

Joel Kause

VANHAN ASUINRAKENNUKSEN KUNTOTUTKIMUS
KORJAUSSUUNNITTELUN LÄHTÖKOHTANA

Rakennustekniikan koulutusohjelma
2020

Kause, Joel
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2020
Sivumäärä: 59
Liitteitä: -

Asiasanat: Korjausrakentaminen, sisäilma, mikrobit, kosteusvaurio

Rakennusten sisäilmaongelmat ovat olleet yhteiskunnallisesti nyt enemmän esillä kuin aiemmin, koska ihmisten ymmärrys sisäilmaongelmien aiheuttamista terveyshaitoista kasvaa. Asuinrakennuksien korjausrakentaminen on moniongelmaisissa rakennuksissa usein taloudellisesti kannattamatonta ja suuri osa korjauksista epäonnistuu. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten vanhan asuinrakennuksen korjaussuunnittelulle voidaan luoda mahdollisimman hyvät lähtökohdat moniongelmaisessa rakennuksessa.

Tutkimusmenetelminä käytettiin ensin teoriaan perustuvaa kartoittavaa tutkimusosiota sisäilmaongelmia aiheuttavista tekijöistä. Teoriaa sovellettiin tutkimuksen toisessa teknisessä osiossa, jossa suoritettiin kosteus- ja sisäilmateknisiä kenttätutkimuksia. Tutkimuksessa pyrittiin huomioimaan kaikki sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät. Kartoittavassa teoriaosiossa tarkasteltiin myös voimassa olevaa lainsäädäntöä sekä erilaisia toimenpiderajoja sisäilmahaittaa aiheuttaville tekijöille. Tutkimuksessa teknisten tutkimusten kohteina toimi kaksi sisäilmaongelmista kärsivää 1980-luvun alussa rakennettua rivitaloa.

Keskeisenä tutkimustuloksena todettiin ymmärrys asioiden välisiin syy- ja seuraussuhteisiin sekä sisäilmaongelmien syntyminen usein monien tekijöiden summana. Näiden tekijöiden selvittäminen ja kokemusperäinen kokonaisuuden arviointi huomattiin tutkimuksessa erittäin tärkeäksi, sekä onnistuneen korjaussuunnittelun vaatimukseksi. Vanhojen rakennusten rakennusmateriaaleina on käytetty myös terveydelle haitallisia materiaaleja, jotka tulee tuntea haittatekijöitä arvioitaessa. Tutkimuksessa käsiteltiin sisäilmahaittaa aiheuttavien tekijöiden purkutöiden sekä korjaustöiden tärkeimpiä periaatteita, näin saatiin ymmärrystä vuosikymmenten aikana rakennukseen kertyneiden epäpuhtauksien vaikutuksesta. Lain mukaan sisäilmahaittaa aiheuttavat tekijät tulisi korjata, eikä terveyshaittoja saisi sisäilmassa esiintyä. Huolellisella kuntotutkimuksella ja korjaustarpeen arvioinnilla ennen korjaustapojen valintaa, huomattiin tärkeä rooli korjausten onnistumisen kannalta.

Tätä tutkimusta voi hyödyntää esimerkiksi huonosta sisäilmasta kärsivän rakennuksen korjaushanketta suunnitteleva tai sisäilmaongelmista keskeistä tietoa tarvitseva.

OLD RESIDENTIAL BUILDING HUMIDITY AND INDOOR AIR TECHNICAL RESEARCH AS BASIS FOR PLANNING OF REPAIRS

Kause, Joel

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction and civil engineering

January 2020

Number of pages: 59

Appendices: -

Keywords: Renovation, indoor air, microbes, moisture damage

Indoor air problems in buildings have become increasingly important in society as people become more aware of the health effects. Renovation of residential buildings is often economically unviable in multi-problem buildings and many renovations fail. The purpose of this thesis was to find out how the renovation planning of an old residential building can be based on a multi-problem building.

The research methods were first to perform a mapping research on the causes of indoor air problems and apply this knowledge to field research on humidity and indoor air technology. The exploratory section looked at current legislation as well as different action limits for different indoor air harms. In addition, in the theory part of the study, the main principles of decontamination and repair of indoor air pollutants were treated. The study also carried out humidity and indoor air technical studies. The research also carried out humidity and indoor air technical researched. The subject matter was two terraced houses built in the early 1980s with indoor air problems.

The central result of the study was an understanding of the cause-and-effect relationships and the sum of the many factors involved in the development of indoor air problems. The be found of these factors and the evaluation of big picture were found to be very important in the research, also requirement for successful repair planning. Old buildings may have used building materials that are harmful to health and known to cause indoor air problems. Indoor air problems are caused and are also caused by careless or too fast construction. By law, such problems should be corrected and should not occur indoors. Thorough research of the condition and assessment of the need for repairs before choosing the fixing methods, found an important role in the success of the repairs.

This thesis can be used to plan a renovation project for an indoor building, or for information relevant to indoor air problems.

SISÄLLYS

KÄSITTEISTÖ	6
1 JOHDANTO.....	8
2 KOSTEUSVAURIOITUMINEN JA ASUMISTERVEYSASETUS.....	9
2.1 Kosteuslähteet ja kosteuden käyttäytyminen.....	9
2.2 Vesiaktiivisuus ja tasapainokosteus.....	12
2.2.1 Hygroskooppinen kosteuden siirtyminen.....	12
2.2.2 Kapillaarinen kosteuden siirtyminen.....	14
2.3 Mikroilmasto.....	16
2.4 Mikrobivauriot rakenteissa	16
2.5 Toimenpideraja sekä lainsäädäntö	19
3 PAINESUHTEIDEN JA ILMATIIVEYDEN VAIKUTUKSET	21
3.1 Painesuhteiden ja ilmatiiveyden vaikutus sisäilman laatuun.....	21
3.2 Savupiippuvaikutus.....	21
3.3 Rakennuksen lämpökuvaus.....	22
4 HAITTA-AINEET JA EPÄPUHTAUDET ASUINRAKENNUKSISSA.....	23
4.1 Haitta-aineet yleisesti.....	23
4.2 PAH-yhdisteet.....	23
4.3 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC/TVOC).....	24
4.4 Radon.....	25
4.5 Hiukkasmaiset epäpuhtaudet	26
5 ASUMISTERVEYSASETUKSEN MUKAISEN TOIMENPIDERAJAN YLITYMINEN	26
5.1 Kosteusmittaukset.....	26
5.1.1 Pintamittaukset	26
5.1.2 Mittaukset rakenteiden sisäpuolelta	27
5.2 Rakenteiden kuivattaminen ja korjauksien tavoite	27
5.3 Korjaushankkeen aloittaminen.....	28
5.4 Suunnittelun aloittaminen	29
5.5 Korjauslaajuus.....	29
5.6 Haitta-aineiden kartoitus ja purkutyöt	30
5.7 Korjaustapojen valinta	31
6 REFERENSSIKOHDE JA LÄHTÖKOHDAT.....	32
6.1 Rivitalojen tutkimuksen lähtökohdat	32
6.2 Referenssikohteet.....	32
6.3 Referenssikohteen kuntoarvio.....	36

7	REFERENSSIKOHTTEEN KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS	36
7.1	Referenssikohteen tutkimussuunnitelma ja menetelmät.....	36
7.2	Referenssikohteen tutkimuksen havainnot	39
7.2.1	Ulkopuoliset alueet.....	39
7.2.2	Perustus- ja alapohjarakenteet	41
7.2.3	Ulkoseinärakenteet	44
7.2.4	Väliseinärakenteet	46
7.2.5	Yläpohjarakenteet.....	48
7.2.6	Ilmanvaihto	50
7.3	Referenssikohteen tutkimusten johtopäätökset ja yhteenveto	53
8	TUTKIMUKSEN YHTEENVETO	53
8.1	Tutkimustulos ja pohdinta.....	53
	LÄHTEET.....	56
	LIITTEET -	

KÄSITTEISTÖ

Absoluuttinen kosteus = [kg/m³, g/m³]. Ilmassa olevan vesihöyryn määrä.

Diffuusio = Kosteuden siirtyminen vesihöyrynä rakenteen läpi, kohti pienempää vesihöyryn osapainetta. Tyypillisesti lämpimästä kylmempään päin.

Höyrynsulku = Sisäilman kosteuden diffuusista siirtymistä rakenteeseen rajoittava kerros.

Johtuminen = Liike-energian siirtyminen molekyylistä toiseen. Lämpö pyrkii siirtymään kylmään päin.

Kastepiste = Lämpötila, jossa ilmassa oleva kosteus saavuttaa kyllästyspisteen ja muuttuu vedeksi.

Kondensoituminen = Vesihöyryn tiivistyminen vedeksi. Rakenteissa kosteuden tiivistyminen ilman lämpötilaa kylmemmän materiaalin pintaan.

Konvektio = Ilmavirtauksen mukana tapahtuva kosteuden siirtyminen. Kts. luonnollinen tai pakotettu konvektio.

Kosteusvauriomekanismi = Nykyrakennusfysiikassa tunnettu kosteusvauriota aiheuttava fysikaalinen kosteuden siirtymistapa kosteudesta vaurioituvaan rakenteeseen.

Kyllästyskosteus = Tietyssä lämpötilassa oleva absoluuttisen kosteuden arvo, eli suhteellinen kosteus 100%.

Kuntoarvio = Kiinteistön teknisten järjestelmien korjaustarpeen arviointi rakenteita rikkomattomin menetelmin.

Kuntotutkimus = Tutkimus, jonka tarkoituksena on selvittää esimerkiksi rakenteen, rakennusosan tai järjestelmän, kuten ilmanvaihtolaitteiston kuntoa käyttämällä mitauksia, rakenneavauksia tai laboratoriotutkimuksia.

Kuntotarkastus (asuntokaupan yhteydessä) = Asuntokauppojen yhteydessä yleisen toimintamallin mukainen kuntotarkastus, jossa arvioidaan pääasiassa rakenteita rikkomattomien menetelmien avulla rakennuksen korjaustarpeita ja vaurioita.

Luonnollinen konvektio = Ilman tiheyseroista johtuva pystysuora ilman virtaus.

Maanpaineseinä = Maanvastainen seinä, johon kohdistuu maanpaine sekä maaperän kosteusrasitus.

Pakotettu konvektio = Paine-eron vaikutuksesta tapahtuva ilman virtaus.

Peruskorjaus = Peruskorjaus termillä tarkoitetaan yleisesti rakennuksen tason nostamista uudenveroiseksi. Esimerkiksi kylpyhuoneiden uusiminen on peruskorjausta.

Pintakosteusmittari = Sähkönjohtavuuden mittaukseen perustuva suhteellisen kosteuden arviointiin tarkoitettu laite.

Rakennuskosteus = Rakennusmateriaalissa jo rakentamisen aikana esimerkiksi rakentamisesta tai varastoinnista johtuvaa ylimääräistä kosteutta.

Riskirakenne = Aikaisemmin yleisesti käytetty rakennetyyppi, joka on nykyään todettu kosteusvaurioille alttiiksi.

Suhteellinen kosteus (RH%) = Ilmassa oleva vesihöyry suhteessa enimmäisvesihöyrymäärään.

Tuulensuojalevy = Levy, joka rajoittaa tuulen paine- ja ilmavirtausvaikutuksia rakenteen sisällä sekä suojaa konvektiivisten virtausten haitallisia vaikutuksia lämmöneristeissä.

Vesihöyrynläpäisevyys = Aineen kyky päästää vesihöyryä lävitseen (kg/msPa).

Vesihöyrynvastus = Aineen vesihöyryyn virtausta vastustava ominaisuus (m² sPa/kg).

1 JOHDANTO

Uskallanko ostaa tai myydä vanhaa taloa? Tämä ongelma on tällä hetkellä esillä enemmän kuin koskaan aiemmin. Rakennusten sisäilmaongelmat ovat yksi yhteiskuntamme suurimpia haasteita rakennuskantamme vanhetessa. Ihmiset ovat tulleet entistä tietoisemmiksi sisäilmanlaadun vaikutuksista terveyteemme. Kansantaloudellisesti arvioituna asia on myös erittäin huolestuttava. Suomalaisten omaisuudet ovat suurelta osin kiinni vanhenevassa rakennuskannassa. Mistä tietää mitä tulisi korjata?

Asuntokaupoista riidellään jatkuvasti käräjäoikeuksissa, hovioikeuksissa ja jopa korkeimmassa oikeudessa asti. Oikeusprosessit ovat pitkiä ja henkisesti ja taloudellisesti raskaita asianomaisille. Mitä asunnon omistajan tulee selvittää rakennuksen kunnosta ennen korjaustöihin ryhtymistä? Miten vanhan asuinrakennuksen korjauslaajuus tulisi määrittää vastuullisesti lakien, asetusten ja rakentamismääräysten mukaan? Mitä tekijöitä kosteus- ja sisäilmateknisessä kuntotutkimuksessa tulee huomioida korjaustarvetta arvioitaessa? Miten korjaussuunnittelun lähtökohtana ja minkälaista ammattitaitoa tutkijalta vaaditaan?

Tässä opinnäytetyössä lähden tutkimaan näitä asioita tekemällä ensin kartoittavan teorialuokituksen. Osiossa selvitan lainsäädännön asettamia vaatimuksia sisäilmaan vaikuttavien tekijöiden arvioinnissa. Mitä tulisi ottaa huomioon sisäilman laadua arvioitaessa ja tekijöitä kartoittaessa, ennen korjaustapojen valintaa? Mitä kaikkea asunnon omistajan tulisi tietää tai selvittää rakennustekniikasta lähtiessään korjaushankkeeseen tai tehdessään investointipäätöstä?

Opinnäytetyössäni käytän kartoittavaan tyyliin tehdyn teoriaosion lisäksi, teknistä osiota. Teknisessä osiossa sovellan hankittua teorialuokituksen tietoa käytännössä. Suoritan tiedonhankintamenetelmänä tässä osiossa yhdessä rakennusterveysasiantuntijan kanssa kahden 1980-luvun alussa rakennetun sisäilmaongelmaisen rivitalon kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen. Lopussa pohdin, mikä tekee kosteus- ja sisäilmateknisestä tutkimuksesta onnistuneen, korjaussuunnittelun lähtötietojen hankinnassa.

2 KOSTEUSVAURIOITUMINEN JA ASUMISTERVEYSASETUS

Kosteusvaurioita syntyy rakennusosiin jatkuvan kosteuden tai kuivumisen pitkittymisen seurauksena. Rakennusosan pysyessä pitkään kosteana, alkaa siihen mahdollisesti kasvaa home- ja lahosieniä, hiivoja ja bakteereita, joita yhteisesti kutsutaan mikrobeiksi. Mikrobikasvun edellytyksenä on pidempiaikainen kosteus, sillä rakennuksen kuivuessa heti kostumisen jälkeen, ei mikrobikasvua ehdi syntyä. Yleisesti kosteusvauriot johtuvat:

- suunnitteluvirheistä tai suunnitelman puutteesta
- rakennusaikana tehdystä virheistä
- laadunhallinnan puutteista
- rakennusosien vanhenemisesta ja puutteellisesta huollosta
- käyttövireistä

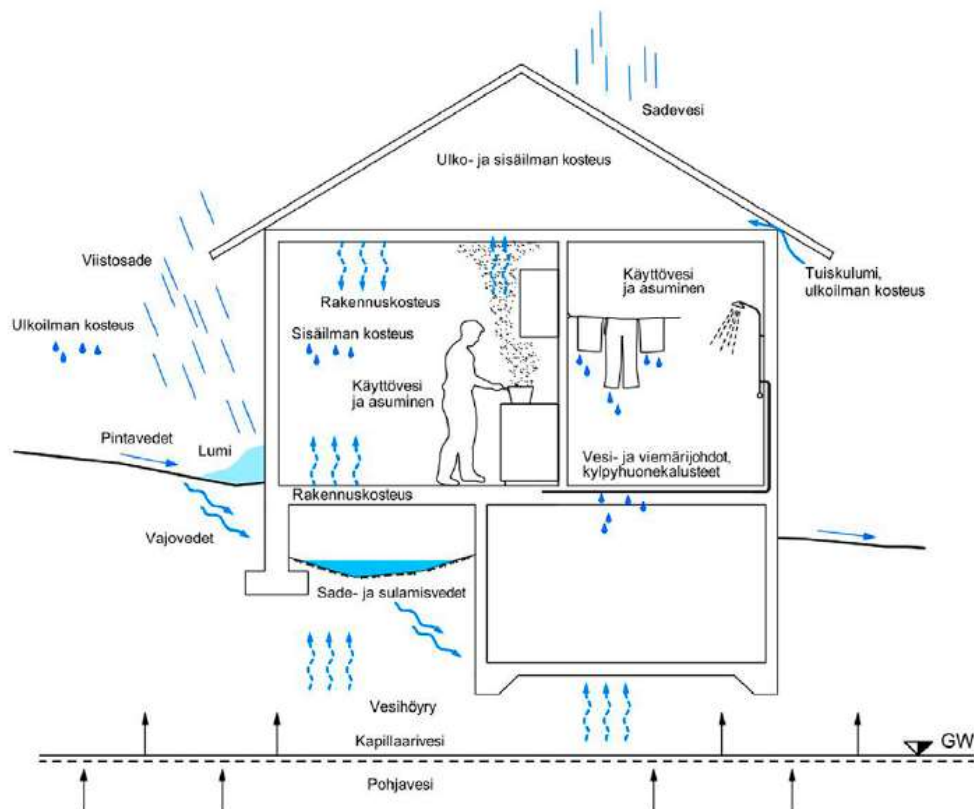
(RT 05-10710 Kosteus rakennuksissa)

Kosteus- ja mikrobivaurion ilmetessä, ne tulisi korjata ja niihin johtaneet syyt poistaa korjauksen yhteydessä. Mikäli korjauksiin ja vaurioihin johtaneiden syiden poistamiseen ei ryhdytä, terveydensuojelulain (763/1994) mukaan kunnan terveydensuojeluviranomainen (ympäristölautakunta) voi kieltää tai rajoittaa rakennuksen tilojen käyttöä. Työpaikkojen olosuhteita koskee Työturvallisuuslaki (299/1958). Kosteusvaurion syyt tulee selvittää, jonka perusteella tehdään korjaussuunnitelma.

(RT 05-10710 Kosteus rakennuksissa)

2.1 Kosteuslähteet ja kosteuden käyttäytyminen

Kun selvitetään rakenteiden kosteus- ja mikrobivaurioita, tulee huomioida sekä ulkopuoliset, että sisäpuoliset kosteuslähteet.



Kuva1. Rakennuksen kosteuslähteet. (Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)

Kosteuslähteitä arvioitaessa tulee ymmärtää ilmankosteuden käyttäytyminen sekä lämpimän ilman kyky sitoa enemmän kosteutta kuin kylmän. Kun lämpötila pysyy vakiona ja ilman vesihöyrynpitoisuus kasvaa, saavuttaa ilmankosteus kyllästystilan, joka on suurin määrä vesihöyryä ilman, että kosteus tiivistyy vedeksi. Kun taas suhteellisella kosteudella tarkoitetaan ilmassa olevan vesihöyryn määrän sekä ilman lämpötilaa vastaavan kyllästystilan vesihöyryn määrän välistä suhdetta. Suhteellisen kosteuden selvittäminen onnistuu myös ilman vesihöyryn osapaineen ja kyllästystilan vesihöyryn osapaineen suhteena:

$$RH = 100 \% * \frac{v_i}{v_k} = 100 \% * \frac{P_i}{P_k}$$

RH = ilman suhteellinen kosteus [%],

v_i = ilman vesihöyryn määrä [g/m³],

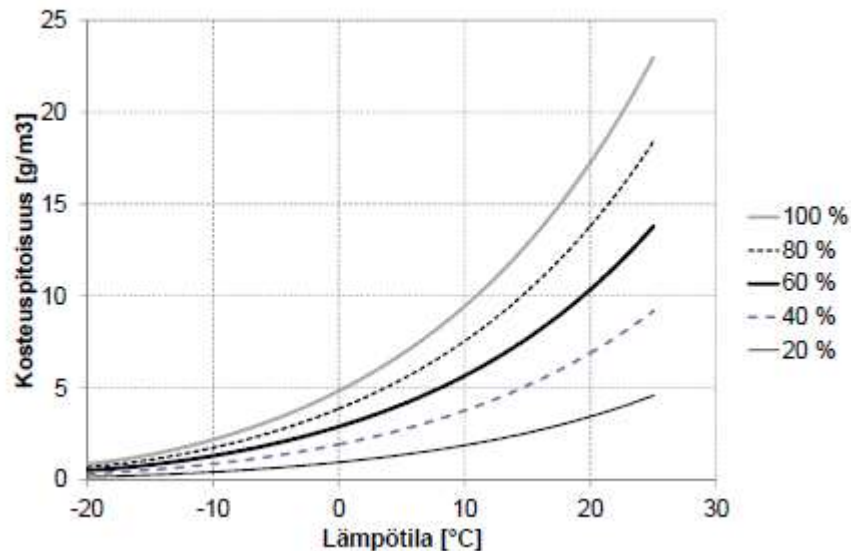
v_k = tarkasteltavaa ilman lämpötilaa vastaava kyllästystilan vesihöyryn määrä [g/m³],

p_i = vesihöyryn osapaine [Pa]

p_k = kyllästystilan vesihöyryn osapaine [Pa].

Suhteellinen kosteus on 100 %, kun ilma on kyllästystilassa.

(Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)



Käyrä 1. Ilman sisältämän vesihöyryn määrän riippuvuus ilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta. (Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)

Sisäilman kosteus riippuu ulkoilman kosteudesta, huonetilan kosteustuotosta ja tilan ilmanvaihtuvuudesta. Eri tekijöiden merkitystä voidaan arvioida tasapainotilanteessa kaavalla:

$$v_s = v_u + \frac{G}{nV}$$

v_s = sisäilman kosteuspitoisuus [g/m³],

v_u = ulkoilman kosteuspitoisuus [g/m³],

G = sisätilan kosteustuotto [g/h],

n = ilmanvaihtokerroin [1/h],

V = huoneen tilavuus [m³],

G/nV = sisäilman kosteuslisä, riippuu tilan käytöstä sekä ilmanvaihtuvuudesta. Kosteuslisä voidaan laskea arvioimalla tilan kosteustuotto, ilmanvaihtokerroin ja tilavuus. Jos kosteustuottoa ei erikseen arvioida, kosteuslisänä voidaan laskelmissa käyttää arvoa 3 g/m³. Rakennesuunnittelussa käytetään sisäilman kosteuslisälle

mitoitusarvoja 3–5 g/m³ (talvi) ja 1–2 g/m³ (kesä) riippuen rakennuksen käyttötarkoituksesta.

(Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)

2.2 Vesiaktiivisuus ja tasapainokosteus

Vesiaktiivisuudella tarkoitetaan materiaalissa olevien homeiden sekä muiden mikro-
bien käytettävissä olevaa veden määrää. Vesiaktiivisuus on materiaalissa olevan vesihöyryn osapaineen sekä puhtaan veden vesihöyryn osapaineen suhde:

$$a_w = p/p_0$$

p = materiaalin vesihöyryn osapaine,

p_0 = tislattun veden vesihöyryn osapaine samassa lämpötilassa.

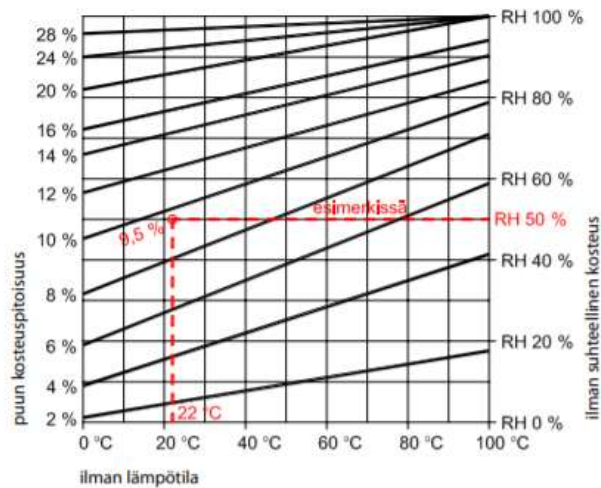
Kun olosuhteet ovat stabiilit tasapainottuu vesiaktiivisuus ympäröivän ilman suhteelliseen ilmankosteuteen (RH), siten että vesiaktiivisuus = RH / 100 %. Tässä tapauksessa puhutaan tasapainokosteudesta (ERH).

(Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)

2.2.1 Hygroσκοoppinen kosteuden siirtyminen

Materiaalin kykyä sitoa tai luovuttaa kosteutta ilmasta kutsutaan hygroσκοoppisuudeksi. Se luovuttaako, vai sitooko materiaali kosteutta, riippuu ympäröivän ilman kosteudesta. Tasapainokosteus riippuu myös lämpötilasta, koska matalammassa lämpötilassa sitoo materiaali enemmän kosteutta. Ympäröivän ilman ja eri materiaalien kosteuspitoisuuden riippuvuutta voidaan kuvata tasapainokosteuskäyrillä.

(Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)



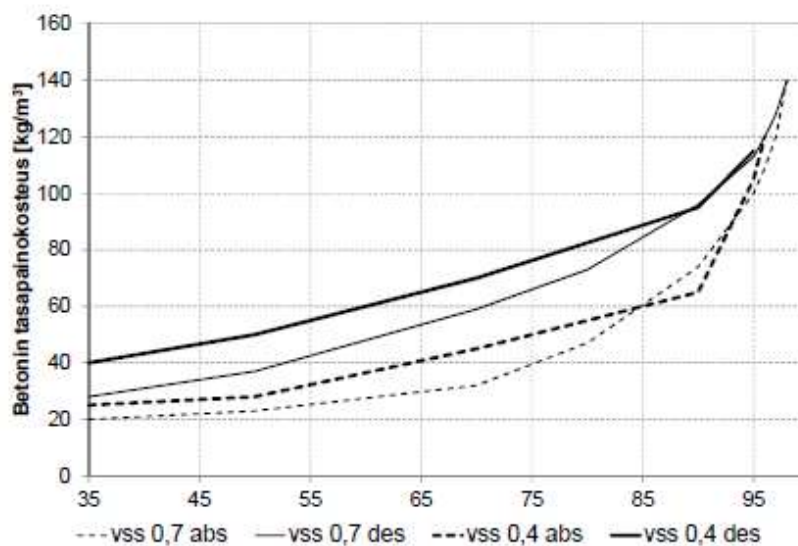
Esimerkki kuvan soveltamisesta (punainen katkoviiva)

Lähtötiedot:

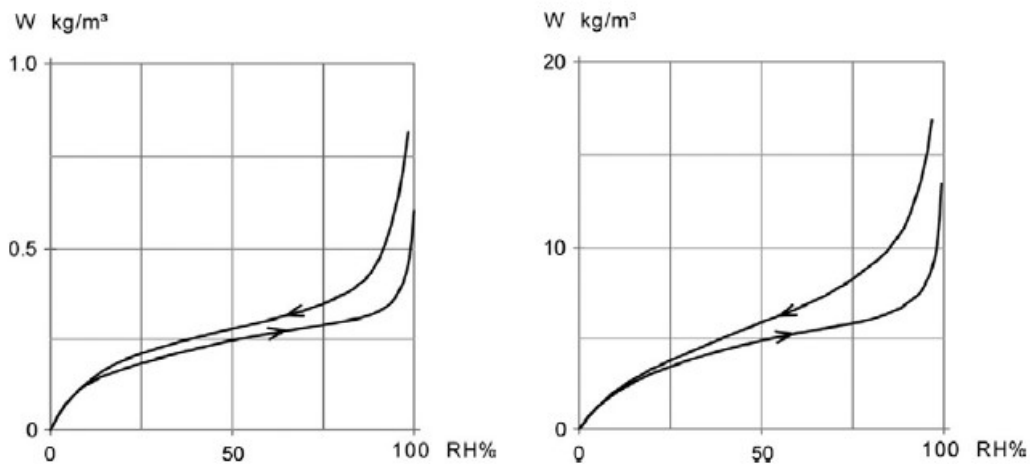
- sisäilman lämpötilä + 22 °C
- sisäilman suhteellinen kosteus RH 50 %.

Taulukosta nähdään, että puun kosteuspitoisuus on lähtötietojen mukaisessa tapauksessa noin 9,5 %. Näin ollen esimerkiksi lattialautojen kosteuspitoisuuden tulee asennusvaiheessa olla vähemmän kuin 10 %, jotta lautojen kosteusmuodonmuutokset voidaan minimoida.

Käyrä 2. Puun kosteuspitoisuuden ja ilman suhteellisen kosteuden riippuvuus. (RT 21-11288 Puutavara, Sahattu ja höylätty)



Käyrä 3. Betonin tasapainokosteuskäyrät kastumis- (adsorptio-) ja kuivumis- (desorptio-) vaiheessa eri vesisementtisuhteella (vss). (Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)

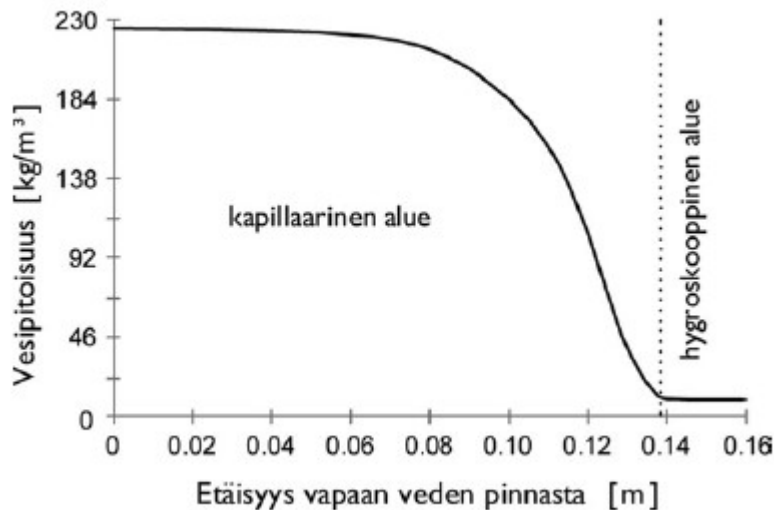


Käyrä 4. Mineraalivillan (vas.) ja tiilen (oik.) tasapainokosteuskäyrät. Huom. ero y- akselin asteikossa. (Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)

2.2.2 Kapillaarinen kosteuden siirtyminen

Kapillaarinen kosteustasapaino tarkoittaa kosteuspitoisuutta, johon materiaali asettuu kosketuksissa vapaaseen veteen. Huokosalipaine imee kosteutta, jolloin vesi nousee tasolle, jossa huokosalipaine ja painovoima ovat tasapainossa. Kapillaarisen materiaalin ollessa kosketuksissa kapillaarisen alueen materiaaliin kuten maaperään, voidaan myös saavuttaa kapillaarinen tasapaino. Kosteuspitoisuus voi olla myös kapillaarisella alueella, mikäli siinä on rakennusaikaista kosteutta. Kosteustasapainolle kapillaarisella alueella on ominaista, että kosteus on suurempi kuin hygroskooppisella alueella olevan materiaalin kosteustasapaino.

(Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)



Käyrä 5. Tiilen kapillaarisesti ja hygrooskooppisesti sitoma vesimäärä. (Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)

Se miten paljon materiaalilla on kykyä sitoa kapillaarista kosteutta, riippuu materiaalin huokosjakaumasta. Jos tarkastellaan esimerkiksi tiilen kykyä sitoa kapillaarista kosteutta, pystyy se sitomaan kuivapainostaan korkeintaan noin 7-25%, jolloin tiilen sitoma vesimäärä on 120-420kg/m³. Hygrooskooppisesti tarkasteltuna tiilen sitoma vesimäärä on suuruusluokaltaan noin 15kg/m³, riippuen tiililaadusta. Rakeisella materiaalilla on myös kyky sitoa kapillaarista kosteutta. Mitä hienompirakeinen materiaali on, sitä suurempi on sen kyky sitoa kosteutta. Kun tarkastellaan esimerkiksi saven kykyä sitoa kosteutta, pystyy se sitomaan suuruusluokaltaan 400-800kg/m³ vesimäärän. Eri-laiset kapillaariset maa-ainekset saavuttavat tasapainokosteuden eri nousukorkeudessa, kun esimerkiksi löyhän hiekan nousukorkeus saattaa olla 0.3m, kun taas tiiviillä savella yli 10 metriä. Koska rakenteet suunnitellaan yleensä siten, että kosteus ei ole kapillaarisella alueella (pl. rakenteet, jotka suunnitellaan ottamaan vastaan vapaan veden kosteusrasitus), kertoo korkeat kosteuslukemat usein rakenteiden virheellisestä toiminnasta. Suunnittelussa on myös otettava huomioon rakenteiden rakennuskosteuden kuivumismahdollisuudet rakenteita vaurioittamatta. Homehtumis- sekä vaurioitumisriski on kapillaarisella alueella olevilla rakenteilla erittäin suuri, joten se edellyttää nopeita korjaustoimia.

(Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)

2.3 Mikroilmasto

Mikroilmastosta puhuttaessa tarkoitetaan rakennuksen tai rakenneosan välittömässä läheisyydessä tai pinnalla olevaa ilmasto-olosuhdetta. Mikroilmastoon vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi tuuli, kasvillisuus, auringon säteily tai läheiset rakennukset. Ympäristöstä mikroilmastoon tuleva vaikutus perustuu tuulivirtauksien ja auringon säteilyn jakautumista ohjaavaan reaktioon. Tuuli aiheuttaa virtaus- ja painekenttiä, jotka vaikuttavat rakenteissa olevien tuuletusvälien toimintaan sekä myös rakenteiden kuivumiseen. Ilmavirtaukset saattavat jäähdyttää rakennetta tai lisätä viistosateen aiheuttamaa kosteusrasitusta. Mikroilmaston vaikutus rakenteessa voi olla huomattava, mikäli olosuhteet ovat huomattavasti erilaiset suunnittelun lähtökohtana käytetystä makroilmastosta.

(Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)

2.4 Mikrobivauriot rakenteissa

Rakennuksen sisäilmassa, sekä rakenteissa esiintyy erilaisia mikrobeja, joita kulkeutuu rakennukseen luonnosta, jossa niitä esiintyy joka puolella. Luonnosta kulkeutuneet mikrobit saattavat sisältää kosteusvauriomikrobeja.

(Hengityслиitto, [www-sivut](#))

Yleisesti puhuttaessa rakennuksessa olevista mikrobeista tarkoitetaan home-, hiiva ja lahottajasieniä sekä bakteereja. Nämä mikrobit riippuen suvusta ja lajista, tuottavat aineenvaihduntatuotteinaan itiöitä, rihmaston kappaleita sekä erilaisia kaasuja ja toksiineja aineenvaihduntatuotteinaan. Sisäilmassa suuret määrät homeita, niiden itiöitä, aineenvaihduntatuotteita ja toksiineja, saattavat aiheuttaa haittaa ihmisen terveydelle.

(Hengityслиitto, [www-sivut](#))

Yleensä rakennuksessa esiintyvät mikrobit ovat ulkoilmassa tavanomaisia *Penicillium*-, *Cladosporium*- ja *Aspergillus*-suvun homeita sekä pieniä määriä kosteusvauriomikrobeja kuten esimerkiksi *Streptomyces*-suvun aktinobakteereja (sädesieni). Kosteusvauriossa mikrobikanta muuttuu, jolloin kasvavat nopeakasvuiset homeet.

Kosteuden jatkuessa alkaa kosteusvauriomikrobien kasvu, jonka jälkeen materiaalissa olevan kosteuden jatkuessa pitkään riittävän suurena, mahdollistuu lahottajasienten kasvu.

(Hengitysliitto, www-sivut)

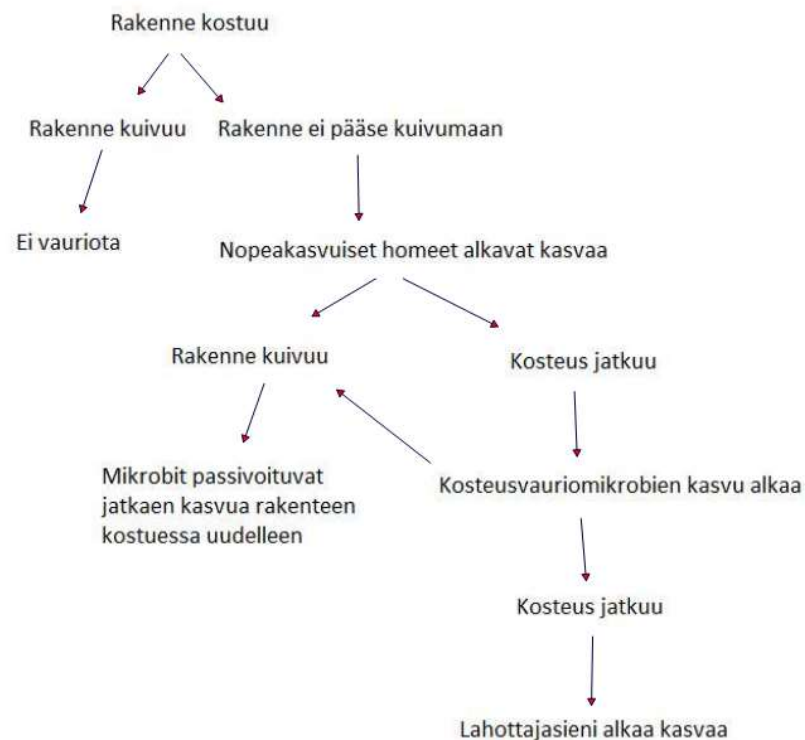
Hiivakasvustot vaativat yleensä kasvaakseen korkeita kosteuspitoisuuksia ja korkeampia lämpötiloja, jolloin niitä esiintyy pääosin homesienten yhteydessä kosteissa tiloissa.

(Hengitysliitto, www-sivut)

Kosteusvaurioituneen rakenteen kuivuminen väliaikaisesti ei tuhoa syntynyttä mikrobikasvustoa. Olosuhteiden muuttuessa liian kylmäksi, kuumaksi tai rakenteen kuivussa mikrobikasvusto menee lepotilaan ja pysyvät elinkykyisinä lajista riippuen useista viikoista vuosiin. Itiöiden sietäessä hyvin kuivuutta jatkaa osa mikrobeista jälleen kasvua olosuhteiden muuttuessa kasvulle suotuisiksi. Yleisiä sisäympäristön pitkään kuivassa elinkykyisinä säilyviä mikrobeja ovat mm. Penicillium-suvun homeet, hiivat ja sädesienet.

(Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)

Mikrobivaurion syntyminen ja eteneminen



Kuvio 1. Mikrobivaurion syntyminen ja eteneminen.

Kosteus- ja homevaurion voi tunnistaa esimerkiksi pistävänä tai kellarimaisena hajuna. Haju saattaa vaihdella, koska hajua aiheuttavat mikrobin aineenvaihduntatuotteet, jotka vaihtelevat mikrobilajiston sekä kasvualustan eli rakennusmateriaalin mukaan. Kasvusto saattaa jopa olla havaittavissa rakennusmateriaalin pinnalla. Jos vaurioitunutta rakennusmateriaalia ei ole poistettu, se saattaa olla terveydelle haitallinen, vaikka rakenne olisikin kuiva.

(Valvira, [www-sivut](#))

Mikrobien aineenvaihduntatuotteiden (VOC ja toksiinit) tai hiukkasten (esim. mikrobit, itiöt ja rihmaston kappaleet) päästessä sisäilmaan, saattavat ne aiheuttaa lukuisia erilaisia terveyshaittoja. Oireiluun vaikuttavia tekijöitä ovat altisteen pitoisuus ja laatu, altistumisajan pituus sekä yksilölliset tekijät, mm. perintötekijät, ikä, hengitystiesairaudet ja muut sairaudet.

Terveyshaitat, joita tavataan kosteusvaurioituneissa tiloissa, voidaan jakaa oireisiin ja sairauksiin alla olevan kuvion mukaisesti:



Kuvio 2. Mikrobien terveyshaitat kosteusvauriokohteessa.

(Sisäilmayhdistys ry, www-sivut)

2.5 Toimenpideraja sekä lainsäädäntö

Terveydensuojelulaissa 26§:ssa on säädetty asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä vaatimuksista. Lain mukaan olosuhteet tulisivat olla sellaiset, ettei asunnossa oleskeleville aiheudu terveyshaittaa. Mikrobeja ei myöskään saisi esiintyä siinä määrin, että niistä aiheutuisi terveyshaittaa.

(Terveydensuojelulaki 19.8.1994/763)

Toimenpiderajoista on säädetty Ympäristöministeriön Asumisterveysasetuksessa, joiden ylittyessä rakennuksesta vastuussa olevan on terveydensuojelulain mukaan ryhdyttävä toimenpiteisiin terveyshaitan selvittämiseksi sekä tarvittaessa poistamiseksi tai rajoittamiseksi. Toimenpiderajojen arvioinnissa tulee huomioida lisäksi asetuksen 3§:n yleiset arviointiperusteet. Mikäli toimenpiderajoja sovelletaan, terveyshaitta tulee arvioida kokonaisuutena, huomioiden altistuksen toistuvuus, kesto, todennäköisyys, mahdollisuus välttyä altistumiselta tai poistaa häirtatekijä ja poistamisesta aiheutuvat olosuhteet.

(STM:n asetus (545/2015) asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista (TsL 32§))

Ympäristöministeriön Asumisterveysasetuksessa §20 on ilmoitettu toimenpiderajoja koskien mikrobivaurioita, jonka mukaan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota, jos sisätiloissa oleva voi sille altistua. Kosteusvaurioksi todetaan aistinvaraisesti tai tarvittaessa mikrobianalyysin varmistettu mikrobikasvu rakennuksen sisäpinnalla, rakenteen sisällä, mikäli rakenne ei ole kosketuksissa ulkoilmaan tai maaperään. Lisäksi kosteusvaurioksi katsotaan mikrobikasvu siten, että sisätiloissa oleva voi sille altistua.

(STM:n asetus (545/2015) asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista (TsL 32§))

Terveydensuojelulain §27:n mukaan: Rakennuksen rakenteista sekä perusjärjestelmistä on vastuussa pääasiassa rakennuksen omistaja ja tilojen käytöstä johtuvan haitan poistamisesta on vastuussa tilojen haltija. Kunnan terveydensuojeluviranomainen voi tarvittaessa asettaa rakennuksen kokonaan tai osittain käyttökieltoon, lisäksi terveydensuojeluviranomainen voi antaa määräyksen rakenteen kuntotutkimuksen suorittamisesta.

(Terveydensuojelulaki 19.8.1994/763)

Valviran ohjeessa asunnon terveysthaidan selvittämismprosessiin on luvussa 5.8 käsitelty terveysthaidaa aiheuttavan olosuhteen vakavuuden arviointia. Ohjeen mukaan toimenpiderajoja ei voida pitää tarkkoina raja-arvoina. Arviointiin liittyy toimenpiderajojen tapauskohtaista tulkittsemista. Päätöksen haidan olemassaolosta tekee terveydensuojeluviranomainen tutkimuksien tulosten sekä harkinnan perusteella. Asiantuntija selvittää rakennuksen vaurioita sekä epäpuhtauksien lähteitä ja arvioi niiden kulkeutumista sisäilmaan. Asiantuntija myös vertailee tutkimustuloksia annettuihin ohjeisiin sekä toimenpiderajoihin.

(Valvira, Ohje asunnon terveysthaidan selvittämismprosessiin)

Työpaikat ja niiden toimintatavat eroavat asuntoihin nähden mm. siinä, että työpaikoilla noudatetaan työterveyslakia, kun arvioidaan työympäristön vaaroja ja haitte-kijöitä.

(Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen, Työterveyslaitos)

3 PAINESUHTEIDEN JA ILMATIIVEYDEN VAIKUTUKSET

3.1 Painesuhteiden ja ilmatiiveyden vaikutus sisäilman laatuun

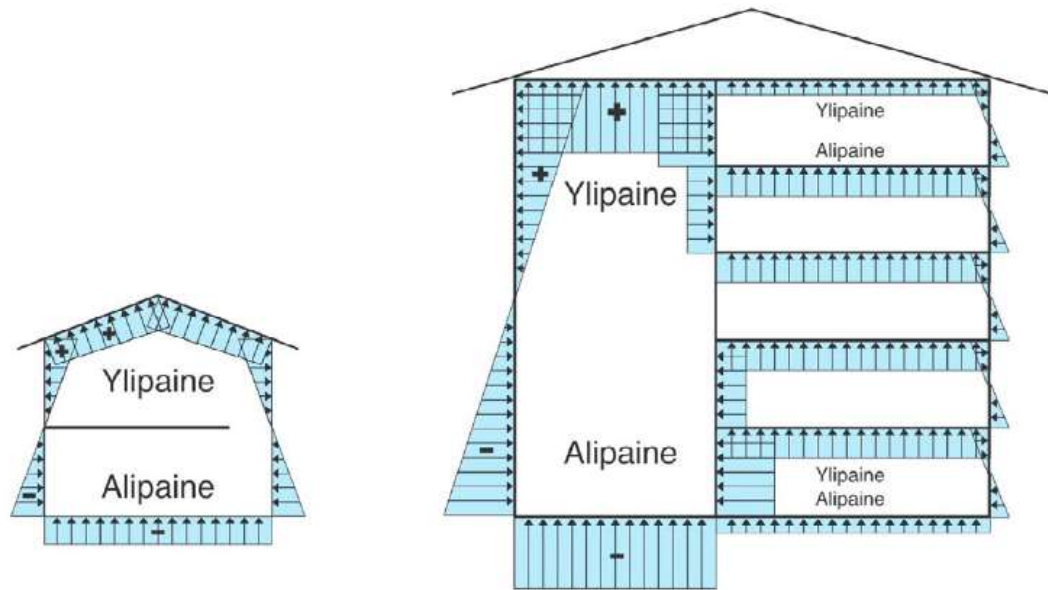
Rakennuksen painesuhteet muodostuvat useasta tekijästä: tilojen käytön, ilmanvaihdon ja savupiippuvaikutuksen sekä tuulen yhteisvaikutuksesta. Tyypillisesti painesuhteet vaihtelevat ja ne voivat muuttua hyvin nopeasti ja voimakkaasti. Paine-erojen seurauksena ilma saattaa virrata esimerkiksi rakennuksen eri kerrosten välillä, huoneti-
lasta toiseen tai rakennuksen ulkovaipparakenteiden läpi. Ilmavirtauksien mukana siir-
tyy lämpöä ja kosteutta, jonka lisäksi ilmavirtaukset kuljettavat esimerkiksi radonia,
hiukkasia, mineraalivillakuituja, mikrobiperäisiä epäpuhtauksia, hajuja tai muita epä-
puhtauksia sisäilmaan. Suomessa rakennusten tavanomainen ilman virtaussuunta on
ulkoa ja maaperästä huonetilaan päin. Ulkovaipan rakenteissa ja rakennuksen alapuo-
lisessa maaperässä on lähes aina epäpuhtauksia, kuten mikrobeja tai radonia, jotka
päästessään sisäilmaan heikentävät sen laatua. Tämän takia ilmanvaihdon korvausil-
maa ei tulisi ottaa rakenteista tai rakennuksen alta, vaan tuloilmaventtiilien tai raitisil-
manottoaukkojen kautta hallitusti. Yleensä rakenteiden liittymät eivät ole täysin ti-
viitä, vaan tiiviiden liittymien toteuttaminen vaatii kohdekohtaista suunnittelua. Epä-
tiivetyshavaita havaitaan tyypillisesti alapohjan ja ulkoseinien liittymässä sekä ikkunoi-
den ja ulkoseinärakenteen liittymäkohdassa. Rakenteiden ilmatiiveyttä parannettaessa,
muuttuu myös rakennuksen painesuhteet. Tehtyjen rakenteiden ilmatiiveyttä paranta-
vien toimenpiteiden jälkeen tulee korvausilman saannin riittävydestä
varmistua. Koneellisessa ilmanvaihdossa tulo- ja poistoilmamäärät tulee säätää vas-
taamaan muuttuneita painesuhteita.

(Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)

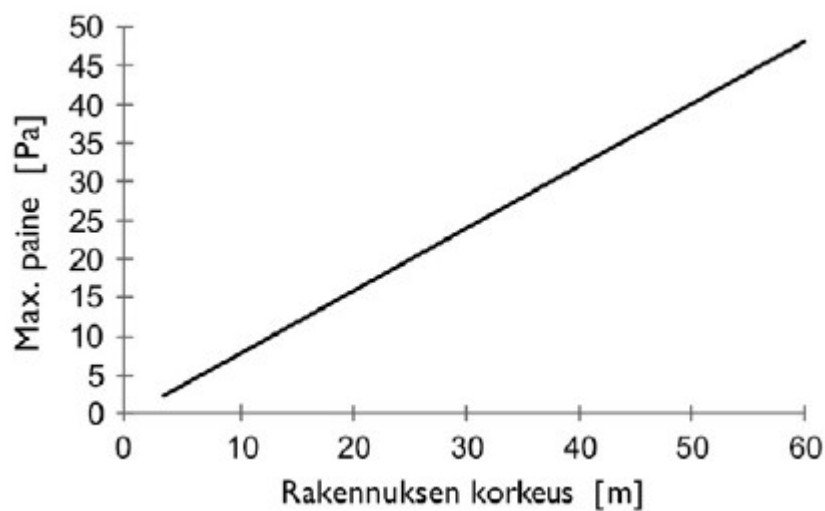
3.2 Savupiippuvaikutus

Savupiippuvaikutukseksi kutsutaan ulko- ja sisäilman lämpötila eron aiheuttamaa
paine-eroa. Kun lämmin ilma nousee kylmempää ilmaa kevyempänä ylös, syntyy
paine-eroa.

(Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)



Kuva 2. Sisä- ja ulkoilman lämpötilaerojen seurauksena syntyvä paine-erojakauma rakennuksen ulkovaipan yli. (Kattoliitto Ry, Toimivat katot 2013)



Käyrä 6. Suurin savupiippuvaikutuksen aiheuttama ylipaine erikorkuisissa rakennuksissa, kun lämpötilaero sisä- ja ulkoilman välillä on 20 °C. (Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas)

3.3 Rakennuksen lämpökuvaus

Valmiin rakennuksen lämpöteknistä toimintaa sekä rakenteiden toimivuutta voidaan selvittää erilaisilla menetelmillä, joiden tarkoitus on tukea toisiaan luotettavan tutkimustuloksen saamiseksi. Lämpökamerakuvaus voidaan havaita

lämpövuotokohtia rakenteita rikkomatta. Usein voidaan arvioida, onko kyseessä kylmäsilta, ilmavuoto, eristyspuute tai toisissa tapauksissa jopa kosteusvaurio. Lämpökuvauksella voidaan siis selvittää rakennuksen lämmöneristyskerroksen sekä ulkovaipan toimivuus sekä asumisviihtyvyyteen vaikuttavia tekijöitä. Yleensä rakennuksen ulkovaipan kuvaus suoritetaan kokonaisuudessaan järjestelmällisesti, mutta sopimuksen mukaan on mahdollista vain osittainen kuvaus, esimerkiksi ongelmakohtien kuvaus.

(RT 14-11239, Rakennuksen lämpökuvaus)

4 HAITTA-AINEET JA EPÄPUHTAUDET ASUINRAKENNUKSISSA

4.1 Haitta-aineet yleisesti

Haitta-aineiksi kutsutaan rakennusmateriaaleissa ja rakentamisessa sekä korjausrakentamisessa aikaisemmin käytettyjä materiaaleja, jotka ovat myöhemmin todettu terveydelle haitallisiksi. Yleisimpiä haitta-aineita korjausrakennuskohteissa ovat: asbesti, PCB, PAH-yhdisteet sekä lyijy. Haitta-aineiden tunnistaminen korjausrakentamisessa on tärkeää, ja yleissääntönä pidetään, ettei kellarien, piippujen tai teollisuusrakennusten purkuosia tulisi käyttää asuinrakentamisessa.

(Ympäristö.fi, www-sivut)

4.2 PAH-yhdisteet

PAH-yhdisteitä, eli polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä syntyy polttoaineiden epätauloudellisessa palamisessa. Tavallisesti saastuneet maat ovat tavanomaisia lähteitä, joista PAH-yhdisteet pääsevät sisäilmaan kulkeutuen lähinnä epätiiviestä alapohjarakenteista. Toinen tavanomainen lähde on aikaisemmin rakennusmateriaalina käytetty kivihiilipiki eli kreosootti.

(Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. (2008) www-sivut)

PAH-yhdisteet hajoavat ilmassa auringonvalon vaikutuksesta. Ne saattavat reagoida myös muiden ilmassa olevien ilmansaasteiden kanssa, jolloin syntyvät yhdisteet ovat mahdollisesti jopa vaarallisempia kuin reaktioiden lähtöaineet.

(Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. (2008) www-sivut)

PAH-yhdisteet saattavat olla terveydelle erittäin haitallisia. Toistuva altistuminen esimerkiksi kreosootille on tutkimuksien mukaan lisännyt riskiä ainakin iho- ja huulisyövälle. Eläinkokeiden perusteella epäillään kreosootin aiheuttavan toistuvana altistumisena ihmiselle lisääntymisvaikeuksia tai haittaa sikiön kehittymiselle. Osa kreosootin komponenteista on ilmaan haihtuvia, tällainen on esimerkiksi naftaleeni. Ilmaan haihtuneet komponentit saattavat aiheuttaa hengitysteiden tai silmien ärsytystä.

(Työterveyslaitos, www-sivut)

Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysasetuksen mukaan naftaleenin hajua ei saa esiintyä sisäilmassa, jolloin sitä pidetään toimenpiderajan ylittymisenä.

(Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 15 § Haihtuvat orgaaniset yhdisteet)

4.3 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC/TVOC)

VOC-yhdisteet, eli volatile organic compounds (haihtuvat orgaaniset yhdisteet), kuten alifaattiset ja aromaattiset hiilivedyt, alkaanit ja alkyylibentseenit. Näiden yhdisteiden lähteinä ovat yleisimmin rakennus- ja sisustusmateriaalit. Ulkoilman saasteet ja liikenteen pakokaasut ovat yhdessä ihmisen oman toiminnan, kuten kemikaalien käytön lisäksi näiden yhdisteiden lähteitä.

(Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. (2008) www-sivut)

VOC-yhdisteet aiheuttavat oireita kuten silmien limakalvojen ärsytys, hajutuntemukset ja päänsärky. Viranomaisten määrittelemää enimmäispitoisuusarvoa ei ole määritetty, mutta terveyden kannalta turvallisena tasona pidetään $200\mu\text{g}/\text{m}^3$.

(Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. (2008) www-sivut)

Alkaalinen kosteus on usein aiheuttanut lattiapäällysteiden, kuten muovimattojen hajoamisia, ja ne ovat osoittautuneet yleiseksi sisäilman laatua heikentäväksi tekijäksi. Syynä vaurioitumiselle on yleensä liian kostealle alustalle pinnoittaminen, jonka takia näitä ongelmia tavataan myös uusissa rakennuksissa. Poikkeava haju saattaa viitata korkeisiin VOC-päästöihin. Mikäli muovin kemiallinen hajoaminen käynnistyy kosteuden vaikutuksesta, ei alustan kuivaaminen pysäytä hajoamista, vaan se jatkuu. Alustan pelkän kosteuden mittaaminen ei välttämättä riitä ongelman paljastamiseen. (Sisäilmayhdistys ry, www-sivut)

4.4 Radon

Radon on kaasu, jota kulkeutuu huoneilmaan rakennuksen rakenteissa olevien rakojen kautta maaperästä. Radon on radioaktiivinen hajuton, mauton sekä näkymätön kaasu, jolloin radonpitoisuuden selvittäminen tehdään mittaamalla. 15.12.2018 Voimaan tulleen säteilylain mukaan säteilykeskiarvo ei saisi ylittää 300 becquerelia kuutiometrissä, kun uusissa asunnoissa raja on 200 becquerelia.

(Hengitysliitto, www-sivut)

Vuoden 2000 jälkeen rakennettuihin taloihin on usein asennettu radonputkisto alapohjalaatan alle. Radonpitoisuuden ollessa huoneistossa yli $200\text{ Bq}/\text{m}^3$ viedään sen poistoputki vesikaton läpi ja kytketään esimerkiksi huippuimuriin, jolloin putkisto aktivoituu. Vaihtoehtoisia korjausmenetelmiä mikäli putkistoa ei ole ja radonpitoisuus on yli $300\text{ Bq}/\text{m}^3$ ovat mm. radonimuri sekä radonkaivo. Radonpitoisuuden ollessa $200\text{--}300\text{ Bq}/\text{m}^3$ kannattaa harkita pitoisuuden alentamista esimerkiksi ilmanvaihdon tehostamisella, sillä keskimääräisiksi korjauskustannuksiksi on arvioitu 2300 euroa asuntoa kohti.

(Säteilyturvakeskus STUK, www-sivut)

4.5 Hiukkasmaiset epäpuhtaudet

Sisäilmassa saattaa esiintyä useita erilaisia pienhiukkasia, jotka usein ovat peräisin ulkoilmasta. Pienhiukkasten yleisin lähde taajamissa on liikenne. Sisäilman hiukkaset saattavat sisältää orgaanisia hiukkasia, kuten esimerkiksi bakteerit, homeitiöt, punkit ja virukset. Epäorgaanisia kuitumaisia hiukkasia sisäilmassa saattaa olla esimerkiksi mineraalivilla- tai asbestikuidut.

(Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. (2008) www-sivut)

5 ASUMISTERVEYSASETUKSEN MUKAISEN TOIMENPIDERAJAN YLITTYMINEN

5.1 Kosteusmittaukset

Rakennukseen tehtäviä kosteusmittauksia suoritetaan joko rakennusvaiheessa tai valmiissa rakennuksessa. Rakennusvaiheen kosteusmittauksia suoritetaan, kun seurataan eri rakenneosien kuivumista tai kuivumisolosuhteita, esimerkiksi ennen pinnoittamista toisella materiaalilla. Valmiin rakennuksen eri rakenneosien kosteusmittauksia suoritetaan yleensä kuntoarvioiden tai kuntotutkimusten yhteydessä tai kosteusvauriotutkimusten sekä korjaustöiden takia.

(Rakennustietosäätiö, www-sivut)

5.1.1 Pintamittaukset

Pintamittareilla tehtävät mittaukset perustuvat sähkönjohtavuuden tai dielektrisyyden mittaukseen, eivätkä varsinaiseen kosteuden mittaamiseen. Pintamittarit reagoivat materiaalin pinnalla tai pintaosissa olevaan kosteuteen. Pintamittarilla ei pystytä todentamaan millä syvyydellä kosteus on. Koska mittausmenetelmä ei ole tarkka, tulee tuloksia arvioida vain suuntaa-antavina. Pintamittareissa on eroja, eikä toisilla mittareilla voida havaita esimerkiksi levyseinän takana yhden millimetrin levyistä irrallaan olevaa

täysin märkää eristevillaa. Tästä syystä mittaustapa soveltuu parhaiten tunnistamaan ympäristöään kosteampia kohtia. Rakenteen kosteuspitoisuuden määrittäminen tulee tehdä tarkempien mittausten avulla.

(Sisäilmäyhdistys ry, [www-sivut](#))

5.1.2 Mittaukset rakenteiden sisäpuolelta

Rakenteen sisällä olevaa kosteutta voidaan määrittää joko rakenteen suhteellista kosteutta mittaamalla tai rakennusmateriaalin kosteuspitoisuuden mittaamisella. Kun mitataan suhteellista kosteutta, selvitetään materiaalin huokosilman kosteuspitoisuutta. Tuloksena saadaan mittauspisteen kohdalta materiaalin hygroskooppista kosteustasapainotilaa vastaava ilman suhteellinen kosteus.

(Sisäilmäyhdistys ry, [www-sivut](#))

5.2 Rakenteiden kuivattaminen ja korjauksien tavoite

Rakenteiden kuivattaminen kannattaa aloittaa vesivahingon sattuessa mahdollisimman nopeasti, mutta kuitenkin ennen kuivattamisen aloittamista tulee arvioida mitkä rakenteet joudutaan vaihtamaan. Ennen kuin rakenteita kuivataan koneellisesti, tulee selvittää, ettei rakenteessa ole mikrobivaurioitunutta materiaalia. Epäpuhtauksia saattaa levitä laajalle alueelle, jos mikrobivaurioitunutta rakennetta kuivataan koneellisesti. Mikäli mikrobivaurioita ei ole ehtinyt syntyä ja kosteusvahingon aiheuttaja on puhdas vesi, riittää rakennusmateriaalien kuivaus ja veden vaurioittamien materiaalien vaihto uusiin. Koska rakenteiden kuivattaminen vaikuttaa korjausten aikatauluun, työmenetelmiin ja materiaaleihin, valitsee kuivatustavan tapauskohtaisesti korjaussuunnittelija. Ilman tehostustoimia voidaan kuivata, esimerkiksi vaurion ollessa vähäinen. Kun taas koneellista kuivatusta vaativat usein esimerkiksi betonilattiat, jotka kuivuvat luonnollisesti hitaasti.

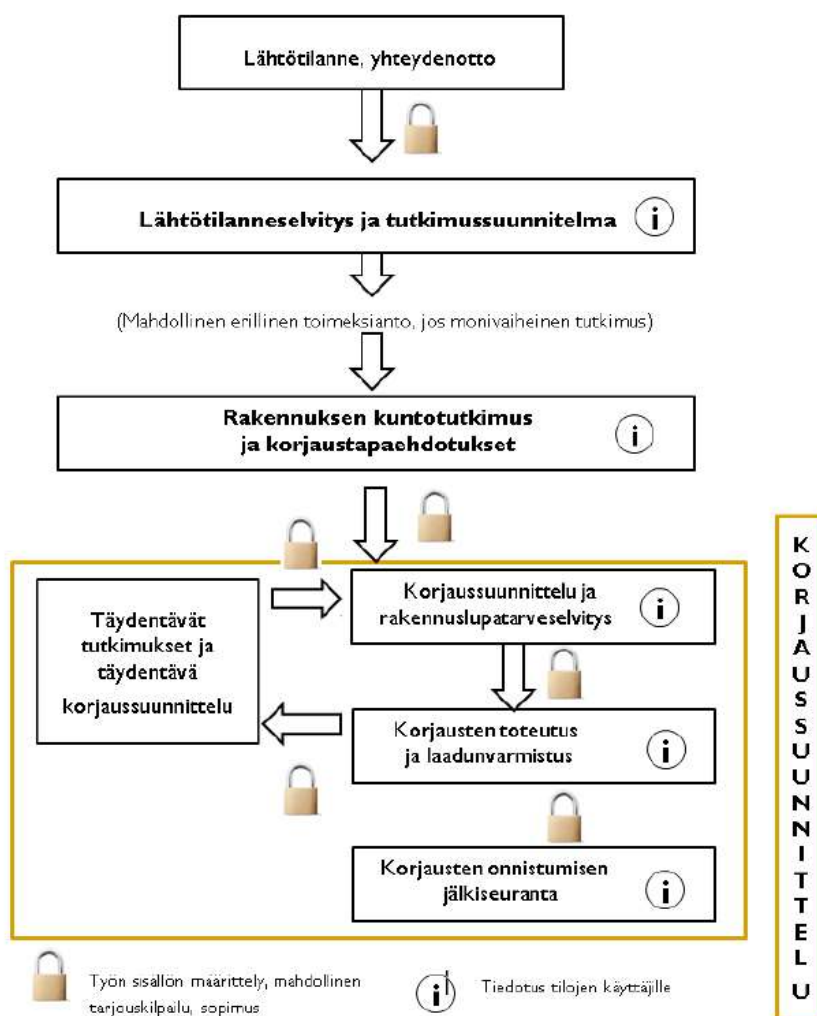
(Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjausopas, Lausuntopalvelu.fi [www-sivut](#))

Kosteusvaurion korjaushankkeen tarkoituksena on palauttaa vaurioitunut rakennus terveelliseksi ja turvalliseksi sekä muuttaa rakenteet kosteusteknisesti ja

rakennusfysikaalisesti toimiviksi. Korjaustöiden periaatteena on poistaa vaurioituneet materiaalit sekä epäpuhtauslähteet tai estää epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan. Rakenteellisten korjausten lisäksi myös taloteknisten järjestelmien tulee toimia siten, ettei vaurioita synny uudelleen.

(Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjausopas, Lausuntoversio 3/2018, Lausuntopalvelu.fi www-sivut)

5.3 Korjaushankkeen aloittaminen



Kuvio 3. Korjaushankkeen kulku. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjausopas, Lausuntoversio 3/2018, Lausuntopalvelu.fi www-sivut)

5.4 Suunnittelun aloittaminen

Korjaussuunnittelu käynnistyy hankkimalla tarvittavat lähtötiedot. Tärkeimpänä voidaan pitää Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen raporttia, joka on laadittu rakennuksen kunnon selvitykseksi. Näiden lisäksi tulee hankkia rakennuksen vanhat kuntotutkimusraportit, rakennuspiirustukset sekä selvitykset korjaus- ja muutostöistä. Vanhojen rakennusten suunnitelma-asiakirjojen hankinta voi olla vaikeaa, eikä tilaajalla ole välttämättä niitä käytettävissä. Suunnitelma-asiakirjoja kannattaa etsiä esimerkiksi rakennusvalvontojen arkistoista tai Kansallisarkiston toimipisteistä (entisistä maakunta-arkistoista). Korjaussuunnittelijan on suositeltavaa käydä yhdessä kuntotutkijan kanssa läpi kuntotutkimustulokset. Kuntotutkijan olisi hyvä olla mukana myös esimerkiksi purkutyövaiheessa pidettävissä katselmuksissa. Kuitenkin korjaussuunnittelija vastaa maankäyttö- ja rakennuslain mukaan siitä, että hänellä on tarvittavat lähtötiedot käytössään. Tämän vuoksi korjaussuunnittelijan onkin hyvä käydä suunnitelma-asiakirjat läpi sekä tarkastaa onko kaikki riskirakenteet tunnistettu ja esittää jatko- tai lisätutkimustarpeet.

(Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjausopas, Lausuntoversio 3/2018, Lausuntopalvelu.fi www-sivut)

Kun korjaus- tai muutostöihin lähdetään, tulee suunnittelijan selvittää rakennuksen alkuperäinen rakennustapa ja sekä rakenteiden kosteustekninen toimivuus. Rakenteisiin ei saa kohdistua liian suurta kosteusrasitusta, joka aiheuttaa vauriota ja terveyshaittaa rakennuksen käyttäjille. Vaipparakenteiden liitoskohtien ja sisärakenteiden höyry- ja ilmatiiveyden tulee estää vesihöyryn haitallinen siirtyminen vaurioituviin rakenteisiin. (RT RakMK-21749. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta)

5.5 Korjauslaajuus

Kosteus- ja mikrobivaurioitunut materiaali tulee lähtökohtaisesti poistaa kokonaan, siten ettei vaurioitunutta materiaalia jää rakenteisiin, koska mikrobivaurioituneen rakenteen pelkkä kuivaaminen ei poista syntynyttä vauriota. Korjaus ulotetaan jonkin verran terveen materiaalin puolelle, jolloin saavutetaan paras lopputulos. Tämä on

ensisijainen menettelytapa. Tapauksissa, joissa kuntotutkimuksessa pystytään määrittämään ongelmien aiheuttaja yksiselitteisesti ja selkeästi, voidaan toimenpiteet rajata vain vauriokohtaan. Toisinaan vaurion laajuutta ei voida tarkasti määrittää ja se voi selvitä vasta korjausten yhteydessä, tai korjaaminen on kohtuuttoman kallista suhteutettuna rakennuksen arvoon. Tällöin voidaan korjaustoimenpiteillä sekä korjaustoimenpiteiden onnistumisen seurannalla varmistua siitä, ettei rakenteisiin jääneistä epäpuhtauksista ole yhteyttä sisäilmaan. Erityisen hankalia puhdistettavia materiaaleja ovat ohuet ja erityisen huokoiset materiaalit, koska niiden sisällä olevia epäpuhtauksia on lähes mahdotonta poistaa, jonka vuoksi materiaali on yleensä poistettava. Usein rakennuksen korjausasteen ylittäessä 70% tehdään päätös rakennuksen purkamisesta, ellei rakennuksen säilyttämiselle ole suojelullisia perusteita. Kaikissa tapauksissa vaurioituneesta materiaalista ei ole ilmayhteyttä sisäilmaan, vaurion syy on poistettu ja rakennuksen fysikaalisesta toimivuudesta on varmistuttu, jolloin laajoja purkutöitä ei tarvita. Tällöin pyritään välttämään ylikorjaamista ja korjauskustannusten turhaa nousua.

(Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjausopas, Lausuntoversio 3/2018, Lausuntopalvelu.fi www-sivut)

5.6 Haitta-aineiden kartoitus ja purkutyöt

Ennen purku- tai korjaustöiden aloittamista tulee suomen lainsäädännön mukaan tehdä asbestikartoitus, mikäli on mahdollista, että purkutöihin sisältyy asbestityötä. Asbestikartoituksen tulee tehdä riittävästi asbestiin perehtynyt henkilö, jolla on ammatillista osaamista purkutyöstä kartoituksen laadun ja laajuuden edellyttämällä tavalla.

(Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 25.6.2015/798, 7 § Asbestikartoitus)

Haitta-aine kartoituksessa arvioidaan:

- haitalliset aineet, niiden määrät sekä esiintymisalueet
- erilaisten haitallisten aineiden altistumisriskiä rakennuksen käytön aikana
- altistumisriski purku- ja korjaustyön aikana
- haitta-aineiden mahdollisia ympäristövaikutuksia
- jäteluokitus

Haitta-aine kartoitus tehdään yleensä:

- peruskorjauksen hankesuunnitteluvaiheessa
- ennen putkiremonttia
- julkisivu- tai vesikattoremontissa
- kellari-, teknisten-, tai ullakkotilojen muutostöiden yhteydessä
- teollisuusrakennuksen käyttötarkoitusta muutettaessa
- purkusuunnitteluvaiheessa
- sisäilman ongelmia selvittäessä

Haitallisten aineiden purkaminen kannattaa usein tehdä ennen muita korjaus- tai purkutöitä, jolloin korjausalue on helppo rajata pois muilta töiltä. Purkumenetelmä valitaan purkukohteen rakenteen, koon sekä materiaalin mukaan. Joskus rakenteessa olevan pelkän haitta-aineen purkaminen ei ole taloudellisesti ja teknisesti järkevää, jolloin tulee miettiä koko rakenteen tai rakenneosan purkamista haitta-ainepurkutyönä. Tällainen voi tulla kyseeseen esimerkiksi ympäröivien materiaalien ollessa pahoin haitta-aineesta saastuneita. Joissakin tapauksissa voi olla mahdollista myös haitallisen aineen kapseloiminen tiiviillä rakennekerroksella.

(Rakentajan kalenteri 2011, Rakennustietosäätiö)

5.7 Korjaustapojen valinta

Kun lähtötilanteesta on riittävän kattava kuva sekä lähtöaineistoa on riittävästi, määritellään suunnittelun alkuvaiheessa korjausvaihtoehdot. Nämä valitaan rakennusosittain (ulkopuoliset alueet, alapohjat, ulkoseinät, maanpainesseinät, välipohjat, märkätilat, yläpohjat sekä vesikatto) ja vaihtoehtoja punnitaan taloudellisten, teknisten sekä terveellisyyteen liittyvien näkökulmien perusteella, lisäksi energiatehokkuuden osalta tarvittaessa. Korjausvaihtoehdot käydään läpi yhdessä kiinteistönomistajan ja usein myös kuntotutkijan kanssa, jolloin käydään myös läpi eri vaihtoehtojen riskit. Korjaussuunnittelijan on suositeltavaa laatia yhteenveto rakennusosittain, jossa hän osoittaa miten haitta tai sen vaikutus poistetaan suunniteltujen korjausten avulla. Koska rakennusteknisillä korjauksilla on lähes aina vaikutuksia myös taloteknisiin

järjestelmiin, kannattaa hankkeeseen kiinnittää ainakin rakennusautomaatio- sekä ilmanvaihtosuunnittelijat mahdollisimman varhaisessa vaiheessa.

(Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjausopas, Lausuntoversio 3/2018, Lausuntopalvelu.fi www-sivut)

6 REFERENSSIKOHDE JA LÄHTÖKOHDAT

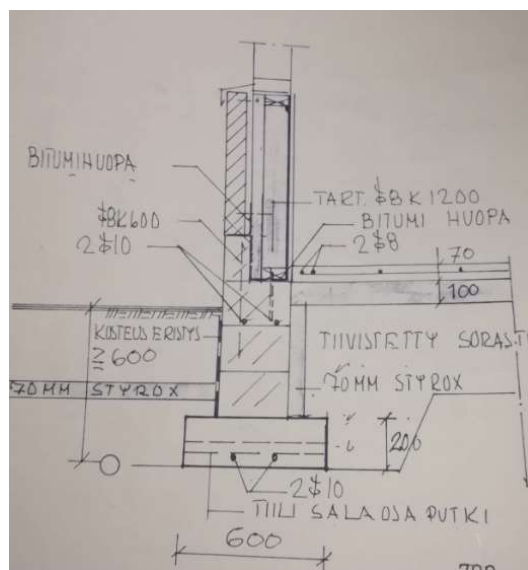
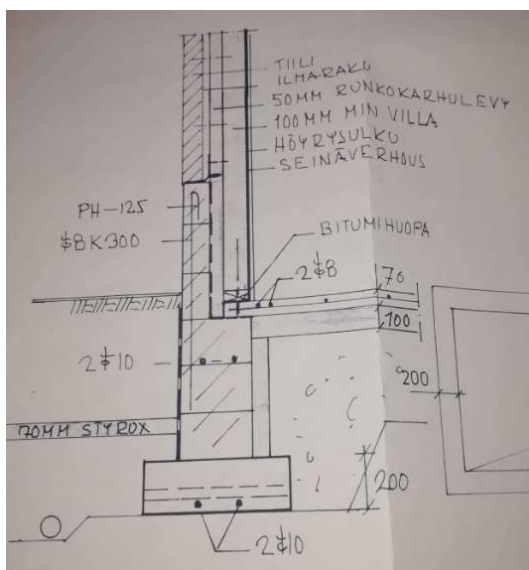
6.1 Rivitalojen tutkimuksen lähtökohdat

Tämän opinnäytetyön referenssikohteiksi valikoitui melko arvostetulla alueella 1980-luvun alussa rakennetut, kallioisella tontilla olevat kaksi rivitaloa. Talot kuuluvat samaan asunto-osakeyhtiöön. Referenssikohteet (talo 1 ja talo 2) valikoituivat, kun kohteeseen tilattiin isännöintitoimiston kautta aikaisemmin tehdyn kuntoarvion suositusten mukaisesti ensin kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, jonka jälkeen korjaussuunnitelmien tekeminen. Kuntotutkimusraportti ja kuntoarvio toimi kohteessa lähtökohdana korjaussuunnitelmille, yhdessä alkuperäisten rakennuspiirustuksien kanssa. Rakenteiden korjaussuunnitelmien lisäksi apuna käytettiin erityisalojen suunnittelijoita: LVI-alan asiantuntijaa sekä ulkopuolisten alueiden suunnittelussa ulkopuolista rakennesuunnittelijaa. Tässä työssä toimittiin kohteen korjaussuunnittelussa pääsuunnittelijana, jolloin myös kokonaisuuden hallinta ja suunnittelun ohjaus kuului työnkuvaan. Tutkimukset ja suunnitelmat toteutettiin yhdessä Rakennusterveysasiantuntijan kanssa, joka toimi myös kohteen nimettynä pääsuunnittelijana ja vastuuhenkilönä. Kohteessa oli useammassa asunnossa koettu sisäilmaongelmia, kuten hajuhaittaa ja osa asukkaista koki terveydellistä oireilua, jonka epäiltiin oirekuvaltaan olevan sisäilmasta johtuvaa.

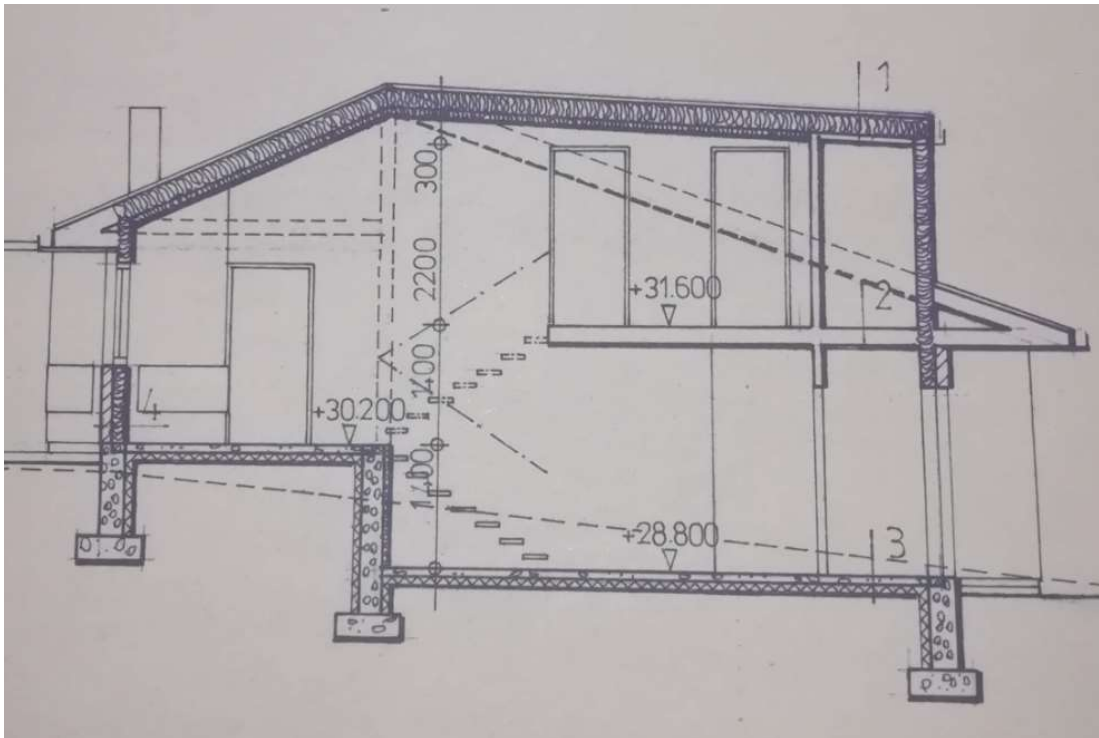
6.2 Referenssikohteet

Kohteet ovat 1980-luvun alussa sivurinteessä rakennetut kaksi ilmalämmitteistä rivitaloa, jossa on käytetty aikakaudellensa tyypillisiä rakenneratkaisuja. Talo 1 on

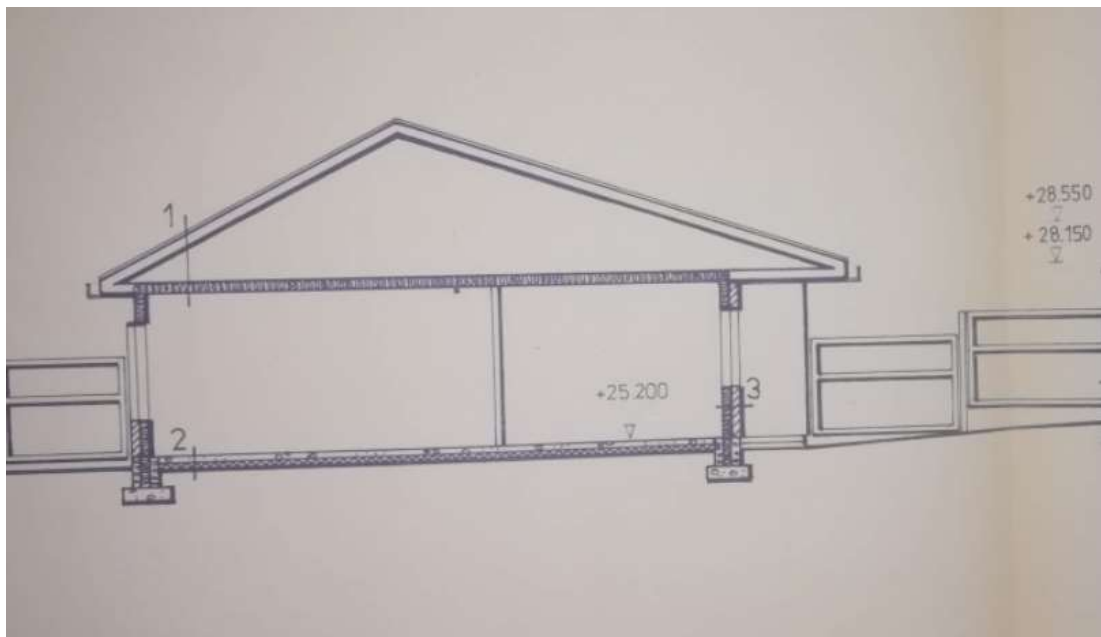
kolmeen eri korkeustasoon sivurinteeseen rakennettu ja luultavasti ainakin osittain kallion päälle perustettu. Talo 2 on yhteen tasoon rakennettu kuuden asuinhuoneiston tyyppillinen aikakautensa rakennus. Talo 2 on suunnitelma-asiakirjojen mukaan saven kivi- ja vakuorikerroksen varaan perustettu. Molemmat talot on perustettu betonianturoilla ja rakennuksissa käytetty pääasiassa samanlaisia rakenneratkaisuja perustus- ja sokkeli-rakenteissa. Kevytsoraharkosta muuratussa perusmuurissa on suunnitelma-asiakirjojen mukaan vedeneristys sekä maahan on asennettu 70mm Styrox routaeriste. Perusmuurin sisäpuolella on pystysuuntainen EPS-lämmöneriste, mutta muuta ns. sokkeli-halkaisua ei ole. Alapohjarakenteena on maanvarainen alapuolelta lämmöneristetty teräsbetonilaatta. Ulkoseinän 100mm puurunko lähtee osittain kevytsoraharkon päälle asennetun bitumikaistan päältä sekä osittain alapohjalaatan päälle asennetun bitumikaistan päältä. Ulkoseinän puurunko sijaitsee osittain maanpinnan alapuolella, näkyvän kevytsoraharkosta muuratun sokkelin takana. Talossa 1 on suunnitelma-asiakirjojen mukaan sisäpuolelta mineraalivillaeristettyjä maanpainesiniä.



Kuva 4 ja 5. Otteita alkuperäisistä suunnitelma-asiakirjoista.



Kuva 6. Alkuperäinen rakenneleikkaus talo 1.

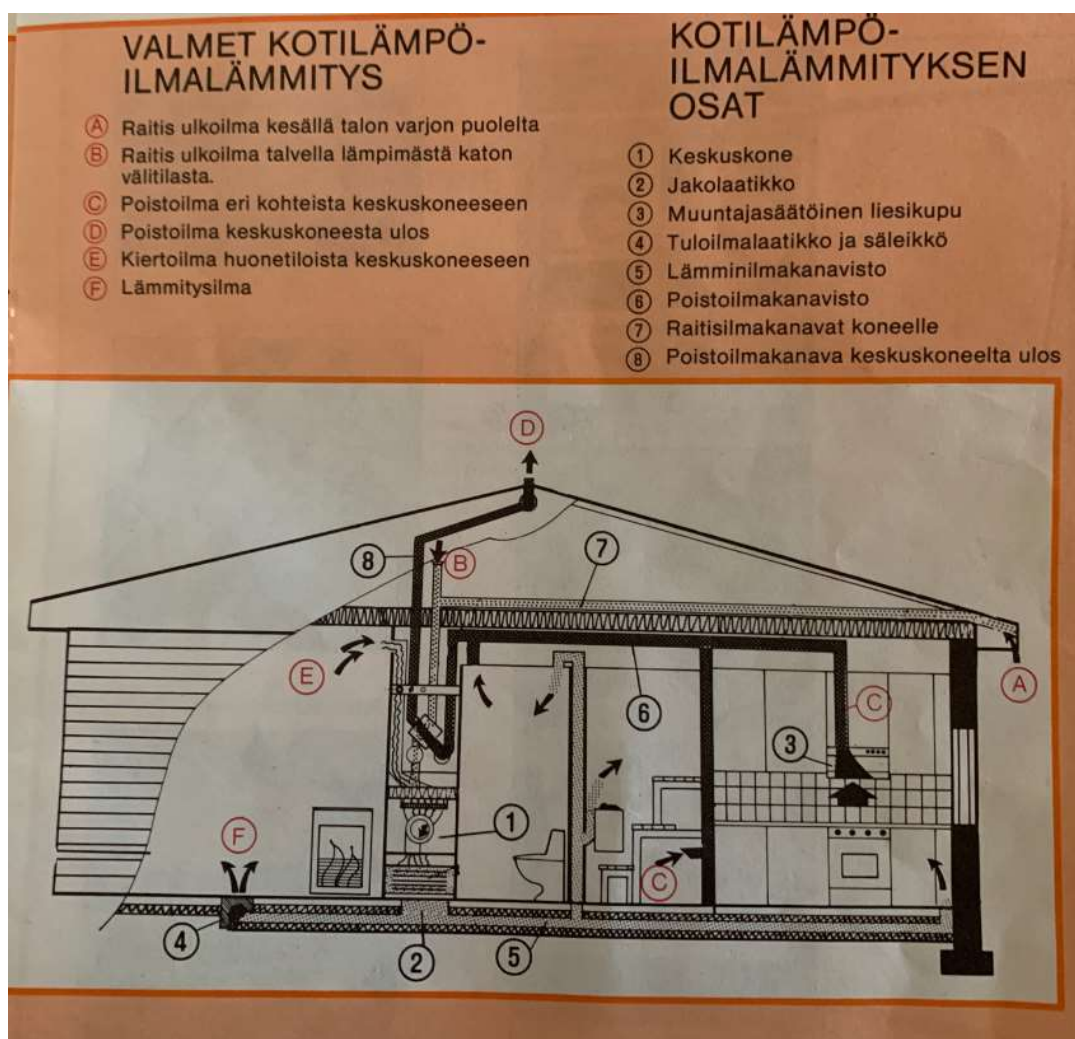


Kuva 7. Alkuperäinen rakenneleikkaus talo 2.

Rakennuksen ulkoseinät ovat julkisivuiltaan pääasiassa tiilimuurattuja, mutta pieneltä osin lautaverhottuja. Julkisivumuurausten takana on ilmaväli. Rungon taakse on asennettu 50mm runkokarhulevy kiinni runkotolppiin. Lämmöneristeenä runkotolppien välissä 100mm mineraalivilla. Sisäilman kosteudelta ulkoseinärakennetta

suojaa sisäverhouslevyn ja rungon väliin asennettu höyrinsulkumuovi. Huoneistojen väliset seinät ovat kantavia, omalta betonianturaperustukseltaan lähteviä alapohjalaatan läpäiseviä tiiliväliseiniä. Huoneistojen välinen seinärakenne koostuu 2x 130mm tiilimuurauksesta, jonka välissä 30mm ilmaväli. Vesikattona on lähiaikoina uusittu profiilipeltikate.

Rakennuksen lämmitys tapahtuu huoneistokohtaisilla Valmet Kotilämpö ilmalämmityskoneilla, jotka toimivat myös rakennuksen tulo- ja poistoilmanvaihtokoneina. Raitisilmaa järjestelmä ottaa talviasennossa välikatolta sekä kesäasennossa ulkoilmasta. Lämmin asuntoja lämmittävä ilma kulkee alapohjalaatan alla olevien kanavien kautta sisäilmaan. Tuloilman päätelaitteet sijaitsevat ulkoseinien läheisyydessä. Poistoilmanvaihto tapahtuu pääasiassa liesituulettimen, kylpyhuoneiden ja saunan poistoilmaventtiilien kautta, poistuen vesikaton läpäisevistä hormeista.



Kuva 8. Valmet kotilämpölaitteiston toimintaperiaate. (Valmet Kotilämpö, esite)

6.3 Referenssikohteen kuntoarvio

Rakennuksen asunto-osakeyhtiön teettämän aikaisemmin tehty kuntoarvioraportti oli käytössä jo projektin alussa. Raportissa oli käsitelty eri osioissa rivitalon rakennusteknistä, LVI- sekä sähköjärjestelmien kuntoa.

Rakennusteknisessä arvioissa merkittävimmiten puutteiksi ja epäkohdiksi todettiin puutteita maanpinnan kallistuksissa, jonka todettiin lisäävän kosteusrasitusta perustus- ja sokkelirakenteille. Rakennuksen salaojat ovat alkuperäisiä ja niiden kuntoa on kuvattu putkistokameralla, jonka tallenteet olivat käytössä ja tarkastettavissa. Putkistossa havaittiin tukoksia ja tarkastuskaivot olivat puutteellisia. Kuntoarvioraportissa oli arvioitu salaojien uusimisen kiireellisyyden riippuvan rakenteisiin mahdollisesti jo syntyneistä kosteusvaurioista. Kohteen ulkoseinissä arvioitiin olevan ns. valesokkelirakenteita (kts. luku 2.4). Sokkelirakenteeseen suositeltiin tarkempaa rakennetta avaavaa rakenneteknistä kuntotutkimusta.

7 REFERENSSIKOHTEEN KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

7.1 Referenssikohteen tutkimussuunnitelma ja menetelmät

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tekeminen aloitettiin kuntotutkimusoppaan (Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas) mukaisen tutkimussuunnitelman laadinnalla. Tutkimussuunnitelman laatimisen yhteydessä kohteeseen tehtiin kohdekäynti, jossa suoritettiin mm. käyttäjäkyselyitä sekä rakenteiden pintapuolisia tarkasteluita. Kohdekäynnin yhteydessä todettiin, että hankkeeseen kannattaa pyytää LVI-alan asiantuntijaa arvioimaan rakennusten ilmalämmitysjärjestelmän uusimisvaihtoehtoja.

Tutkimussuunnitelmassa tutkimuksen pääperiaatteiksi suunniteltiin, että rakennavausten yhteydessä tehdään aistinvarainen tarkastus rakenteille ja päätelmä

rakenteen kosteusfysikaalisesta toiminnasta. Tarvittaessa tehdään lisänäytteenottoja havaintojen perusteella.

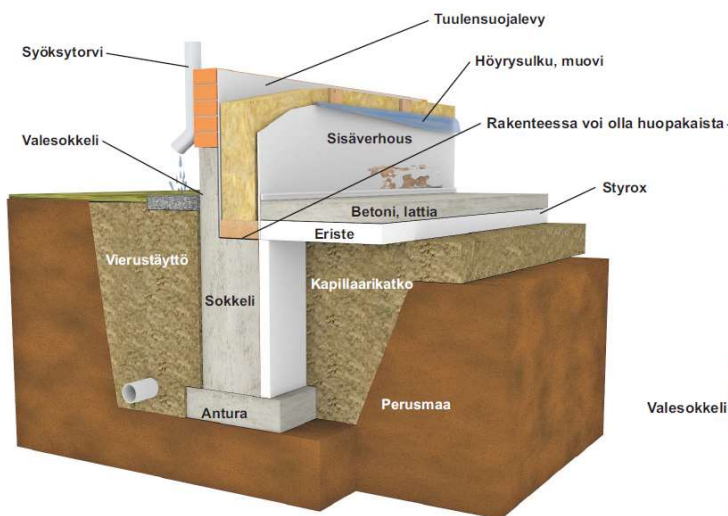
Rakenteista tapahtuvia ilmavuotoja tutkitaan tarvittaessa merkkiainekokeella.

Tutkimustulokset esitetään tutkimusselosteessa, joka sisältää tehdyt havainnot, mitausten ja laboratorioanalyysien tulokset, johtopäätökset sekä mahdolliset jatkotutkimussuosituksen. Tutkimuksen tavoitteena on lisäksi tuottaa riittävät lähtötiedot mahdolliselle korjaussuunnittelulle.

Tutkimussuunnitelmassa käytiin läpi suunnitelma-asiakirjojen mukaiset riskirakenteet. Riskirakenteet ovat aikaisemmin yleisesti käytettyjä fysikaalisen kosteusvaurio-mekanismin sisältäviä rakennetyyppejä. Ulkoseinärakenteet ovat suunnitelmien mukaan puurankarunkoisia, joissa puurungon alajuoksu sekä lämmöneristeet lähtevät läheltä maanpinnan korkeustasoa. Sokkelirakenne on todettu rakennusaikakaudelle tyyppilliseksi ns. valesokkelirakenteeksi. Suunnitelma-asiakirjojen mukaan sokkeli on lämpöeristetty sisäpuolelta mineraalivillaeristeellä. Alla olevissa otteissa Ympäristöministeriön Kosteus- ja hometalkoiden julkaisusta on havainnollistettu näitä rakenteita.

PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

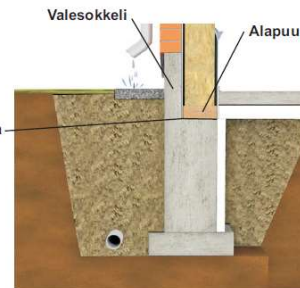
Valesokkelin rakennemalli



RAKENNUSAIKAKAUSI

KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

02A VALESOKKELI



Valesokkelin tunnistus



Havainnekuva valesokkelista. Sockelin yläpinta ylempänä oven kynnystä.

Kuva 9. Valesokkelin havainnekuva. (Hometalkoot.fi, www-sivut)

PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Vauriot ja vaurioiden aiheuttajat

02C VALESOKKELI



VAURIOT

1. Sockelin maali hilseilee
2. Tiiliverhous kastuu
3. Seinän eristeet homehtuvat
4. Ulkoseinän alapuu homehtuu, lahoaa

VAURIOIDEN AIHEUTTAJAT

1. Sade ja sulamisvedet
2. Kapillaarinen kosteuden imeytyminen maaperästä
3. Diffuusio
4. Väärässä korossa olevat salaojat

"Kalkkihärmää"

Tiilet tummuu

Maali hilseilee

Tarkasta ulkoseinät / sokkelit ulkoapäin. Tee huomioita!

Jos kattovedet valuvat sokkelin vierustalle, aiheuttaa se oleellisen kosteuskuorman sokkelin ja ulkoseinän alaosan rakenteille.

Kuvan perusteella voi päätellä yhdeksi kuntotutkimuksen kohteeksi seinärakenteen alaosan kuvassa olevan nurkan alueella. Kuntotutkijan on tarkastettava rakennuksen ulkopuoli. Huomioiden perusteella voi päätellä mahdollisia vaurioalueita, mitä sisäpuolisessa tarkastelussa ei tule esille.



RAKENNUSAIKAKAUSI

KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

Kuva 10. Valesokkelin havainnekuva. (Hometalkoot.fi, www-sivut)

7.2 Referenssikohteen tutkimuksen havainnot

7.2.1 Ulkopuoliset alueet

Ulkopuolisia alueita oli käsitelty varsin kattavasti aikaisemmassa kuntoarvioraportissa. Tärkeimpinä asioina ja huomioina pidettiin kuntotutkimuksien perusteella sala-
ojajärjestelmän ja kuivatusjärjestelmien puutteita sekä rakennusten sijaintia varsin rin-
nemäisellä tontilla.

Sokkeleissa havaittiin lisäksi viitteitä kosteusrasituksesta, kuten suolakiteytymää, pin-
noitteen kupruilua ja paikoin pinnoitteen irtoamista.



Kuva 11. Sokkeleissa havaittiin jälkiä kosteusrasituksesta.

Tutkimuksen jälkeen ennen korjaussuunnittelua päätettiin teettää lisätutkimuksina kal-
liopinnan luotausta sekä koekaivauksia sokkelin vierustalta, jotta saadaan lisätietoja
pohjaksi korjaussuunnittelulle.

Koekaivauksia tehtiin 25.9.2019, joista todettiin maa-aineksen olevan kapillaarista
sekä märkää seinän vierustalla, joten päätettiin salaojajärjestelmien uusimisesta kor-
jaustöiden yhteydessä.



Kuva 12. Koekaivauksia rakennuksen vierustalla 25.9.2019.



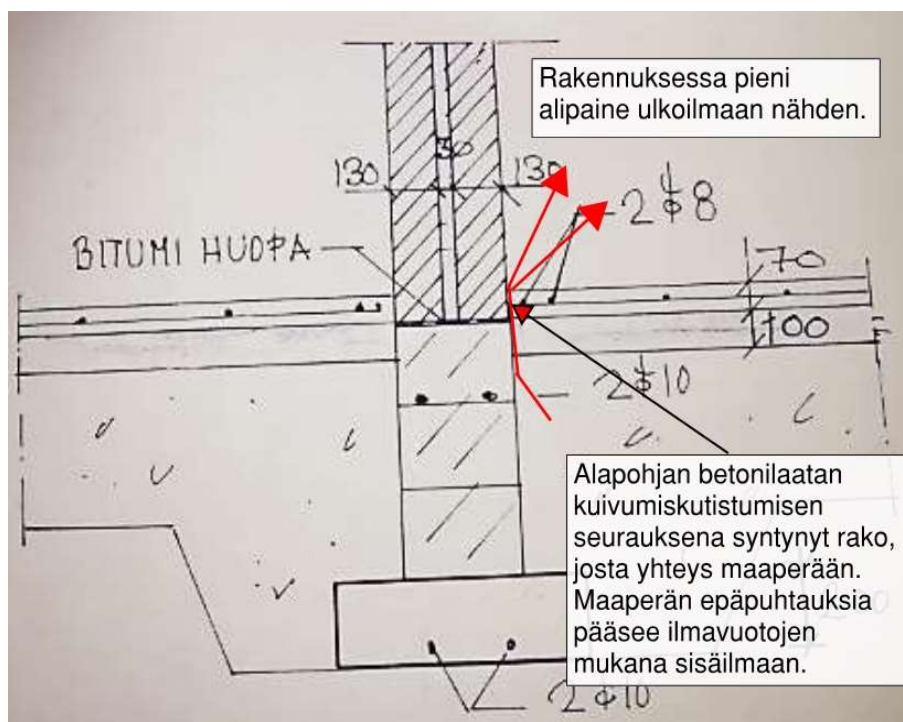
Kuva 13. Koekaivauksia rakennuksen vierustalla 25.9.2019.

7.2.2 Perustus- ja alapohjarakenteet

Alapohjalaatan katkaisee molempien rakennusten osalla huoneistojen väliset omalta perustukseltaan lähtevät kantavat kivrakenteiset väliseinät. Alapohjan betonilaatta on luonnollisesti vuosien aikana kuivuessaan kutistunut, jolloin laatan ja seinän väliin on syntynyt pieni rako. Rakennuksen painesuhteiden ollessa hieman alipaineisia ulkoilmaan nähden, tulee alapohjarakenteen läpi ilmavuotoja painesuhteiden vuoksi. Lisäksi ilmavirtauksia rakenteen läpi aiheuttaa konvektio ja savupiippuvaikutus. Koska rakennuksen luonnollisten painesuhteiden vuoksi (luku 3, Rakennuksen painesuhteet) ilmavuotojen mukana alapohjarakenteiden läpi kulkeutuu maaperän mikrobien tuottamia epäpuhtauksia (mikrobien aineenvaihduntatuotteet, itiöt ja rihmaston kappaleet) sekä hajuja.



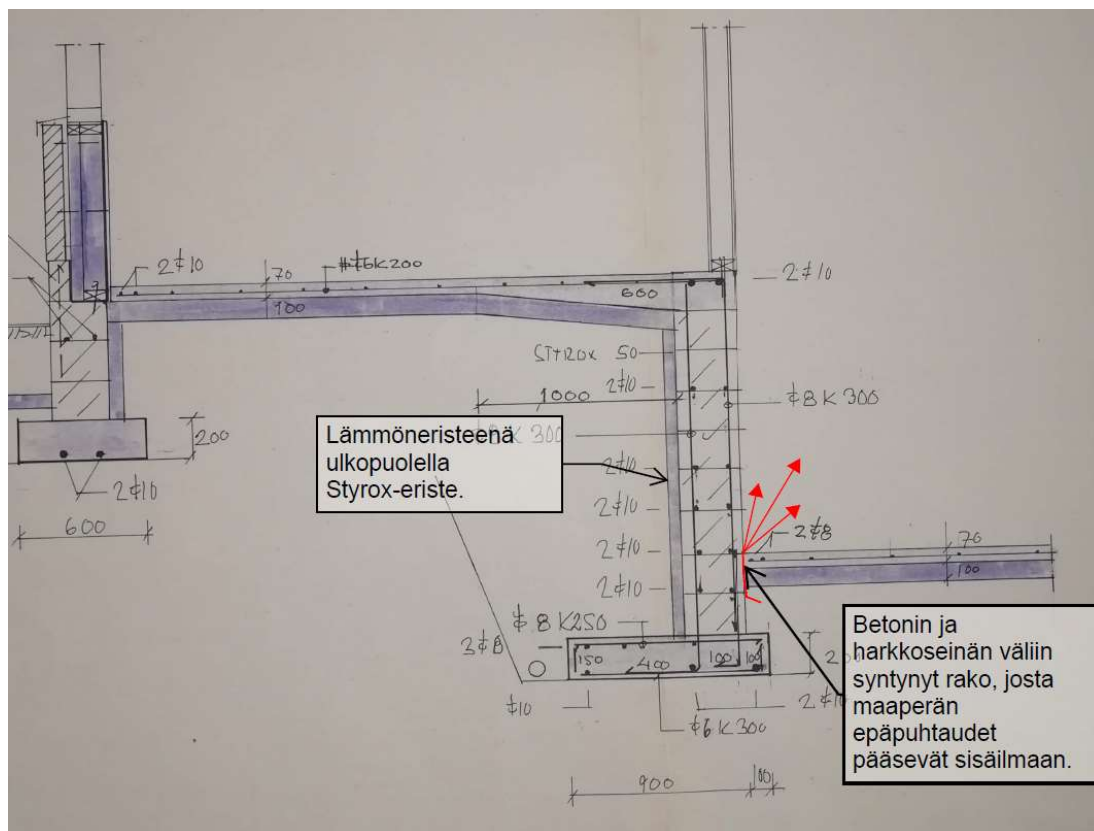
Kuva 14. Ilmavuotoreitti huoneistojen välisen seinän ja lattian liittymässä.



Kuva 15. Alkuperäiseen rakennepiirustukseen havainnollistettu ilmavuotoreitti.

Talossa 1 todettiin kosteuden päässeen siirtymään osittain alapohjan betonilaattaan ylärinteen puolella.

Talo 1 on rakennettu kolmeen eri korkeustasoon ja sen alapohjalaatta on kahdessa tassa, johtuen rakennuspohjan sivurinteestä (kts. rakenneleikkaus). Tasojen välissä on maanpaineseinärakennetta, joka kuntoarvioraportin mukaan oli riskirakenteeksi luokiteltavaa sisäpuolelta mineraalivillaeristettyä ja puukoolattua rakennetta. Käyttäjäkyselyjen perusteella maanpaineseinärakenteesta tuli sisäilmanlaatua heikentävää hajua. Rakenneavauksen perusteella levyverhouksen takana todettiin käyttövesiputkia sekä harkkorakenteinen perusmuuri. Perusmuuriin tehtiin porareikä tarkastus, josta selvisi ulkopuoliseksi lämmöneristeeksi EPS-eriste. Rakenneavauksen perusteella todettiin alapohjalaatan ja perusmuurilevyn väliin syntyneen raon, jonka kautta arvioitiin tapahtuvan ilmavuotoa maaperästä sisäilmaan.



Kuva 16. Alkuperäiseen rakennepiirustukseen havainnollistettu ilmavuotoreitti.



Kuva 17 ja 18. Rakenneavaus maanpaineisiin.

7.2.3 Ulkoseinärakenteet

Rakennuksessa oli todettu suunnitelma-asiakirjojen perusteella kosteusteknisesti riskialtis ns. valesokkelirakenne, jossa ulkoseinien puurunko lähtee näkyvää sokkeliä ja osittain lattiapintaa alemmaksi sekä läheltä maanpinnan tasoa. Tämän lisäksi käyttäjäselyiden perusteella ulkoseinien läheisyydestä aistittiin tunkkaista hajua, vahvin haju oli paikallistettu pistorasioiden kohdalle. Ulkoseinän alaosien valesokkelirakenteita tutkittiin rakenneavauksilla. Rakenneavauksista arvioitiin rakenteiden kuntoa aistinvaraisesti, kosteusmittauksilla sekä rakennusmateriaalista otettiin näytteitä, jotka lähetettiin laboratorioon mikrobimääryksiä varten.

Rakenneavauksien perusteella sokkelin alaosassa ei ole vedeneristystä, jonka lisäksi puurunko lähtee osittain maanpinnan alapuolelta tai läheltä maanpinnan tasoa. Sokkelirakenne on kevytsoraharkosta muurattu, joka on huokoinen materiaali ja pystyy sitomaan huomattavan määrän kosteutta. Rakenteen ulkopuolelta syntyy ulkopuolista kosteusrasitusta, osittain kuivatusjärjestelmien puutteiden vuoksi. Tällöin huokosalipaine imee kosteutta, jolloin vesi nousee tasolle, jossa huokosalipaine ja painovoima ovat tasapainossa (kts. luku kapillaarinen tasapainokosteus). Kun sokkelin ulkopinta on sisäpintaa tiiviimpi, hidastaa se kosteuden kuivumista harkkorakenteesta. Rakenteen sisällä ilman suhteellinen kosteus nousee ja rakenteen sisälle rakennusmateriaalien pinnoille syntyy oma mikroilmasto. Rakenteen sisällä alimmat puurakenteet sitovat kosteutta, puun pyrkiessä hygroskooppiselle alueelle.



Kuva 19. Rakenneavaus sokkelirakenteeseen sisäkautta.

Kuten aiemmin todettiin: ”Homehtumis- sekä vaurioitumisriski on kapillaarisella alueella olevilla rakenteilla erittäin suuri, joten se edellyttää nopeita korjaustoimia.” (luku 2.2.2 Kapillaarinen tasapainokosteus).

Rakenneavauksia tehtiin kattavasti eri puolille rakennuksia. Taloon 1 tehtiin kahdeksan, ja taloon 2 yhteensä yhdeksän ulkoseinän rakenneavausta, joista kaikista paikoista aistittiin vahvaa mikrobiperäistä hajua. Näistä rakenneavauksista otettiin yhteensä 19 rakennusmateriaalinäytettä laboratorioanalyysiä varten. Materiaalinäytteitä otettiin alajuoksupuusta 14kpl ja seinän alaosan mineraalivillaeristeestä 5kpl.

Lainsäädännön mukaan aistinvaraisesti todettu mikrobivaurio ylittää terveysuojelulain nojalla säädetyn Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan. Asetuksen mukaan tarvittaessa varmistuksena käytetään analyysiä.

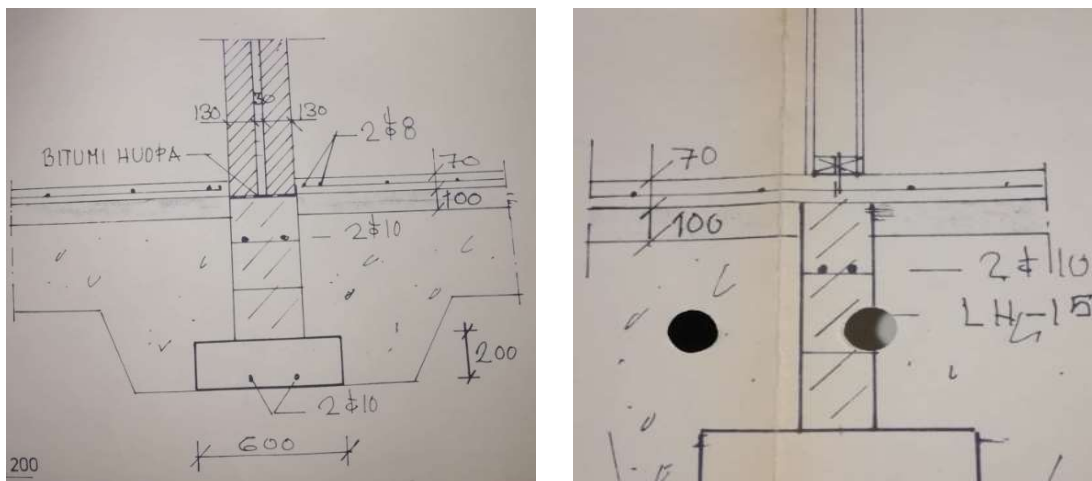
Laboratorioanalyysin perusteella laboratorion tekemän johtopäätöksen mukaan:

Materiaali	Ei mikrobikasvua materiaalissa	Epäily mikrobikas- vusta materiaalista	Selvä mikrobikasvu materiaalissa
1. puu			x
2. min.villa			x
3. puu			x
4. min.villa			x
5. puu		x	
6. puu		x	
7. puu		x	
8. puu	x		
9. puu			x
10. puu	x		
11. min.villa	x		
12. puu			x
13. puu			x
14. puu			x
15. puu			x
16. puu			x
17. min.villa			x
18. puu			x
19. min.villa			x

Taulukko 1. Laboratorionäytteiden analyysivastausten yhteenvedo.

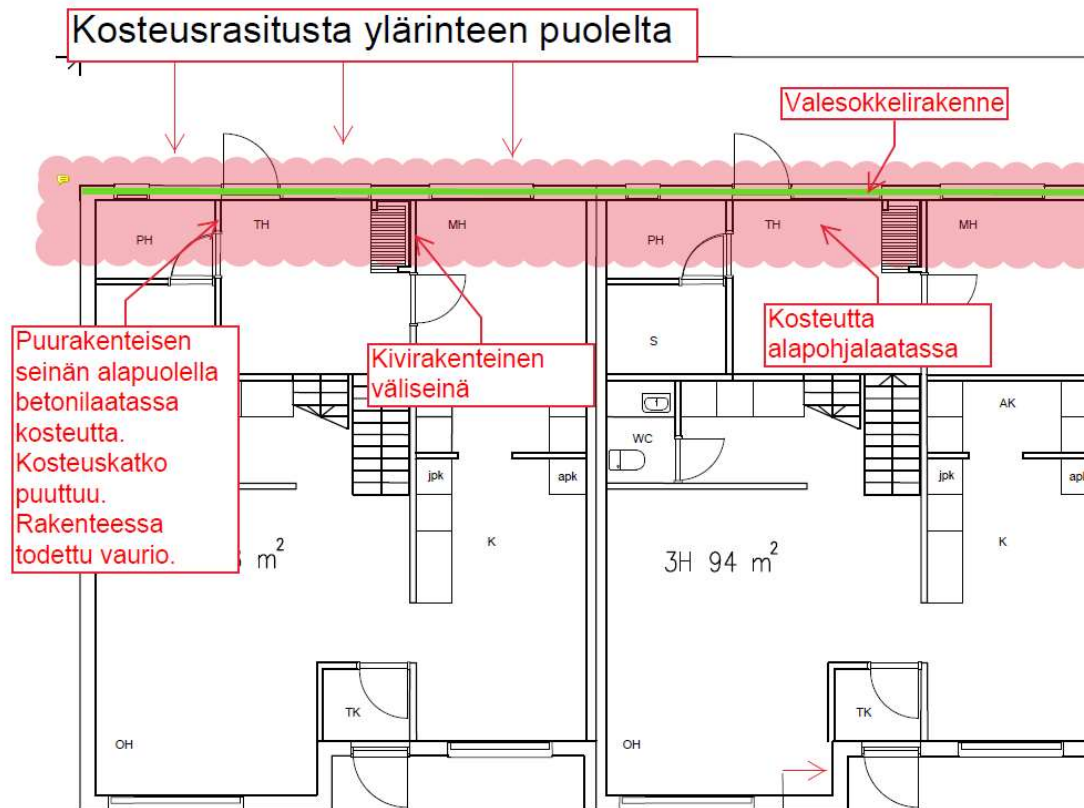
7.2.4 Väliseinärakenteet

Taloissa on kolmenlaisia väliseinärakennetyyppejä, kevyitä puurunkoisia väliseiniä, omalta perustukseltaan lähteviä kantavia puurakenteisia väliseiniä sekä huoneistojen välisiä omalta perustukseltaan lähteviä kiviseiniä.



Kuva 20 ja 21. Väliseinätyypit alkuperäisissä rakennepiirustuksissa.

Väliseinärakenteita tutkittiin pistokoeluontoisesti rakenneavauksin. Rakenneavauksista ei havaittu viitteitä vaurioista muualta kuin talon 1 ylärinteen puolelta kevyen puurakenteisen seinän alaosasta. Laboratorionäytteitä otettiin väliseinien alajuoksuista varmuuden vuoksi. Määrityksien perusteella vaurio havaittiin ainoastaan ulkoseinälinjan vierestä talosta 1. Kosteuslähteeksi arvioitiin kapillaarisesti maaperästä siirtyvä ulkopuolinen kosteusrasitus. Rakennuksen vierustalla maanpinta viettää kohti rakennusta. Maa-aines rakennuksen vierustalla ylärinteen puolella on runsaasti kapillaarikosteutta sitovaa pääasiassa savi/hiekkamaata.



Kuva 22. Havainnollistava kuva kosteusrasituksesta ylärinteen puolella talossa 1.

7.2.5 Yläpohjarakenteet

Rakennuksien yläpohjan kantavina rakenteina puuristikot ja lämmöneristeinä mineraalivillaa, jonka päälle lisäeristeeksi puhallettu puhallusvillaa. Rakennuksen yläpohjassa on asennettu höyrynsulkumuovi, mutta höyrynsulkumuovin liittymät seinärakenteisiin ovat tiivistämättä. Epätiiviyyspaikkojen kautta sisäilman kosteus pääsee kulkeutumaan rakennuksen luontaisten painesuhteiden vuoksi sekä savupiippuvaikutuksesta ylöspäin yläpohjarakenteisiin. Kosteuden tiivistyminen eli kastepisteen syntyminen lämmöneristekerrokseen on mahdollista ulkoilman lämpötilan ollessa alhainen. Mikäli rakennuksen sisäilma esimerkiksi tuulen vaikutuksesta muuttuu alipaineiseksi, on epäpuhtauksien, kuten pienhiukkasten kulkeutuminen yläpohjarakenteista sisäilmaan mahdollista. Seinäliittymissä havaittiin nokeentumaa, joka on seurausta ilmavuodoista yläpohjarakenteiden kautta sisäilmaan.



Kuva 23. Yläpohjan ja ulkoseinän liittymän ilmavuodoista viitteitä.

Talon 1 yläpohjassa havaittiin silmämääräisesti tarkasteltuna korjaamattomia kosteusvaurioita sekä vuotojälkiä sisäkatossa useammassa asunnossa. Vaurioiden syyksi todettiin vanhat vesikaton vuodot.



Kuva 24. Viitteitä vanhoista kattovuodoista sisäkatossa.

7.2.6 Ilmanvaihto

Molemmissa rakennuksissa ilmanvaihtojärjestelminä oli Valmet Kotilämpö- ilmalämmityskoneet. Ilmanvaihtokoneet oli arvioitu aikaisemmin kuntoarvioraportissa mekaanisesti kuluneiksi ja käyttökänsä päässä oleviksi. Ilmanvaihtokanavissa todettiin kuntatutkimuksessa kanavien jakolaatikossa mineraalivillaa, jonka kautta teollisten mineraalivillakuitujen on mahdollista kulkeutua sisäilmaan tuloilman mukana.



Kuva 25. Vanhan Valmet kotilämpölaitteiston jakolaatikossa havaittiin teollisten mineraalivillakuitujen lähde.

Ilmanvaihdon tulo- ja lämmitysilmän kanavat kulkivat suurelta osin maanvaraisen alapohjalaatan alla. Taloyhtiö päätti tutkia kanavien kuntoa putkistokameralla, jotta varmistetaan kanaviston kunnosta. Maaperässä betonilaatan alla kulkevien kanavien kautta saattaa kanaviston rikkoutuessa olla ilmayhteys maaperään, jonka seurauksena maaperän epäpuhtauksia pääsee kulkeutumaan sisäilmaan ilmanvaihdon mukana. Alkuperäisen Valmet Kotilämpö -esitteen mukaan kanaviston ympärillä on muovikelmun sisällä kovasta lämpöeristeestä tehty kotelo.



Kuva 26. Valmet Kotilämpökoneen kanavat kulkevat alapohjalaatan alla. (*Valmet Kotilämpö, esite*)

Tuloilman päätelaitteet sijaitsivat lattiassa lähellä ulkoseinälinjoja, jossa ne läpäisevät alapohjan betonilaatan. Päätelaitteiden läpivientiä ei ole tiivistetty betonilaattaan, jolloin maaperästä on mahdollista tapahtua ilmapuotoja sisäilmaan, mikäli sisäilma on alipaineinen ulkoilmaan nähden.



Kuva 27. Ilmanvaihdon päätelaitteen läpivienti epätiivis.

7.3 Referenssikohteen tutkimusten johtopäätökset ja yhteenveto

Rakennuksessa todettiin yleisesti riskirakenteeksi luokiteltava valesokkelirakenne, jossa ulkoseinien puurunko lähtee näkyvää sokkeliä ja lattiapintaa alemmaksi sekä läheltä maanpinnan tasoa. Tutkimustulosten perusteella rakenteeseen liittyvä kosteusvaurioitumisen riski on toteutunut molempien rakennusten osalta, ja se on osoitettu laboratorioanalyysillä sekä aistinvaraisin havainnoin. Tutkimuksessa todettiin lisäksi useita muita sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä sekä Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan ylittäviä kosteusvaurioita. Asuntojen käyttäjien haitallinen altistuminen todetuille sisäilman laatuun vaikuttaville tekijöille on erittäin todennäköinen. Lisäksi useassa asunnossa käyttäjäkyselyn perusteella on koettu sisäilmasta johtuvaa terveydellistä oireilua tai huonoa sisäilmaa.

Terveydensuojelulain nojalla 2015 säädetyn Asumisterveysasetuksen 20§ mukaan aistinvaraisesti todettu mikrobivaurio ylittää toimenpiderajan. Asetuksen mukaan tarvittaessa varmistuksena käytetään analyysimenetelmää. Edellä mainitun perusteella rakennuksessa on terveydensuojelulain tarkoittama terveyshaittaa aiheuttava olosuhde ja asumisterveysasetuksen toimenpiderajan ylittymisenä pidettävä altiste. Terveydensuojelulain mukaisen terveyshaitan voi todeta vain viranomainen, joka yleensä on terveystarkastaja.

8 TUTKIMUKSEN YHTEENVETO

8.1 Tutkimustulos ja pohdinta

Rakennusten sisäilmaongelmien syyt ovat tutkimuksessa tehtyjen havaintojen perusteella erittäin moninaisia. Kun rakennuksien korjausta lähdetään suunnittelemaan, voidaan luotettavaa kosteus- ja sisäilmateknistä tutkimusta pitää erittäin keskeisessä asemassa. Jotta voidaan poistaa kaikki merkittävät ongelmia aiheuttavat tekijät, tulee ne ensin löytyä. Ongelmien syiden selvittäminen ei ole helppoa ja tutkijalta vaaditaan paljon kokemusta ja ammattitaitoa, jotta lähtökohdat korjaussuunnittelulle saadaan

luotua. Mielestäni tutkimuksen perusteella tärkeimpiä ominaisuuksia tutkijalla on kokemus, sekä riittävä tietotaito. Kosteusvaurioiden lisäksi vanhoissa rakennuksissa on joskus käytetty terveydelle haitallisia rakennusmateriaaleja, joiden tunteminen on välttämätöntä korjaustarvetta ja korjausmenetelmiä arvioitaessa. Tavanomainen sisäilmasta aistittava hajun lähde on kreosootti, jonka komponentin naftaleenin hajua pidetään toimenpiderajan ylittymisenä. Esimerkiksi tällaista raja-arvoa on vaikea, ellei jopa mahdotonta määrittää, koska toisilla ihmisillä on herkempi hajuaisti.

Kosteusvaurion syntyessä mikrobilajisto muuttuu ja kosteusvauriolajistot alkavat kasvaa. Kosteusvaurion kuivuessa sen mikrobikasvusto muuttuu passiiviseksi, mutta saattaa jatkaa kasvuaan rakenteen kosteuspitoisuuden jälleen noustessa. Mikrobivaurioita arvioitaessa kosteusmittaukset eivät ole riittävä menetelmä vaurion selvittämisessä, koska vaurioituminen saattaa olla syklistä esimerkiksi vuodenajasta ja olosuhteista johtuen. Rakenteiden fysikaaliset vauriomekanismit tulisikin havaita ja selvittää jo kosteus- ja sisäilmateknistä tutkimusta tehdessä, jolloin välttyään liian rajujen korjaustapojen valinnalta suunnitteluvaiheessa. Viimekädessä vastuu kosteusteknisestä toimivuudesta on kuitenkin korjaussuunnittelijalla. Tästä syystä rakennetyypit ja niiden liittymät tulisi selvittää ja dokumentoida mahdollisimman hyvin jo tutkimusvaiheessa, vaikka vaurioita ei havaitaisi. Kosteus- ja sisäilmateknisessä tutkimuksessa, korjauspäätökseen lähdetessä sekä korjaussuunnittelussa tulisi huomioida tärkeänä osana rakennukseen vuosikymmenten aikana kertyneet epäpuhtaudet sekä niiden aiheuttama riski korjausten onnistumisen kannalta.

Kun moniongelmaisia rakennuksia lähdetään korjaamaan, saattaa kustannukset olla erittäin mittavia. Sisäilmahaittaa aiheuttavat tekijät ovat mahdollisesti laaja-alaisia, koko rakennetyypin koskevia vauriomekanismeja. Lähtökohtaisesti korjauksissa tulee poistaa kaikki vauriot ja sisäilman laatua heikentävät tekijät, eikä näitä tekijöitä saisi esiintyä rakennuksissa. Tietyissä tapauksissa tästä periaatteesta voidaan poiketa, mutta vaaditaan ymmärrystä asioiden välisistä syy- ja seuraussuhteista. Mikäli rakenteissa on kosteusvauriomekanismi, jolloin vaurioituminen ja mikrobikasvu on jatkuva, tuottavat mikrobit terveydelle haitallisia kaasumaisia aineenvaihduntatuotteita. Kaasumaiset yhdisteet kulkeutuvat ilmapirtausten mukana riippuen painesuhteista. Tutkijan sekä korjaussuunnittelijan tulee ymmärtää eri haittatekijöiden merkittävyyttä kokonaiskuvassa, jolloin vaaditaan hyvää yhteistyötä sekä kokemusperäistä arviointia.

Korjaussuunnittelun onnistumisen yhtenä mittarina voidaan pitää kaikkien sisäilmahaittaa aiheuttavien tekijöiden huomioimista, onnistunutta eri tekijöiden merkittävyyden arviointia sekä toisiaan tukevien korjausmenetelmien valitsemista.

LÄHTEET

Rakennuslehti, Maria Huusko, 18.8.2017, www-sivut. Viitattu 11.2.2019

<https://www.rakennuslehti.fi/2017/08/1970-ja-1980-luvun-rivitalo-voi-olla-jopa-korjaukselvoton/>

RT 05-10710. Kosteus rakennuksissa. Helsinki: Rakennustieto. 1.11.1999 Viitattu 11.2.2019. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

RT 103003. Asuinkiinteistön kuntoarvio, kuntoarvioijan ohje. Helsinki: Rakennustieto. 1.11.1999 Viitattu 6.1.2020. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 23.4.2015. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>

Hengityслиitto, www-sivut. Viitattu 11.2.2019

<https://www.hengityслиitto.fi/fi/sisailma/kosteus-ja-homevauriot/nain-homevaurio-syntyymikrobit>

Sisäilmayhdistys, www-sivut. Viitattu 24.2.2019

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Terveysvaikutukset/Mikrobien-terveyshaitat>

Työterveyslaitos, Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen. Viitattu 24.2.2019

https://ttk.fi/files/4715/Ohje_tyopaikkojen_sisailmasto-ongelmien_selvittamiseen.pdf

Työturvallisuuslaki, 23.8.2002/738. Viitattu 24.2.2019

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitalliseksi tunnetuista pitoisuuksista 538/2018. Viitattu 24.2.2019

http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160967/STM_09_2018_HTParvot_2018_web.pdf

Rakennustietosäätiö, www-sivut. Viitattu 6.1.2020

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s740.pdf>

Sisäilmayhdistys ry, www-sivut. Viitattu 24.2.2019

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

Viitattu 16.1.2020

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Muut-sisail-matutkimukset/Kemialliset-tutkimukset>

Ympäristöministeriön Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekni-nen kuntotutkimus. Viitattu 23.5.2019

Säteilyturvakeskus STUK, www-sivut. Viitattu 24.2.2019

<https://www.stuk.fi/aiheet/radon/radonkorjaukset>

Ympäristö.fi Rakennusmateriaalien haitta-aineet, 16.2.2017. Viitattu 24.2.2019

https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Rakennusmateriaalien_tietopankki/Haittaaineet

Valvira, Ohje asunnon terveyshaitan selvittämisprosessiin, 4/2017. Viitattu 24.2.2019

https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Ohje_asunnon_terveyshaitan_sel-vittamisprosessiin.pdf/3dcb1340-e769-f45a-6d8c-2087e7690a2d

Rakentajan kalenteri 2011, Rakennustietosäätiö. Viitattu 12.10.2019

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjausopas, Lausuntoversio 3/2018. Viitattu 5.11.2019

<https://www.lausuntopal-velu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=8529>

Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 25.6.2015/798

Viitattu 2.1.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150798>

RT 21-11288. Puutavara, Sahattu ja höylätty. Helsinki: Rakennustieto. 1.11.1999
Viitattu 6.11.2019. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

RT 14-11239, Rakennuksen lämpökuvaus. Helsinki: Rakennustieto. 1.11.1999
Viitattu 5.1.2020

Kattoliitto Ry, Toimivat katot 2013. Viitattu 6.11.2019.

http://www.kattoliitto.fi/files/504/Toimivat_Katot_2013_reduced_size_.pdf

Hometalkoot.fi, Tunne talosi, turvaa kauppasi 2013. Viitattu 7.11.2019.

<https://hometalkoot.fi/file/15811.pdf>

Hometalkoot.fi, Tunnista ja tutki riskirakenne 2012. Viitattu 7.11.2019.

<https://hometalkoot.fi/file/15814.pdf>

Fise, henkilöpalvelut, www-sivut. Viitattu 5.1.2020.

<https://fise.fi/patevyyspalvelu/hae-patevyutta/energia-ja-kuntoasiantuntijat/asunto-kaupan-kuntotarkastaja-akk/>

Valvira, Ympäristöterveys, www-sivut. Viitattu 12.1.2020

<https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys/mikrobit>

Työterveyslaitos, www-sivut. Viitattu 15.1.2020

<https://www.ttl.fi/ova/kreosootti.html>

RT RakMK-21749. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Viitattu 27.1.2020

<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

