkalisen kosteuden aiheuttamia vaurioita ja niiden laajuutta
- Epäilläään maaperäkosteuden vaikutusta maanvastaisissa seinä- tai lattiarakenteissa
- Arvioidaan kastuneen rakenteen kuivatustarvetta ja päällystyskelpoisuutta
- Arvioidaan kosteuden vaikutusta rakenteen kuntoon ja toimivuuteen

→ Rakenneavausten yhteydessä voidaan selvittää rakenteen mikrobiologista kuntoa ja vaurioiden laajuutta materiaalinäytteillä. Näytteenottopisteet valitaan aina rakenteen kosteusteknisen toimivuuden kannalta riskialttiista rakennekerroksista, joissa kosteusuhteet ovat mikrobikasvulle suotuisat. Tarvittaessa otetaan vertailunäytteitä

- Rakenneavausten ja mikrobinäytteenoton yhteydessä on erittäin tärkeää arvioida, millainen ilmayhteys vauriokohdasta on sisäilmaan (Työterveyslaitos 2014, 35-86)

Ilmanvaihtotekniset tutkimukset

-Ilmanvaihdon tutkiminen on tarpeen, jos tilojen ilmanvaihto on riittämätöntä tai ilmanvaihdossa havaitaan puutteita, tilojen henkilökuormitus poikkeaa suunnitellusta käytöstä tai tiloissa on epäpuhtauslähteitä, joiden aiheuttamia pitoisuuksia halutaan vähentää sisäilmasta

→ Ilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus (IV-kuntotutkimus):

-Kanaviston kuvaus

-Pölykertymän mittaus

-Paine-eron mittaus

-Mineraalikuitujen ja mikrobien mittaus

-Raportointi ja toimenpide-ehdotukset (Työterveyslaitos 2014, 35-86)

Ilmavirta-, paine-ero- ja ilmatiiveysmittaukset

-Ilmavirtamittaukset

-Paine-eromittaukset

-Rakennuksen vaipan tiiveysmittaukset ja lämpökamerakuvaus (Työterveyslaitos 2014, 35-86)

Rakennusmateriaalien emissiotutkimukset

-Kosteusvaurion seurauksena sisäilman kemiallinen koostumus voi muuttua merkittävästi. Tästä syystä kosteus- ja homevaurioselvityksissä voidaan käyttää myös materiaaliemissiotutkimuksia. Korkea vesiaktiivisuus aiheuttaa rakennus- ja sisustusmateriaalien tai niiden kiinnitysaineiden hajoamista ja kemiallisia muutoksia

-Kun suunnitellaan rakennusmateriaalien emissiotutkimuksia ja tulkitaan mittaustuloksia, pitää muistaa, että rakennusmateriaaleista lähtee kemiallisia päästöjä ympäristöön silloinkin, kun ne eivät ole olleet alttiina kosteudelle

→ Jos materiaaliemissiotutkimuksia lähdetään tekemään, suositellaan niitä tehtäväksi ainakin:

-Seinälevyille

-Betonille ja tasoitteille

-Matoille ja muille lattiapäällysteille

-Lämmöneristeille (Työterveyslaitos 2014, 35-86)

Mikrobit ja mikrobin aineenvaihduntatuotteet

-Kosteus- ja homevauriorakennusten tunnistamisessa ja lähteiden paikallistamisessa käytetään tarvittaessa rakennusteknisten tutkimusten lisäksi mikrobipitoisuuksien ja -lajiston määrittämistä materiaali-, ilma- ja pyyhintänäytteistä:

-Materiaalinäytteiden avulla saadaan tietoa materiaalin mahdollisesta vaurioitumisesta ja vaurion sijainnista

-Ilma- ja pyyhintänäytteillä voidaan saada viitteitä epätavanomaisista mikrobilähteistä

-Johtopäätelmä homevaurion olemassaolosta tai niistä peräisin oleville homesienille altistumisesta sisätiloissa ei saa koskaan perustaa ainoastaan mikrobimittauksiin. Rakennuksen visuaalinen tarkastus ja rakennustekninen selvitys riskirakennekartoituksineen tarvitaan aina (Työterveyslaitos 2014, 35-86)

Homekoiran käyttö mikrobivaurioiden paikallistamisessa

-Työterveyslaitos ei suosittele homekoiran käyttöä ensisijaiseksi menetelmäksi kosteus- ja homevaurioiden tutkimisessa. Ensisijainen tutkimusmenetelmä on kokeneen asiantuntijan tekemä kohteen rakennetekninen selvitys ja sisäilmaongelmien kartoitus

-Koira ilmaisee ainoastaan hajun olemassaolon ja saattaa tehdä ilmaisuja, jotka eivät välttämättä ole varsinaisesti rakenteiden vaurioista johtuvia, mutta vaikuttavat kuitenkin sisäilman laatuun (Työterveyslaitos 2014, 35-86)

Kosteus- ja homevaurioiden terveysvaikutukset

-Lukuisat epidemiologiset tutkimukset ovat osoittaneet, että rakennusten kosteus- ja homevaurioilla on ajallinen yhteys astman pahenemiseen, uusien astmojen syntyyn, hengitystieinfektioihin ja hengitystieoireiluun. Muista terveysvaikutuksista ei ole luotettavaa näyttöä. Hengitystieoireiden ja sairauksien täsmällistä aiheuttajaa ja syntymekanismia ei tunneta. Näin ollen oireilun syy-seuraussuhde on vielä epäselvä, eikä sisäilman mikrobeille tai muille mitattaville altisteille voida asettaa terveysperusteisia raja-arvoja

→Haitallinen altistuminen on todennäköistä, kun:

-Rakennuksessa näkyy kosteus- ja homevaurioita sisäpinnoilla

-Materiaaleissa tai ympäröivissä rakenteissa todetaan mikrobikasvua

-Ilma- tai pölynäytteissä on todettu poikkeavaa altistetta

-Tilat ovat selvästi alipaineisia tai vaurioituneesta tilasta tai rakenteesta on ilmayhteys työskentelytilaan (Työterveyslaitos 2014, 35-86)

Oireilevien henkilöiden tutkiminen työterveyshuollossa

→ Sisäilmaongelma tulee vastaanotolla esiin yleensä kahdella tapaa:

-Joko potilas epäilee terveysongelman liittyvän työpaikan kosteus- ja homevaurioon tai muuhun sisäilmaongelmaan

-Tai lääkäri epäilee esitietojen ja kliinisen tutkimuksen perusteella, että potilaan oireiden taustalla voi olla sisäilmaongelmia

→ Valtaosa kosteusvauriorakennuksiin liittyvistä oireista on ohimeneviä hengitystieoireita, jotka viittaavat normaaliin reagointiin työympäristön epäpuhtauteen. Työterveyshuollon tehtävänä on:

-Selvittää työpaikalta, onko työpaikan sisäympäristössä todettu sisäilman laatua heikentäviä tekijöitä, jotka voisivat selittää oireilun

-Suorittaa oireilevan työntekijän terveystarkastus ja tarvittavat tutkimukset ja tarvittaessa määrittää jatkotoimenpiteet (Työterveyslaitos 2014, 35-86)

Ongelman määrittely

-Ongelman määrittelyssä muodostetaan kaiken tutkimuskohteessa olevan tiedon perusteella kuva siitä, mistä oikeastaan on kysymys, mitkä ovat ongelman taustat ja mahdolliset syyt. Ongelman määrittely voi olla haastavaa, ja usein joudutaan toimimaan arvioiden ja todennäköisyyksien varassa

-Ongelmaa määriteltäessä pitää aina huomioida sisäympäristö ja sen käyttäjät kokonaisuutena. Määrittelyssä pitäisi huomioida samanaikaisesti erilaiset mitattavissa olevat sisäympäristötekijät, tilan käyttäjien kokema sisäympäristö, tilojen käyttäjien terveystilanne ryhmätasolla ja toimintatavat sisäympäristöongelmien tunnistamisessa ja hallinnassa sekä rakennuksen ylläpidossa

→ Sisäilmaryhmän toiminnassa ongelman määrittelyvaihe on tärkeä luottamuksen ilmapiiirin rakentumisen kannalta

-Yhteisymmärrys ongelman ratkaisukeinoista voi olla hyvin vaikea saavuttaa, jos ongelman aiheuttajista ja syistä ei päästä yhteisymmärrykseen. Näin ollen sisäilmaryhmän yhteiset ponnistelut ongelman määrittelemiseksi ovat hyvin merkityksellisiä. Yhteinen näkemys tulisi saavuttaa myös sisäilmaryhmän ja tilojen käyttäjien kesken. Jotta tämä onnistuu, tarvitaan avointa vuorovaikutusta ja taitavaa riskiviestintää sisäilmaryhmän ja tilojen käyttäjien välillä (Työterveyslaitos 2014, 35-86)

Riskinarviointi

-Kun kaikki sisäilmatutkimukset on tehty, arvioidaan altistuminen sisäilman haittatekijöille ja niiden aiheuttamien terveyshaittojen todennäköisyys ja vakavuus

→Riskiarvioinnissa arvioidaan tutkitun kohteen sisäympäristöhaittojen määrää ja laatua, mahdollisen altistumisen voimakkuutta sekä haittojen mahdollisia terveysvaikutuksia

-Riskiarviointi ei saa pohjautua pelkästään kohteissa tehtyihin mittauksiin. Mittausmenetelmät ovat usein epäsuoria ja niihin liittyy epävarmuustekijöitä. Kaikkia sisäilman haittatekijöitä ei pystytä nykyisillä mittausmenetelmillä edes mittaamaan

-Riskiarviointia voidaan tehdä rakennuksessa, jossa tutkimukset on tehty kokonaisvaltaisesti huomioiden rakennuksen kunto, rakenteiden kosteustekninen toimivuus, käytettyjen rakennusmateriaalien erityispiirteet ja talotekniikkajärjestelmien toimintakunto

-Riskinarvioinnin tulokset vaikuttavat korjausten aikataulutukseen. Toimenpiteisiin on ryhdyttävä nopealla aikataululla, jos haitallinen altistuminen arvioidaan todennäköiseksi tai erittäin todennäköiseksi. Jos altistuminen on erittäin todennäköistä, on arvioitava myös, että voidaanko tilaa käyttää korjausten valmistumiseen asti. Jos haitallinen altistuminen on mahdollista, tarvitaan yleensä lisäselvityksiä ja toimenpiteitä kohtuullisella aikataululla. Jos haitallinen altistuminen on epätodennäköistä, ei jatko-toimenpiteitä yleensä tarvita (Työterveyslaitos 2014, 35-86)

Tavoitteiden tarkennus

-Korjauksille tulisi asettaa tavoitteita eli onnistumisen kriteereitä korjausprosessin toteuttamiseen sekä sisäympäristön ja tilojen käyttäjien hyvinvointiin liittyen. Tavoitteiden tulisi olla konkreettisia ja sellaisia, että niiden toteuttaminen voidaan todentaa tai mitata

-Sisäilmaryhmän tulee laatia ongelman määrittelystä, riskinarvioinnista sekä korjausten tavoitteista ja sisällöstä kirjallinen dokumentti (yhteenveto) ja viestiä sen sisällöstä tilojen käyttäjille. Tarvittaessa sisäilmaryhmä voi järjestää tilojen käyttäjille tiedotustilaisuuden, jossa keskustellaan avoimesti ongelmasta ja sen selvitys- ja ratkaisuprosessista. Vuorovaikutteinen viestintä ongelmaa hoitavien ja tilojen käyttäjien välillä on hyvin tärkeää erityisesti huolta herättävissä sisäympäristöongelmissa (Työterveyslaitos 2014, 35-86)