



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kasper Ahonen

OMAKOTITALON KUNTOTUTKIMUS

Tekniikka

2018

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Kasper Ahonen
Opinnäytetyön nimi	Omakotitalon kuntotutkimus
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	43 + 5 liitettä
Ohjaaja	Mika Korpi

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä kuntotutkimus Vaasan Vestervikissä sijaitsevaan vuonna 2003 valmistuneeseen omakotitaloon. Tarkoituksena oli löytää mahdollisia ongelmia saada selvyttä energiakustannuksiin. Sekä kartoittaa korjaustarpeessa olevia rakenteita.

Tutkimus toteutettiin aistinvaraisinarvioin. Lisäksi apuvälineinä toimi pintakosteusmittari sekä lämpökamera. Rakenteita rikkovia tutkimuksia ei tehty. Pintakosteusmittarilla tutkittiin lähinnä märkätilat. Lämpökamerakuvaus suoritettiin koko rakennukseen lukuun ottamatta yläkerran päämakuuhuoneen komeroa, tavarankalusteesta johtuen. Lämpökamerakuvausta ei suoritettu ulkopuolelta.

Pintakosteusmittarilla ei ollut havaittavissa kosteita-arvoja missään tutkituissa tiloissa. Lämpökamerakuvausten yhteydessä ilmavuotoja oli havaittavissa ovissa, muutamissa yläkerran ikkunoissa. Myös eteisen, kuistin sekä ruokailutilan erkkerin nurkissa oli havaittavissa ilmavuotoja. Aistinvaraisin menetelmin löydetyt asiat olivat lähinnä pintojen kulumisista ja rakenteiden elämisestä johtuvia.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Rakennustekniikka

ABSTRACT

Author	Kasper Ahonen
Title	Condition Survey of Detached House
Year	2018
Language	Finnish
Pages	43 + 5 Appendices
Name of Supervisor	Mika Korpi

The purpose of the thesis was to make an inspection of the current condition of a detached house built in the year 2003 and located at Västervik in Vaasa. The purpose of the inspection was to find out hiding problems in the house structures, as well as to find out why the energy costs are quite high, and to survey items that are in need of reparation.

The inspection was made sensorily and also with the help of a moisture meter and thermal camera. Investigations that would break the structures and surfaces were not made. The moisture meter was mostly used in the wetrooms. The thermal camera inspection was made in all rooms except the second floor walk-in wardrobe due to the amount of goods in it. The house was not viewed with the thermal camera from outside.

There was no moisture perceived with the moisture meter in any of the spaces that were under investigation. Air leaks were found during the thermal camera viewing. Air leaks were mostly found in the hallway, bay, porch, external doors and at a few second floor windows.

Keywords	Condition survey of a detached house, thermal image, humidity measurement
----------	---

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	7
2	KUNTOTUTKIMUS	8
	2.1 Kuntotutkimusmenetelmät	9
3	TURMELTUMISILMIÖT	10
	3.1 Kosteus.....	10
	3.2 Betonirakenteiden turmeltumisilmiöt	11
	3.2.1 Betonin kutistuminen	11
	3.2.2 Betonin viruma.....	12
	3.2.3 Betonin halkeilu	12
	3.2.4 Teräsbetonin karbonatisoituminen	13
	3.2.5 Pakkasrapautuminen	14
	3.3 Muuratut rakenteet	15
	3.3.1 Poltettu tiili.....	15
	3.3.2 Laastit.....	16
	3.3.3 Muuratun rakenteen raudoitus ja muuraussiteet	16
	3.3.4 Muuratun rakenteen halkeilu.....	17
	3.4 Teräsrakenteet	17
4	LÄMPÖKAMERAKUVAUS	20
	4.1 Lämpökamera kuvaukseen liittyviä käsitteitä.....	20
	4.2 Lämpökamerakuvauksen suorittaminen	23
5	KOSTEUSMITTAUS	26
	5.1 Pintakosteusmittaus.....	26
	5.2 Porareikämittaus	28
	5.3 Näytepalamittaus.....	29
6	OMAKOTITALON KUNTOTUTKIMUS	32
	6.1 Alapohja.....	34
	6.2 Julkisivut.....	36

6.2.1	Seinät.....	36
6.2.2	Ovet.....	36
6.2.3	Ikkunat.....	36
6.3	Vesikatto	36
6.4	Täydentävät rakenteet ja tilapinnat	37
6.5	LVIS.....	38
7	LÄMPÖKAMERAKUVAT	39
8	KOSTEUSMITTAUS KOHTEESSA	40
9	KORJAUSEHDOTUKSET.....	41
10	YHTEENVETO	42
11	LÄHTEET	43

LIITTEET

LIITELUETTELO

LIITE 1. Kosteusmittaukset (pohjakuva) 1 krs.

LIITE 2. Kosteusmittaukset (pohjakuva) 2 krs.

LIITE 3. Lämpökamerakuvat (pohjakuva) 1 krs.

LIITE 4. Lämpökamerakuvat (pohjakuva) 2 krs.

LIITE 5. Lämpökamerakuvat

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena oli tehdä kuntotutkimus vanhempieni omakotitalosta. Tarkoituksena oli selvittää rakennuksen korjaustarpeita, mahdollisesti piileviä ongelmia ja korkeiden energiakustannusten syitä. Rakennus on vuonna 2003 valmistunut kaksikerroksinen, puurakenteinen omakotitalo tuulettuvalla alapohjalla.

Rakennuksessa on aiemmin ollut kaksi kosteusvahinkoa, jotka on korjattu. Toinen korjattu kosteusvahinko johtui viistosateesta, jolloin yläkerran parvekkeen bitumihuovan ylösnoston yli pääsi vettä ja se valui alakertaan. Toinen kosteusvaurio oli kylpyhuoneessa suihkunurkkauksessa ja saunannurkassa jakotukin takana. Molemmat kosteusvahingot on korjattu. Jälkimmäiset kosteusvahingot korjattiin kylpyhuoneremontin yhteydessä loppuvuodesta 2017.

Vaikka kohde on kohtuullisen uusi. Ja se pitäisi olla rakennettu uusien rakennusmääräysten mukaan, ongelmia on ollut ja tarkoitus on kartoittaa mahdollisesti vielä selvittämättä olevat ongelmat. Lisäksi tarkoitus on myös katsoa läpi sellaisia asioita, jotka uusimpien rakennusmääräysten mukaan tehdään nykyään toisin. Lopuksi olen listannut kohteesta löytyneiden asioiden pohjalta korjausehdotuksia rakennuksen kunnon, toimivuuden ja yleisilmeen parantamiseksi.

2 KUNTOTUTKIMUS

Kuntotutkimuksen avulla pyritään määrittelemään rakenteen, rakennusosan tai järjestelmän kuntoa, toimivuutta ja sen korjaustarvetta. Se voidaan tehdä esimerkiksi korjaus- tai perusparannussuunnittelun pohjaksi. Kuntotutkimuksessa voidaan käyttää monia eri menetelmiä tarpeesta riippuen, mutta yleisesti ottaen kuntotutkimus etenee siten, että ensin käydään suunnitteluasiakirjat läpi. Kun kohteeseen on tutustuttu asiakirjojen ja piirustusten pohjalta, suoritetaan kohteen silmämääräinen tarkastelu. Silmämääräisen tarkastelun jälkeen saa tutkimuksen tekijä hyvän kokonaiskuvan kohteesta, jonka perusteella hän pystyy valitsemaan sopivat menetelmät seuraavaa vaihetta varten. Seuraavassa vaiheessa suoritetaan aineita rikkomattomat tutkimukset ja mittaukset. Lopuksi edellä mainittujen tutkimusten pohjalta suoritetaan tarpeen mukaan aineita rikkovia tutkimuksia, joita ovat mm. näytteidenotto ja laboratoriotutkimukset. /2/

Kun tutkimukset on suoritettu, raportoidaan tutkimustuloksista tilaajalle ennalta sovitussa raportointimuodossa sähköisesti. Kuntotutkimusraportista tulisi löytyä ainakin seuraavat tiedot: kohteen kunto ja mahdollinen korjaustarve, korjauksen suositeltava ajankohta ja mahdollisesti takaraja, vaihtoehtoiset korjausmenetelmät hankinta- ja ylläpitokustannusarvioineen, huolto- ja energiakustannussäästöt ja tutkimuksessa kunnoltaan epävarmaksi jääneet kohteet, jotka tarvitsevat jatkotutkimuksia. /2, 4/

Kuntotutkimusta voidaan pitää kuntoarvion jatkotoimenpiteenä, silloin kun jonkin alueen tai osa-alueen kunnosta ei pystytä tekemään luotettavia päätelmiä silmämääräisellä kuntoarviolla ja kuntoarvioraportti olisi näiltä osin jäämässä keskeneräiseksi tai puutteelliseksi. Kuntotutkimus olisi tarpeen tehdä ennen korjaustoimenpiteiden suunnitelmien laatimista, jotta saadaan käsitys korjattavan kohteen vaurioista ja vaurioiden aiheuttajasta. Kun korjattava kohde on tutkittu hyvin, voidaan tehdä päätökset parhaasta mahdollisesta korjausmenetelmästä. Kuntotutkimukseen ei pitäisi kirjata vain löydettyjä vaurioita ja ongelmia, myös

vaurion aiheuttaja ja syy on tärkeää selvittää, jotta vaurio ei korjauksen jälkeen pääse uusiutumaan. /2, 8/

Kuntotutkimukset voidaan jakaa eri osa-alueisiin. Eri osa-alueilla käytettävät toimintatavat ja menetelmät poikkeavat paljon toisistaan, riippuen siitä, mitä ollaan tutkimassa. Kuntotutkimuksen eri osa-alueita ovat mm. putkistojen, ilmanvaihdon, sisäilman, rakennetekninen, sähkötekniikka ja rakennusautomaation kuntotutkimus. /8/

2.1 Kuntotutkimusmenetelmät

Ammattitaitoinen suunnittelija osaa valita olennaiset tutkimukset kohteen kannalta. Hyvän kokonaiskuvan saamiseksi on tärkeää suorittaa riittävä määrä näytteidenottoja, jotta tutkimustulokset edustaisivat mahdollisimman hyvin koko tutkittavaa rakennetta. /2/

Silmämääräisessä arvioinnissa ei käytetä erityisiä tutkimuslaitteita eikä rikota rakennetta. Apuvälineitä voidaan kuitenkin käyttää esimerkiksi tarkastusluukkujen ja alaslaskettujen kattojen avaamiseen. Silmämääräisessä arvioinnissa etuna on se, että silloin saadaan laaja kokonaiskuva tutkimuskohteesta nopeasti ilman kalliita tutkimuksia. Yksityiskohtaista tietoa ei tällä menetelmällä kuitenkaan pystytä saamaan. /2/

Aineita rikkomattomia tutkimuksia ovat mm. kosteusmittaukset, infrapunakuvaus, viemäreiden TV-kuvaus ja betonin kimmovasaramittaukset. Saatavan tiedon tarkkuus vaihtelee paljon ja käytettävien tutkimuslaitteiden hinnoissakin on suuria eroja. /2/

Näytteidenotto ja laboratoriotutkimukset rikkovat tutkittavaa rakennetta. Näytteiden avulla saadaan todella tarkkaa ja yksityiskohtaista tietoa näytekohdan materiaalista. Se, kuinka hyvin kyseinen näyte edustaa koko rakennetta, voi jäädä epäselväksi, mikäli näytteitä otetaan vähäinen määrä kyseisestä rakenteesta. /2/

3 TURMELTUMISILMIÖT

Turmeltumisilmiöt heikentävät rasitusten vaikutuksesta materiaaleja ja siten koko rakennusosaa tai rakennetta. Ne aiheutuvat kemiallisista, fysikaalisista ja mekaanisista muutoksista. /2/

3.1 Kosteus

Useimpien rakenteiden pahin riskitekijä on kosteus. Kosteus on osallisena melkein kaikissa merkittävässä turmeltumisilmiöissä. Rakenteen kestävyuden tarkastelun kannalta keskeisin osa on kosteudenlähteiden, sitoutumisen ja siirtymismuotojen ymmärtäminen. Tärkeimpiä huomioon otettavia kosteudenlähteitä ovat sade, ulkoilman kosteus, pinnoille tiivistyvä ilmankosteus, sisäilman kosteus, maaperän kosteus, rakennus kosteus, rakennuksessa käytettävä vesi ja erilaiset vuotovedet. /2/

Kosteus liikkuu rakenteessa vesihöyrynä ja vetenä. Vesihöyry liikkuu rakenteissa pääasiassa diffuusiona ja konvektiona. Diffuusio tarkoittaa vesihöyryn siirtymistä suuremmasta vesipitoisuudesta pienemmän vesipitoisuuden suuntaan. Konvektiolla taas tarkoitetaan ilmanpaine-eroista johtuvaa ilmavuotojen kautta siirtyvää vesihöyryä. Veden muodossa tapahtuva kosteuden liikkuminen tapahtuu kapillaarisesti tai gravitaation kuljettamana. Kapillaarisella kosteuden siirtymisellä tarkoitetaan rakennusaineiden tai maaperän kykyä imeä ja siirtää vettä niiden ollessa kosketuksissa veden kanssa. Kapillaarinen kosteus pystyy siirtymään painovoiman vastakkaiseen suuntaan. Maaperästä nouseva kosteus on hyvä esimerkki kapillaarisesta kosteudesta. Gravitaation kuljettamalla kosteudella tarkoitetaan maapallon painovoiman aikaansaamaa kosteuden liikettä. /1, 2/

Kosteudella on suuri vaikutus rakenteisiin ja niiden toimivuuteen, sekä materiaalien ominaisuuksiin, kuten lujuuteen, lämmönjohtavuuteen ja kosteudenjohtavuuteen. Kosteuspitoisuuden muutos aiheuttaa huokoisissa materiaaleissa muodonmuutoksia, liikkeitä ja pakkovoimia. Kosteudella on suuri

merkitys esimerkiksi pakkasrapautumisessa, korroosiossa ja lahoamisessa. Se vaikuttaa myös mm. lämmitysenergian kulutukseen, sisäilman laatuun, homekasvuston syntymiseen ja rakenteiden ulkonäköön. /2/

Kriittisestä kosteudesta puhuttaessa tarkoitetaan kosteuden rajaa, jonka ylittyessä mahdollistuvat monet turmeltumisilmiöt. Kriittinen kosteus ilmaistaan suhteellisena kosteutena (RHkr). Jotta rakennusaine toimii halutulla tavalla, tulee sen suhteellinen kosteus (RH) olla pienempi kuin kyseisen rakennusaineen kriittinen kosteus (RHkr) /1, 2/

3.2 Betonirakenteiden turmeltumisilmiöt

Teräsbetonirakenteiden yleisimmät vauriot johtuvat halkeilusta, terästen korroosion, pakkasrapautumisesta, virumasta ja betonin kutistumisesta. /2/

3.2.1 Betonin kutistuminen

Betonin kutistuminen voidaan jakaa varhaiskutistumiseen ja kovettuneen betonin kutistumiseen. Varhaiskutistuminen tapahtuu, kun betonirakenteen pinnalla tapahtuu plastinen kutistuminen valun jälkeen nopean haihtumisen vuoksi. Varhaiskutistuminen voi aiheutua myös jäähtymiskutistumana, hydraation hidastuessa tapahtuvan lämpötilan alenemisen takia. Kuivumiskutistuma sekä karbonatisoitumiskutistuma ovat kovettuneen betonin kutistumisen muotoja. Kuivumiskutistuma syntyy, kun vesi poistuu geelihiukosista. Karbonatisoitumiskutistuma tapahtuu, kun ilmassa oleva hiilidioksidi reagoi kemiallisesti sementtikiven ainesosien kanssa. /2/

Kuivumiskutistuminen on merkittävin betonin kutistumistyyppiä. Siihen vaikuttavat betonin koostumus sekä ympäröivät olosuhteet. Tavallisesti kuivumiskutistumisen suuruusluokka on 0,3–0,6 %. Runkoaineen tilavuusosuuden lisääminen vähentää kutistumaa, kun taas veden määrän lisäämiseen vaikuttavat tekijät, kuten sementin hienouden, sementin määrän ja hienon runkoaineen lisääminen lisäävät kutistumaa. Kuivissa olosuhteissa kutistuma on suurempi kuin

kosteissa. Kosteuspitoisuuden vaihtelut aiheuttavat betonissa kutistumista ja paisumista, mutta ei koko kutistuman suuruudella. /2/

3.2.2 Betonin viruma

Viruma on betonin muodonmuutos, joka aiheutuu pitkään jatkuneen kuormituksen ja kimmoisen muodonmuutoksen takia. Kuormituksen poistuessa viruma palautuu ajan myötä, mutta jää osittain pysyväksi. Viruman suuruuteen vaikuttavat mm. betonin ikä ja säilytysolosuhteet sekä rakenteen mittasuhteet, lämpötila, runkoaineen määrä, laatu ja jännityksen suhde lujuuteen. Betonin hyvällä jälkihoidolla virumaa voidaan ehkäistä, mutta esimerkiksi ohuemmat rakenteet ovat herkempiä virumalle kuin massiiviset rakenteet. Tämä johtuu siitä, että massiivisten rakenteiden sisäosat eivät pääse kuivumaan yhtä nopeasti kuin ohuiden rakenteiden. Runkoaineen määrän lisääminen ja rakenteen raudoitus pienentävät virumaa, kun taas jännitystason ja lämpötilan nousu lisäävät sitä. /2/

3.2.3 Betonin halkeilu

Betonirakenne halkeaa vetojännityksen ylittäessä betonin vetolujuuden. Tuoreen betonin kohdalla halkeilu johtuu yleensä plastisesta kutistumasta, jossa betonirakenne kuivuu nopeasti ja halkeaa. Muita syitä betonirakenteen halkeilulle on esimerkiksi kutistuminen, lämpötilan muutokset, tukien siirtyminen, pakkasrapautuminen, raudoitteen ruostumisen aiheuttama sisäinen paine, rakenteen ylikuormittuminen sekä liikuntasauvojen puuttuminen. Koska betonin murtovenymä on pieni, johtaa estetty kutistuminen aina halkeiluun. /2/

Betonin halkeiluriskiä voidaan pienentää riittävän hyvällä ja pitkällä jälkihoidolla valun jälkeen. Halkeiluriski pienenee myös, kun mitoitetaan riittävän tiheä liikuntasau maväli ja käytetään liikkeen sallivia kiinnityksiä. Kuormitusta vähentämällä voidaan myös pienentää halkeilua ja esimerkiksi raudoitus jakaa halkeamia tiheämmin pienentäen halkeamien leveyttä. /2/

3.2.4 Teräsbetonin karbonatisoituminen

Betonin raudoitteet ovat yleensä hyvin ruostumiselta suojattuna, sillä betonin huokosvesi on erittäin emäksistä. Emäksisyys muodostaa oksidikalvon teräksen pinnalle, joka passivoittaa teräksen ja estää korroosion. Betoni myös suojaa terästä korroosiota aiheuttavilta aineilta, kuten klorideilta. Raudoitteiden korroosio voisi alkaa joko betonin karbonisoituessa tai kloridien tunkeutuessa terästä ympäröivään betoniin. /2/

Betoni karbonisoituu, kun ilmassa oleva hiilidioksidi (CO_2) tunkeutuu betoniin ja laskee betonin huokosveden pH-arvoa. Karbonatisoituminen etenee betonin pinnalta sisälle päin, kohti raudoitteita. Karbonatisoitumisen nopeuteen vaikuttaa lähinnä kolme päätekijää, jotka ovat betonin diffuusiovastus hiilidioksidin tunkeutumista vastaan, ilman hiilidioksidipitoisuus, sekä aineen karbonisoituvan aineen määrä. Koska betonin huokosrakenne sekä kosteuspitoisuus vaikuttavat siihen, kuinka nopeasti betoni karbonisoituu, voidaan karbonatisoitumista sekä korroosion alkamista viivyttää riittävällä suojabetonikerroksella, hyvällä jälkihoidolla sekä betonin tiiveyden varmistamisella käyttämällä riittävän alhaista vesisementtisuhdetta. Myös huolellinen betonin tiivistäminen on tärkeää, kun halutaan välttyä karbonatisoitumiselta. /2/

Paikallisesti hiilidioksidin tunkeutumista rakenteisiin tapahtuu esimerkiksi halkeamien kautta. Hiilidioksidin tunkeutumista betonirakenteeseen estää betonin korkea kosteuspitoisuus, joten esimerkiksi sadevesi hidastaa huomattavasti betonirakenteiden karbonatisoitumista. Mutta myös erittäin kuivissa olosuhteissa, suhteellisenkosteuden (RH:n) ollessa alle 30 % reaktio pysähtyy, koska se tarvitsee vesiliuosta tapahtuakseen. Myös sementtiaineen ja hydraatioasteen lisääminen hidastaa karbonatisoitumisnopeutta. /2/

Käytännön betonirakenteiden raudoitteiden korroosiosuojaus on lähes aina tehty käyttämällä betonin suojavaikutusta. Ongelma tässä suojaustavassa on se, että siihen liittyvät riskit on jätetty vähäiselle huomiolle. Viranomaismääräykset ovat

suurpiirteisiä ja virheitä tehdään niin suunnittelussa kuin työn suorituksessa ja valvonnassakin. Erityisesti liian pienet raudoitteiden suojabetonipeitepaksuudet ovat yleisin ongelma. /2/

Kun betoni on karbonatisoitunut, vaikuttaa betonissa olevan teräksen korroosionopeuteen lähinnä kolme asiaa. Nämä ovat huokosverkoston kosteuspitoisuus, rakenteen lämpötila ja erityisesti sen kohoaminen sekä betonin kloridipitoisuus. Kun huokosverkoston kosteuspitoisuus lisääntyy, niin sähkönjohtavuus rakenteessa kasvaa. Yleisesti voidaan katsoa, että teräksen korroosio alkaa, kun rakenteen RH ylittää 65–70 %. Kloridien päästessä teräkseen käynnistävät ne teräksen korroosion vaikka sitä ympäröivä betoni ei olisi karbonatisoitunut. Tiesuola ja merivesi sisältävät klorideja, joten sitä kautta on mahdollista, että niitä päätyy betoniin. Betoni saattaa myös alun perin sisältää klorideja, sillä niitä on käytetty kiihdyttävänä lisäaineina. Teräksen korroosio on erityisen nopeaa, kun kyseessä on kloridien ja karbonatisoitumisen yhteisvaikutus. /2/

3.2.5 Pakkasrapautuminen

Betonin pakkasrapautuminen aiheutuu veden jäätymislaajeneman synnyttämästä paineesta huokosverkostossa. Vesi pääsee huokosverkostoon esimerkiksi viistosateessa tai lumien sulaessa. Jäätyessään vesi laajenee noin 9 %. Kaikki huokosverkostossa oleva vesi ei kuitenkaan jäädy heti, kun lämpötila putoaa pakkasen puolelle. Jäätyminen alkaa suurimmista huokosista ja etenee niin että, alle 5 nm huokokset jäätyvät vasta -30 °C:ssa. Huokosveden jäätymislaajenema aiheuttaa hydraulipaineen. Siksi betonin murtumisen välttämiseksi on betonissa oltava ilmahuokosia, johon jäätyessään laajeneva vesi voi tunkeutua. Ilmahuokosten välimatkan on oltava riittävän pieni ja niitä on oltava tasaisesti jakautuneena, mutta ne eivät kuitenkaan saa muodostaa verkostoa. /2/

Pakkasenkestävyyttä voidaan lisätä käyttämällä lisähuokoistusainetta. Huokoisten keskimääräinen halkaisija on 150–300 µm ja huokosten etäisyys toisistaan noin

0,5 mm. Myös alhainen vesisementtisuhde parantaa pakkasenkestävyyttä, sillä korkea lujuus pienentää vedenimukykyä ja -nopeutta. Pakkasvauriot ilmenevät betonin säröilyinä. Säröt vaikuttavat vedenimeytymiseen, lujuuteen ja rasituksen jatkuessa betoni rapautuu. Rasituksella tarkoitetaan jäätymis-sulamiskertoja, kun kosteuspitoisuus on ollut suuri. Betonin pakkaskestävyyttä voidaan arvioida karkeasti suojahuokossuhteella. Tarkemmin pakkasenkestävyyttä voidaan tutkia optisella mikrorakennetutkimuksella tai jäädytys-sulatuskokeen avulla. /2/

3.3 Muuratut rakenteet

Muurauskivien sekä laastien pakkasrapautuminen ovat muurattujen rakenteiden yleisin turmeltumisilmiö. Muita ongelmia voi esiintyä esimerkiksi rakenteiden halkeilussa ja raudotteiden korroosioissa. /2/

3.3.1 Poltettu tiili

Pakkasrapautuminen on poltetulle tiilille yleisin turmeltumisilmiö, joten tästä syystä julkisivutiilille on aina asetettava pakkasenkestävyysvaatimus. Pakkasvaurioita syntyy, kun tiilen kosteuspitoisuus on riittävän korkea. Pakkasvaurioiden syntyyn vaikuttaa kosteuden lisäksi tiilen käsittelyyn vaikuttavat muut ulkoiset rasitustekijät, kuten kosteusrasitus, kuivumisnopeuteen vaikuttavat tekijät sekä rakenteen jäätymis-sulamisvaiheiden nopeus ja lukumäärä. /2/

Ominaisuudet, jotka vaikuttavat tiilien kosteuspitoisuuteen ja lämpötilaan, ovat rakenteen materiaaliyhdistelmä sekä kerrospaksuudet, rakenteen yksityiskohdat, pintakäsittely ja työnsuoritus. /2/

Kokemusten perusteella pakkasvauriot ovat liittyneet suurimmilta osin rakenteisiin, jotka ovat altistuneet rankalle viistosateelle. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi kuorimuurit, aidat, maakosketuksissa olevat rakenteet sekä puutteellisesti toimivat liitokset ja vuotavat pellitykset. /2/

Tiilien pakkasenkestävyyttä voidaan testata jäädytys-sulatuskokeilla, vedenimukokeilla ja porosimetritutkimuksilla. Luotettavimman tuloksen varmistamiseksi kannattaa käyttää useita menetelmiä rinnakkain. /2/

3.3.2 Laastit

Muuraus- ja rappauslaastit jaetaan karkeasti kalkkisementti-, kalkki- ja sementtilaasteihin sideaineen laadun perusteella. Kalkkilaasti koostuu sammutetun kalkin, runkoaineen ja veden seoksesta, ja se kovettuu hiilidioksidin vaikutuksesta. Tämän vuoksi kalkkilaasti on ilmasideaine eikä se siis kovetu lainkaan vedessä. Kalkkisementtilaastin sideaineena käytetään ilmakalkin lisäksi portlandsementtiä. Tämä lisää sementin kovettumisnopeutta, lujuutta sekä säänkestävyyttä. Sementin kovettuminen johtuu veden vaikutuksesta, joten laasti on hydraulista. Muurausementtilaastin pääsideaine on sementti. Tavallisin turmeltumisilmiö laasteissa on pakkasrapautuminen. Tehdaslaastien pakkaskestävyyttä pystytään parantamaan lisähuokoistuksella. Laastin lisähuokoistaminen on aiheellista esimerkiksi kuorimuureissa, koska niiden pakkasrasitus on niin suuri. /2/

3.3.3 Muuratun rakenteen rauditus ja muuraussiteet

Muuratussa rakenteessa seostamattomien terästen korroosiosuoja on melko puutteellinen. Tämä johtuu osakseen siitä, että tiilen pH-arvo on neutraali ja laasti huokoisena karbonatisoituu nopeasti menettäen teräksiä suojaavan alkalisuutensa. Lisäksi muurattu rakenne halkeilee helposti ja muurattaessa teräksiä on vaikea saada kokonaan laastin ympäröimäksi. Julkisivujen ulkokuorissa käytettävissä raudoituksissa on syytä käyttää kuumasinkittyjä tai ruostumattomia raudoitteita. /2/

Korroosio-olosuhteet seinän eristehalkaisussa ovat hyvin ankarat, joten muuraussiteet tulee tehdä ruostumattomasta teräksestä, tai vähintään yhtä kestävästä materiaalista. Kaikkia eristehalkaisuun tulevia rakenneosia suunniteltaessa on otettava huomioon, että tarvikkeiden kuntoa ei voida seurata.

Lisäksi niitä on yleensä mahdotonta uusia kuorimuuria purkamatta. Lisäksi muuratassa rakenteessa tulisi välttää eri metallien pääsyä toistensa kanssa kosketuksiin, sillä se saattaa aiheuttaa korroosion nopeutumista. /2/

3.3.4 Muuratun rakenteen halkeilu

Muodonmuutokset muuratuissa rakenteissa voidaan jakaa kuormituksesta ja liittyvien rakenteiden siirtymistä johtuviin sekä lämpötilan ja kosteuspitoisuuden muutoksista johtuviin muodonmuutoksiin. Estetyt muodonmuutokset saattavat johtaa pakkovoimiin ja jännityksiin, jonka vuoksi syntyy halkeamia. Kuorimuurien tukien taipumat ja painumat, eri seinäosien erisuuret kuormitukset sekä lämpötilan ja kosteuden muutoksista johtuvat muodonmuutokset aiheuttavat siirtymiä korkeus- ja pituussuunnassa. Julkisivunosien erilaiset siirtymät sekä estetyt muodonmuutokset voivat johtaa halkeamiin tai kuorimuurin siirtymiseen tuella. Yleensä halkeamat syntyvät muurauskappaleen ja laastin väliseen tartuntapintaan. /2/

3.4 Teräsrakenteet

Rakennusten teräsosien turmeltuminen sekä vauriot ovat pääosin korroosion aiheuttamia. Myös pellitykseen muodostuvat kolhut luetaan teräsosien vaurioiksi. Korroosiolla tarkoitetaan sitä, kun metalli syöpyy joko sähkökemiallisen tai kemiallisen reaktion seuraamuksena. Yleinen syy korroosioilmiön syntyyn on se, että terästä valmistetaan metallien eri yhdisteistä ja valmistuksen yhteydessä joudutaan sitomaan huomattava määrä energiaa. Luonto pyrkii korroosioilmiön avulla luovuttamaan tämän energian ja muuttamaan takaisin alkuperäiseen muotoonsa luonnossa esiintyviksi, pysyviksi yhdisteiksi, kuten oksideiksi. /2/

Paikallisparien syntyminen on sähkökemialliselle korroosiolle luonteenomainen piirre. Paikallisparilla tarkoitetaan sitä, kun mikä hyvänsä sähköä johtava materiaali tai materiaaliyhdistelmä on sähköisessä kosketuksessa materiaalikohdistaan sähköä johtavaan liuokseen eli elektrolyyttiin, jona yleisimmin toimii vesiliuos. Paikallispari voi syntyä saman materiaalin rakenne ja

pintaeroista johtuen tai kahden eri materiaalin liitoskohdassa. Yleensä pari muodostuu elektrolyytin jonkin komponentin, kuten hapen, pitoisuuseroista. /2/

Paikallisparin osia kutsutaan anodiksi ja katodiksi. Näiden yhteisnimitys on elektrodi. Elektrodit omaksuvat liuoksessa sähkökemiallisen potentiaalin. Elektrodien väliset potentiaalierot toimivat ajavana voimana korroosioreaktioissa. Paikallisparin isomman potentiaalin omaksuva elektrodi on katodi, ja pienemmän eli epäjalomman potentiaalin omaksuva elektrodi on anodi. Korroosioreaktiossa anodi syöpyy ja katodi säilyy. /2/

Yleinen katodireaktio on hapen pelkistyminen, koska se voi tapahtua aina, kun liuos on yhteydessä ilman kanssa. Tavanomainen katodireaktio happamassa liuoksessa on vedyn kehitys. Anodireaktiossa liuenneet rautaionit voivat neutraaleissa tai emäksisissä olosuhteissa yhtyä katodireaktiossa syntyviin hydroksidi-ioneihin. Tästä syntynyt reaktiotuote, rautahydroksidi, saostuu liuoksesta. Kun tämä yhdiste hapettuu happipitoisessa liuoksessa edelleen, on lopputulos punaisenruskea lopputuote, jota kutsutaan tavallisesti ruosteeksi. Jos tuote kuitenkin on erittäin hapen, ei rauta saostu, vaan pysyy tällöin ionimuodossaan. /2/

Metalli kykenee jonkin verran suojaamaan itseään ja hidastamaan korroosiota ilmastollisen korroosion olosuhteissa. Tällöin korroosiotuotteet muodostavat metallin pinnalle tiiviin ja yhtenäisen kerroksen, joka saa metallin eroon ympäristöstään, ja täten hidastaa korroosiota tehokkaasti. Tätä ilmiötä kutsutaan passivoitumiseksi. /2/

Talonrakentamisessa tavallisia metallien korroosio-ongelmia ovat teräskatteiden sekä julkisivujen pellitysten ja ohutlevyverhousten ja niiden kiinnikkeiden ilmastollinen ja galvaaninen korroosio. Lisäksi betoniraidoitteiden korroosio, ulkopuolisten teräsrakenteiden, kuten ulkorunkojen, kaiteiden, tikkaiden, kiinnikkeiden yms. korroosio. Kosteissa tai muuten aggressiivisissa sisätiloissa

olevien metallirakenteiden ja -tarvikkeiden korroosio ja putkistojen sisä- ja ulkopuolinen korroosio ovat myös tavallisia korroosio-ongelmia. /2/

Korroosioita pystytään jonkin verran estämään ja hidastamaan erilaisilla valinnoilla ja ratkaisuilla. Esimerkiksi materiaalin valinnassa tulee kiinnittää huomiota ympäristöön ja rakenteeseen. Ympäristöön, kuten kosteuteen, suolaan, lämpötilaan ja pH-arvoon vaikuttamalla voidaan estää korroosiota. Rakenteiden sekä yksityiskohtien muotoiluun kannattaa kiinnittää huomiota, jotta korroosiota kiihdyttävät tekijät voidaan minimoida tai poistaa. Myös rakenteiden suojaaminen metallisilla ja orgaanisilla pinnoitteilla estää korroosiota. Lisäksi kannattaa myös välttää jaloudeltaan erilaisten metallien liitosten syntymistä. /2/

4 LÄMPÖKAMERAKUVAUS

Lämpökamerakuvaus on rakenteita rikkomaton tutkimusmenetelmä, jolla voidaan tutkia rakennuksen toimivuutta, kuntoa ja laatua. Lämpökamerakuvausta voidaan käyttää tutkittaessa vanhojen rakennusten kuntoa, mutta myös uudisrakennuskohteiden laadunvarmistuksessa. Lämpökamerakuvauksessa ja kuvien analysoinnissa kannattaa luottaa asiantuntijaan, jolla on riittävä tietotaito rakennusfysiikasta, rakenteista, talotekniikasta, kameran toiminnasta ja kuvien tulkitsemisesta. Asiantunteva kuvaaja ja kuvien tulkitsija varustettuna tarpeeksi hyvällä lämpökameralla, pystyy luotettavasti toteamaan ja tunnistamaan rakennuksessa mahdollisesti piileviä ongelmia. /3/

4.1 Lämpökamera kuvaukseen liittyviä käsitteitä

Huoneilman lämpötila: Ilman lämpötila joka on mitattu mistä tahansa oleskeluvyöhykkeeltä 1,1 metrin korkeudelta. /3/

Lämpötilaindeksi: Koska sääolosuhteet ja lämpötilat vaihtelevat ei lämpökuvausta voi suorittaa aina ns. vakio-olosuhteissa. Vakio olo-suhteilla tarkoitetaan $-5\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$:n ulkolämpötilaa ja $+20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$:n sisälämpötilaa. Lämpötilaindeksin kaava on $TI = (T_{sp} - T_0) / (T_i - T_0) \times 100 [\%]$ jossa,

TI = lämpötilaindeksi, % (annetaan prosentin tarkkuudella)

T_{sp} = sisäpinnan lämpötila, °C (Esim. lämpökameralla mitattu)

T_i = sisäilman lämpötila, °C

T_0 = ulkoilman lämpötila, °C

Lämpötilaindeksiä käyttämällä voidaan kuvaus suorittaa huomattavasti vaihtelevimmissa sääolosuhteissa. Lämpötilaindeksiä katsomalla huomaa selkeämmin mahdolliset ongelmakohdat. Lämpötilaindeksissä on kuitenkin omat virhemarginaalinsa. Pahimmillaan virhemarginaali voi olla ± 6 yksikköä silloin,

kun kaikissa mittauksissa, ulko-, sisä- ja pinta lämpötilojen kohdalla on tehty yhden asteen virhe ja se kertaantuu samaan suuntaan. /3/

Pistemäinen lämpötila: Pistemäinen lämpötila on paikallinen pintalämpötila. Tällaisia ovat esimerkiksi nurkat, läpiviennit ja pistorasiat. Alin sallittava pistelämpötila voidaan mitata käyttämällä lämpökameran aluetyökäluä lämpötilan minimimäärityksellä 2–4 metrin etäisyydeltä. /3/

Tiiveysmittaus: Tiiveysmittaus on tullut pakolliseksi kaikille rakennuksille heinäkuun 2010 jälkeen, mikäli rakennuksen energiaselvityksen ilmavuotoluvun suunnitteluarvona käytetään yhtäsuurta tai pienempää kuin luku 4. Tiiveysmittaus tehdään määrittämällä rakennuksen ilmavuotoluku q_{50} , 50:n Pascalin alipaineessa. Ilmavuotoluku q_{50} kuvaa rakennusvaipan keskimääräistä ilmavuotovirtaa tunnissa 50:n Pascalin paine-erolla, rakennuksen kokonaissisämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden. Tiiveysmittauksen yhteydessä on käytettävä lämpökameraa ja merkkisavuja, kun paikannetaan ilmavuotoja. Tiiveysmittauksesta saadaan ilmavuotokäyrä, josta käy ilmi tarvittava poistoilmamäärä 50:n Pascalin alipaineen ylläpitämiseksi tunnin aikana. /3/

Kaksivaiheinen lämpökuvaus: Tiiveysmittauksen yhteydessä kannattaa suorittaa ns. kaksivaiheinen lämpökuvaus. Jossa ennen rakennuksen alipaineistamista rakennuksen ongelmakohdat selvitetään lämpökameralla kuvaamalla. Toinen lämpökamerakuvaus suoritetaan tiiveysmittauksen ollessa käynnissä, jolloin rakennus on 50:n Pascalin alipaineessa. Vertaamalla normaalipaineessa olevan rakennuksen lämpökamerakuvia 50:n Pascalin alipaineessa otettuihin kuviin, voidaan todeta, onko kyse ilmavuodosta vai lämpövuodosta tai kylmästä sillasta. On kuitenkin muistettava, että asumisterveysasetuksen pintalämpötilavaatimukseen verrattessa lämpökuvaus tulee tehdä -0...-5:n Pascalin paine-erossa, jolloin pintalämpötilat ja lämpötilaindeksit määritetään aina normaalin käyttötilanteen perusteella /3/

Ilmavuoto: Ilmavuodot johtuvat höyrynsulun ja ilmansulun vuodoista. Jolloin rakenteen läpi kulkeutuvat konvektiovirtaukset jäädyttävät rakennetta. Tuulensuojalevyssä olevat vuotokohdat myös viilentävät eristekerrosta, vaikka höyrynsulku olisikin tiivis. /3/

Lämpövuoto: Lämpövuoto on yleisnimike, jota ei pyritä käyttämään. Virallisesti tällaiset lämpövuodot pyritään määrittämään kylmäsilloiksi tai eristevioiksi. Ne ovat rakenteissa olevia eristevikoja, joissa lämmönjohtuminen rakenteen läpi on selvästi ympäröivää rakennetta suurempaa. Puhtaaseen lämpövuotoon ei liity ilmavuotoja, jotka taas johtuvat rakenteen läpi kulkeutuvista konvektiovirtauksista. Lämpövuotojen yhteydessä voi myös olla ilmavuotoja. Siksi pelkkää lämpökameran kuvamateriaalia ja alhaisia pistelämpötiloja analysoitaessa voi olla vaikeaa todeta, onko kyse ilma- vai lämpövuodosta tai näiden yhdistelmästä. /3/

Raportoitavat poikkeamat: Raporttiin liitetään kaikki kuvat joiden lämpötilaindeksi alittaa arvon 70. Lisäksi kuvat voidaan määrittellä asteikolla 1–4. Jossa 1. luokituksen saa, kun lämpötilaindeksi alittaa 61 %, silloin pinnan lämpötila ei täytä sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjeen välttävää tasoa. Luokkaan 2. kuuluvat lämpötilaindeksin 61–65 % saaneet mittauskohdat. Tällöin korjaustarve on selvitettävä ja harkittava. Luokkaan 3. kuuluvat 65–70 % lämpötilaindeksin omaavat paikat, vaikka nämä täyttävätkin asumisterveysohjeen hyvän tason, on lisätutkimuksia järkevä tehdä riippuen tilankäyttötarkoituksesta. Luokkaan 4. kuuluvat yli 70 % lämpötilaindeksin omaavat mittapaikat. Nämä eivät aiheuta korjaustoimenpiteitä ja täyttävät asumisterveysohjeen hyvän tason. /3/

4.2 Lämpökamerakuvausten suorittaminen

Lämpökamerakuvaajan tulisi saada rakennuksesta piirustukset kuten pohjakuvan ja leikkauskuvat rakenteista. Hänellä tulisi myös olla tiedossa rakennuksen ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä, hyvissä ajoin ennen kuvausta. Näiden tietojen pohjalta, kuvaaja voi ohjeistaa asukasta tai tilan käyttäjää, kuvausta edeltävänä päivänä tehtävistä toimenpiteistä. /3/

Ennen lämpökamerakuvausta, kuvausta tekemään tulevan henkilön tai yrityksen tulisi ohjeistaa asukasta, viimeistään kuvausta edeltävänä päivänä. Ohjeistuksesta tulisi käydä ilmi asukkaan tehtävät toimenpiteet, jotta kuvaus tilanteessa olosuhteet olisivat normaalit ja kuvaus sujuisi joutuisasti. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi verhojen siirtäminen pois ikkunoiden edestä, vesilukkojen täyttäminen, ikkunoiden ja ovien sulkeminen sekä tieto siitä, että tiloja tai tilaa ei saa tuulettaa ennen kuvausta. /3/

Kun lämpökamera kuvausta lähdetään kohteessa suorittamaan, tutustuu kuvaaja ensin kohteeseen, kirjaa tarvittavat tiedot kuten päivämäärän, kellonajan ulkolämpötilan, sisälämpötilan ja ilman kosteuden sekä paine-eron ylös. Sen jälkeen hän katsoo paikan, josta kuvaus aloitetaan ja asettaa kameranasetukset emissiivisyyden, ilmankosteuden ja lämpötilojen osalta kohdalleen. Tämän jälkeen hän lähtee etenemään järjestelmällisesti, joko myötä- tai vastapäivään kuvaten koko asunnon läpi. Hyvällä lämpökameralla kuvia ei tarvitse ottaa kuin alle 70 % lämpötilaindeksin omaavista paikoista. Tällainen lämpökamera näyttää kuvaustilanteessa paikat, joissa edellä mainittu lämpötilaindeksi alittuu, mikäli vain kameranasetukset on ennen kuvausta asetettu oikein. Mikäli tällaista kameraa ei ole käytössä, tulee kuvaajan ennen kuvausta laskea indeksin 70 ja alimman sallitun pistemäisen lämpötilaindeksin 61:n alittavat lämpötila-arvot. Jolloin hän voi kuvata vain kyseiset paikat, joissa lämpötilat alittavat tai ovat lähellä kyseisiä arvoja. Näin kuvaaja välttyy turhalta työltä, kun kuvia ei tarvitse ottaa joka paikasta. /3/

Kun kohde on kierretty läpi ja mahdolliset ongelmapaikat kuvattu. Suorittaa kuvaaja kuvien jälkikäsitteilyn ja analysoinnin. Tätä vaihetta ei tarvitse suorittaa kuvauspaikalla, vaan se voidaan tehdä esimerkiksi tietokoneella toimistossa. Kuvien tulkinta on yksi tärkeimmistä vaiheista lämpökuvauksessa. Kuvaaja tulkitsee kuvien perusteella, missä ongelma on ja mistä se johtuu. Jotkin tapaukset ovat selkeitä, mutta epävarmoissa tilanteissa tulisi kuvaajan todeta, että kyseinen kohta tarvitsee lisäselvityksiä, väärän analysoinnin ja turhien korjaustoimenpiteiden välttämiseksi. Kaikki kuvat joissa lämpötilaindeksi 70 % alittuu, tulee liittää raporttiin. Lisäksi kuvaajan tulisi tarkastella korjattua lämpötilaindeksiä, jossa on huomioitu paine-ero. Mikäli kuvatussa rakennuksessa valttisi suuri, esimerkiksi 15:n Pascalin alipaine voivat kuvauksessa ilmenneet ongelmat ratketa jo ilmanvaihdon tasapainotuksella. /3/

Kun kuvaaja on käsitellyt ja analysoinut kuvat kasataan tilaajalle lämpökuvauksen ja mittausraportti. Lämpökuvauksessa pyritään vastaamaan mahdollisiin tilaajan havaitsemiin ongelmiin ja etsimään niille syyt ja mahdolliset ratkaisut niiltä osin, kuin se kuvauksen avulla vain on mahdollista. Mikäli kuvaaja katsoo että lisätutkimuksille on tarvetta, tulee se myös kirjata raporttiin. Raportissa kuvaaja raportoi ja ottaa kantaa havaitsemiinsa puutteisiin. Lämpökuvauksessa raportti on sisällöltään ja laajuudeltaan rakenteiden lämpöteknisen kunnon tutkimusraportti, jonka yhtenä osana, yleensä liitteenä on mittausraportti. Mittausraportti on dokumentti tehdyistä mittauksista. Sen tulee sisältää tarvittavat tiedot niin, että kolmas osapuoli voi tarvittaessa tulkita tuloksia myöhemmin. Mittausraportti sisältää seuraavat tiedot. Tekijän yhteystiedot sekä kohteen tiedot, kuvauspaikan ja ajan, lämpökamerakuvat, valokuvat ja lämpötilamittaustiedot. Käytetyn mittauskaluston tyyppin, mallin ja sarjanumeron. Kuvausasetukset: pinnan emissiokerroin, kuvausetaisyys, ilmanlämpötilan ja taustanlämpötilan. Sekä lyhyen kirjallisen yhteenvedon. Mikäli kyseessä on ulkovaipan sisäpuolinenmittaus, lisätään raporttiin vielä kuvausten aikana vallinneet olosuhteet. Kuten ulkolämpötila, sisälämpötila, tuulen nopeus, pilvisuus ja auringonsäteily sekä sisätilojen painesuhteet ulkoilmaan verrattuna sekä lasketut

lämpötilaindeksit ja korjausluokitukset, mikäli niistä on tilauksen yhteydessä sovittu. /3/

5 KOSTEUSMITTAUS

Kosteusmittaus voidaan tehdä tarkoilla mittausmenetelmillä tai suuntaa-antavilla menetelmillä. Tarkkoja ja virallisia menetelmiä ovat oikeintehty näytepala- ja porareikämittaus. Kun pintakosteusmittaus ja väärintehty porareikä- ja näytepalamittaukset ovat taas suuntaa-antavia. Koska edellä mainitut tarkat mittausmenetelmät ovat kalliita, työläitä, rakenteita rikkovia ja menetelmistä johtuen niiden määrä on usein rajallinen, tulee tarkat näytteidenottopaikat miettiä tarkasti kohteesta ja tarpeesta riippuen. Apuna voidaan käyttää esimerkiksi pintakosteusmittaria. /10/

Pintakosteusmittarilla voidaan käydä laajoja alueita läpi ja sen antamien tuloksien perusteella voidaan valita mittauspaikat tarkemmille mittausmenetelmille, mikäli mittaaja kokee, että tälle on tarvetta. Tarkempaa mittausmenetelmää valittaessa tulee ottaa huomioon esimerkiksi lämpötila. Porareikämittauksen optimaalinen lämpötila on 15–25 °C, lisäksi olosuhteet mittauspaikassa eivät saisi oleellisesti muuttua. Näytepalamittaus voidaan tehdä aina, ellei mittausta tarvita todella syvältä betonista, mittaus voidaan tehdä jopa -20...+80 °C betonista. /10/

5.1 Pintakosteusmittaus



Kuva 1. Pintakosteusmittari.

Pintakosteusmittaus perustuu mitattavan materiaalin dielektrisyden tai sähkönjohtavuuden mittaamiseen. Pintakosteusmittaus ei riitä esimerkiksi betonin

päällystämiskelpoisyyden kriteeriksi. Pintakosteusmittarilla tehdyt määrittelyt eivät myöskään riitä purkupäätökseksi, vaan tällaisissa tapauksissa on tarkemmat tutkimusmenetelmät tarpeellisia. Pintakosteusmittarilla on kuitenkin helppo käydä laajoja alueita nopeasti läpi ja sillä pystyy määrittelemään rakenteiden korkean kosteuspitoisuuden omaavat alueet, sekä rajaamaan kosteita alueita. Mittari ei kuitenkaan näytä mittaussyvyyttä, jossa mahdollinen kosteus on eikä sillä pysty päättelemään esimerkiksi sitä, onko kylpyhuoneessa oleva kosteus vesieristeen alla vai päällä. /6, 9/

Pintakosteusmittarin näyttämät lukemat vaihtelevat merkin ja mallin mukaan. Jokaiselle mittarille löytyy pintakosteusmittarin mukana tulevasta ohjekirjasta viitearvot, usein eri materiaaleille omansa. Esimerkiksi GANN UNI 1 -mittarille betonin kosteat arvot alkavat noin 70:stä ylöspäin ja puulle noin 40:stä ylöspäin, nämä arvot ovat tarkemmin esitelty taulukossa 1. Kyseinen mittari on nähtävissä kuvassa 1. Huomioitavaa on myös se, että mittapäättä lähellä olevat metallit nostavat pintakosteusmittarin lukemaa. Tällaisia saattavat olla kupariputket, lattialämmityskaapelit, ruuvinkannat ja väliseinien peltirangat. Tämä on hyvä huomioida mittauksia tehdessä. Pintakosteusmittauksia tehdessä tulee mittarin ohjeisiin tutustua. Käytön ja kokemuksen myötä, oppii arvioimaan tutun mittarin antamia tuloksia paremmin erityyppisissä materiaaleissa. /6, 9/

Taulukko 1. Kosteusmittarin viitearvoja. /6/

Mittausarvot suhteessa materiaalitiheyteen Gann Hydromette UNI 1 + B 50						
Aineen tiheys kg/m ³	erittäin kuiva	normaali	puolikuiva	kostea	hyvin kostea	märkä
< 600	10–20	20–40	40–60	60–90	90–110	>110
600–12	20–30	30–50	50–70	70–100	100–120	>120

00						
1200-1 800	20-40	40-60	60-80	80-110	110-130	>130
>1800	30-50	50-70	70-90	90-120	120-140	>140

Erilaiset rakenteiden yhdistelmät myös vaikuttavat pintakosteusmittarin lukemaan. Tarkkoja yksikköarvoja kostealle rakenteelle onkin vaikea todeta eri materiaaliyhdistelmiä sisältävissä rakenteissa. Helpompaa on ottaa viitearvo samanlaisesta rakenteesta, jonka tietää olevan kuiva ja verrata sitä rakenteeseen, jossa saattaisi olla kosteutta. /6, 10/

Mikäli pintakosteusmittauksen jälkeen epäilee, että kosteutta saattaisi olla, on hyvä tehdä tarkempia tutkimuksia. Tällaisia ovat esimerkiksi porareikämittaus tai koepalamittaus. Näillä mittausmenetelmillä saadaan tarkasti mitattua rakenteen suhteellinen kosteus RH. /9/

5.2 Porareikämittaus

Porareikämittaus tehdään poraamalla 16 mm reikä haluttuun mittaussyvyyteen. Mittaussyvyyden kanssa täytyy olla tarkka, sillä porareikämittaus kertoo suhteellisen kosteuden arvon (RH) juuri poratussa mittasyvytydessä. Porareikämittaus voidaan tehdä myös suuremmalla tai pienemmällä reikäkoolla, mutta ei kuitenkaan alle 10 mm reiän halkaisijalla. /10/

Kun reikä on porattu haluttuun mittaussyvyyteen, puhdistetaan reikä todella tarkasti porauksesta syntyneestä pölystä. Reikään asetetaan tämän jälkeen reiän kokoinen muoviputki, joka tiivistetään esim. vesihöyrytiivillä kitillä putken ja betonin rajapinnasta. Myös putki imuroidaan asennuksen jälkeen puhtaaksi mahdollisesta pölystä. Lopuksi myös putkenpää tiivistetään vesihöyrytiivillä

kitillä, tulpalla tai teipillä. Tämän jälkeen mittapaikan annetaan tasaantua kolme vuorokautta, jolloin tasapainokosteus reiässä on saavutettu. /10/

Mittauspaikkaa ympäröivät olosuhteet eivät saa oleellisesti vaihdella edellä mainitun kolmen vuorokauden aikana, joten esimerkiksi ikkunat ja ovet on pidettävä suljettuina. Tämä siksi, että putkeen ei pääse kondensoitumaan kosteutta. Varmin tapa on täyttää putki esimerkiksi elementtisaumauksessa, sauman pohjalla käytettävällä solunauhalla, tällä tavalla lämpötilavaihtelut putkessa pystytään minimoimaan. /10/

Kun reikä on tasaantunut kolme vuorokautta, poistetaan putken päässä oleva vesihöyrytiivis tulppa. Putken pohjalle lasketaan mittalaitteen mittapää ja putkenpää tiivistetään mittapään ympäriltä mahdollisimman ripeästi. Tämän jälkeen mittapään annetaan tasaantua 1–4 tuntia, jonka jälkeen näyttölaite voidaan kiinnittää mittapäähän ja lukea mitta-arvo. Mikäli tasaantumisesta tingitään voi mittaustulokseen tulla hyvinkin suuri mittavirhe, jossa lukema näyttää todellista kuivempaan suuntaan. /10/

Vallitsevien olosuhteiden dokumentointi on edellytys mittaustarkkuuden arviointia varten. Mittauksesta kirjataan ylös mittapään numero, mittauspisteen sijainti, mittaussyvyys, huoneilman lämpötila, huoneilman suhteellinen kosteus, suhteellinen kosteus mittausputkessa (jos mittapää ei ole säädetty kalibroinnissa näyttämään oikein, suhteellisen kosteuspitoisuuden arvo tulee korjata kosteusanturin yksilöllisillä kalibroituskorjauskertoimilla) sekä lämpötila mittausputkessa. /10/

5.3 Näytepalamittaus

Näytteet otetaan esimerkiksi poraamalla tai piikkaamalla betoniin kuoppa ja halutulta syvyydeltä piikataan näytteet useaan eri koeputkeen. Paras mahdollinen mittaustarkkuus saavutetaan, ottamalla näyteitä halutuista mittaussyvyyksistä vähintään kahteen eri koeputkeen. /10/

Näytteen ottaminen halutusta mittaussyvyydestä tapahtuu siten, että lattiapinnan tasosta mitataan matka kuopanpohjalle. Viisi millimetriä ennen haluttua mittaussyvyyttä piikataan betonista paloja haluttuun mittaussyvyyteen asti. Tästä koostuvat betoninmuruset kerätään useampaan koeputkeen näytteiksi. Näytteitä ei oteta 5 mm lähempää kuopan reunoja. Näytteiden koon tulee pääosin olla 5x5x5 mm ja mahdollisimman suuria koeputken kokoon nähden. Koeputkena käytetään tiivistä, mieluiten lasista putkea. Putki imuroidaan ja sinne laitetaan vain halutulta syvyydeltä otetut näytepalat. Näytteissä ei saa olla porauspölyä eikä suuria runkoainerakeita. Näytemäärän tulee olla vähintään kolmasosa koeputken tilavuudesta. Tällä varmistetaan, että betonipalojen sisällä oleva kosteus varmasti tasapainottuu koeputken ilmatilaan. Kun näytteet ovat koeputkessa, laitetaan putken mittapää. Mittapään sekä koeputken väli tiivistetään riipeästi ja huolellisesti vesihöyrytiivillä kitillä. Tämän jälkeen koeputki siirretään vakioämpötilaan yleensä +20 °C tasaantumaan, mittapään vaatimaksi tasaantumisajaksi 5–12 tunniksi. /10/

Näytteitä voidaan ottaa -20 °C jopa +80 °C betoniin asti. Mikäli betonin lämpötila poikkeaa normaalista, tulee tasaantumisaikaa pidentää. Samoin on toimittava suuremman lujuusluokanbetonista otetuissa näytteissäkin. Näytepalamittauksessa käytettävien mittapäiden kosteuskapasiteetti tulee olla pieni ja mittapään varsi ehdottoman tiivis, johtuen koeputken suljettavan betonimäärän rajallisesta kosteudesta. Mittapäiden lukeminen tulee tapahtua ± 2 °C tarkkuudella rakenteen normaalista käyttölämpötilasta. Kun näytepalojen annetaan tasaantua koeputkessa esimerkiksi +20 °C lämpötilassa, tulokseksi saadaan mitattavan betonin RH kyseisessä lämpötilassa. /10/

Näytepalamittauksesta kirjataan seuraavat asiat: mittapään numero, mittauspisteen sijainti, koeputken kerätyn näytteen mittaussyvyys, huoneilmanlämpötila, huoneilman suhteellinen kosteus, koeputken ilmatilaan tasaantunut kosteus (RH) (tarvittaessa suhteellisen kosteuspitoisuuden arvot korjataan kunkin

kosteusanturin yksilöllisillä kalibrointikertoimella), koeputken ilmatilaan tasaantunut lämpötila T sekä lukemienottoajankohta. /10/

6 OMAKOTITALON KUNTOTUTKIMUS



Kuva 2. Tutkittava kohde.

Tutkittava kohde sijaitsee Vaasan Vestervikissä, se on vanhemmilleni 2003 valmistunut Hartman koti. Kohde on puurunkoinen, rossipohjalle elementeistä rakennettu kaksikerroksinen omakotitalo. Tutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa mahdollisia ongelmakohtia ja niiden korjaustarvetta. Kohteessa on aiemmin ollut kosteusongelmia yläkerran parvekkeella, sekä kylpyhuoneen ja saunan nurkassa.

Yläkerran parveke on aiemmin ollut avonainen ja ilman katosta. Parveke on ollut alttiina mereltä puhaltavalle viistosateelle. Kovien myrskyjen aikana vettä on noussut terassin alla olevan bitumihiopakatteen seinän ylösnoston yli ja valunut alapuolella olevaa erkkerin seinää pitkin. Ongelma on sittemmin korjattu

purkamalla parveke, vaihtamalla kastuneet villat ja tilalle on rakennettu lämmin ja katettu yläkerran kuisti.

Toinen kosteusongelma on koskenut pesuhuoneen ja saunannurkkia. Pesuhuone on Kahi-tiilistä muurattu, mutta suihkunurkkaan oli koolattu 2x2:sta ja kipsistä kotelo, jonka sisällä oli tuotu vesijohdot suihkulle. Puu oli päässyt elämään nurkassa ja nurkan laatat olivat halkeilleet. Kosteus oli päässyt vesieristeen läpi kipsilevyyn ja puukoolaukseen. Toinen ongelmakohta oli saunanlauteiden alla oleva jakotukki. Maanvaraisesta laatasta nousevien vesijohtojen ympärille oli valettu 100 mm korkea valu, jota vasten vesieriste oli nostettu. Vesieristettä ei kuitenkaan ollut asennettu valun päälle, eikä takana olevaa alumiinipaperia oltu yhdistetty vesieristeeseen. Joten saunoessa yläpuolella olevilta lauteilta tippuvat pesuedet olivat päässeet alajuoksuun ja alajuoksu sekä kolme runkotolppaa ympäröivine materiaaleineen olivat kastuneet. Myös kaikki kipsilevyllä tehdyt ylösnostot, jotka kiersivät maanvaraista laattaa n. 100 mm korkeudelta ja joihin vesieristeen ylösnosto oli tehty, olivat märkiä.

Ongelmat korjattiin syksyllä 2017 kylpyhuoneremontin yhteydessä. Kaikki pinnat otettiin auki, kastuneet villat, kipsi ja puurakenteet poistettiin ja kivirakenteet kuivattiin ja tehtiin uudelleen tietyin muutoksin. Suihkunurkan koolaus jätettiin pois ja suihkun vesijohdot roilotettiin Kahi-tiilien sisään. Saunanpuolella alajuoksua uusittiin noin 1.5 m matkalta, sekä runkotolppien alaosat uusittiin. Laatan ympärikiertävä 100 mm ylösnosto, joka oli tehty kipsistä ja kastunut poistettiin ja vaihdettiin kaakelilujalevyyn. Vesijohtojen ympärille tehty valu piikattiin auki ja valettiin uudelleen niin, että siinä on kaatoa. Samalla vesieristeet asennettiin valun yläosaankin putkien juuret tarkasti tiivistäen, lisäksi vesieriste liitettiin seinän alumiinipaperiin. Koska paikka oli hankala ja ahdas vesieristää, päätettiin lopuksi vielä jakotukki koteloida, ehkäisemään lauteilta tippuvan ylimääräisen veden pääsyn valun päälle.

Edellä mainittujen ja jo korjattujen ongelmien lisäksi talon käyttäjät ovat havainneet kylmiä kohtia osassa tiloista sekä energiakustannukset ovat olleet

kohtalaisen korkeat. Näiden lähtötietojen perusteella olikin tarkoitus tarkastaa kyseiset ongelmapaikat, sekä mahdollisesti etsiä muita piileviä ongelmia ja löytää vastauksia korkeisiin energiakustannuksiin.

6.1 Alapohja



Kuva 3. Viemärin tuenta on tehty puutavaralla, sekä rakennusmuovia on jäänyt alapohjaan.

Alapohjassa ryömiessäni tuulensuojalevyt olivat päällisin puolin kuivannäköiset, eikä niissä näkynyt merkkejä kosteudesta. Huomioitavaa oli kuitenkin muutamissa kohdin sokkelia oleva kalkkihärmä, sekä hyvin pieni määrä

rakennusjätettä. Rakennusjätteen osalta huomio kiinnittyi lähinnä yksittäiseen pakkausmuoviin, sekä viemäriputkien tuentaan, joka oli tehty puutavaralla (Kuva 3.). Viemäri putkien alla olevat puut olisi hyvä korvata ei eloperäisellä materiaalilla. Lisäksi tuuletusaukkojen määrää voisi lisätä. Tuuletusaukon jatkamista putkella painovoimaisen ilmanvaihdon tehostamiseksi voisi harkita myös. Rakennuksessa ei ole patolevyjä ja se saattaa olla syy, miksi keväällä lumien sulaessa sokkeliin pääsee kosteutta, joka irroittaa sementistä kalkkia ja näkyy kuivuessaan kalkkihärmänä sokkelin sisäpinnalla. Sokkelin ulkopinnan rappauksessa oli havaittavissa pientä halkeilua.



Kuva 4. Sokkelissa olevaa kalkkihärmää.

6.2 Julkisivut

6.2.1 Seinät

Julkisivut olivat päällisin puolin kunnossa. Vaikka talo on maalattu valmistumisen yhteydessä vuonna 2003 ei maalipinnassa ollut juurikaan havaittavissa hilseilyä. Ikkunoiden smyygilaudat olivat ainoita, joissa pientä maalipinnan hilseilyä oli havaittavissa.

6.2.2 Ovet

Rakennuksen ovissa oli havaittavissa kulumista ja myös lämpökamera kuvauksen yhteydessä oli kaikissa ulko-ovissa havaittavissa lämpövuotoa. Ovia sekä mahdollisesti karmeja säätämällä voisi tilanne hieman parantua. Mutta parhaan lopputuloksen saisi uusimalla ulko-ovet. Lisäksi tienpuoleisen ulko-oven lukko ja painike kaipaisi huoltamista.

6.2.3 Ikkunat

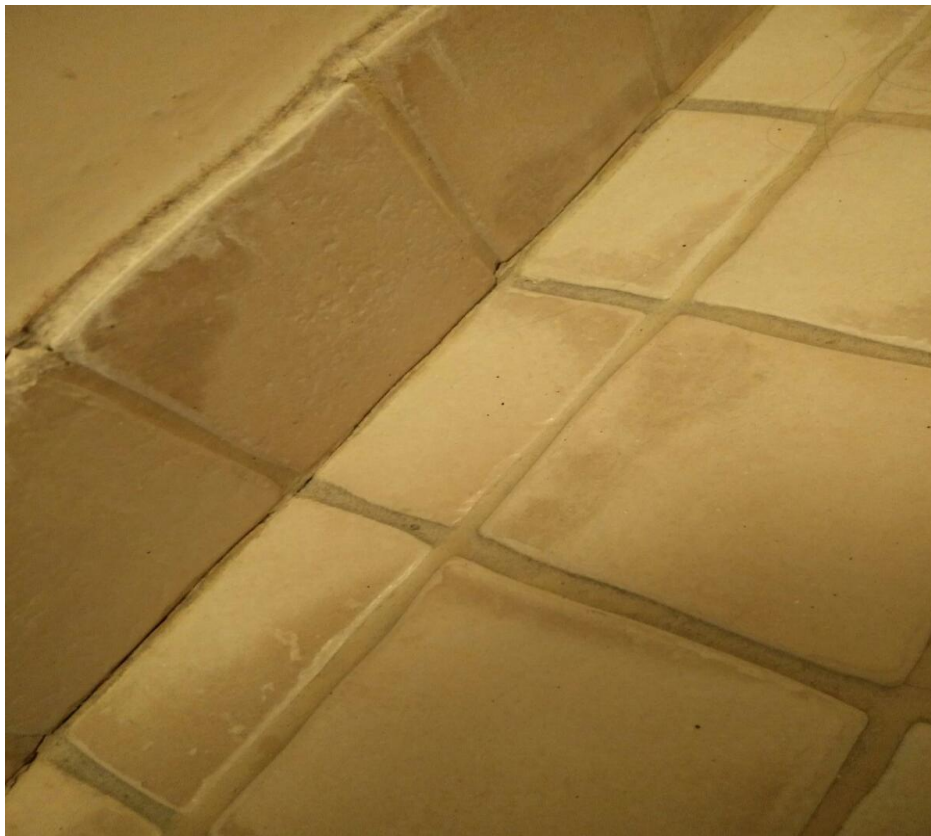
Ikkunat olivat pääpiirteittäin hyvässä kunnossa ja ikäänsä nähden lämpökamerakuvauksen yhteydessä havaittavissa olevat ilmavuodot olivat suhteellisen pieniä. Ikkunoiden uusimisesta saavutettava säästö olisi suhteellisen pieni, siihen kustannukseen nähden paljonko ikkunoiden uusiminen tulisi maksamaan.

6.3 Vesikatto

Vesikatto oli alkuperäiskunnossa, mutta siihen nähden hyväkuntoinen. Sammaleesta tai muusta kasvillisuudesta ei näkynyt merkkejä ja maalipinta oli ehjä. Savupiipun juuressa oli vesikatonpellityksessä pieni repeämä, joka oli paikattu kitillä.

6.4 Täydentävät rakenteet ja tilapinnat

Väliovet olivat siistissä kunnossa ja ne olivat uusittu kylpyhuone remontin yhteydessä loppuvuodesta. Seinä ja kattopinnat ovat myös hiljattain maalatut, sekä osittain tapetoidut ja olivat niiltä osin siistissä kunnossa. Muutamissa seinän ulkonurkissa, mitä ei oltu maalattu oli havaittavissa rakenteiden elämisestä johtuvaa nurkan halkeamista. Lattiapinnoissa oli alakerrassa havaittavissa kulumista erityisesti keittiössä, sekä eteisessä oli havaittavissa lattialankkujen elämistä. Yläkerran Wc:n lattian ja seinän laattojen väli oli täytetty saumauslaastilla, jonka seurauksena se on haljennut (Kuva 5.). Tilalle olisi syytä vaihtaa silikonisauma.



Kuva 5. Wc:n laatoituksen sauman haljennut nurkka.

6.5 LVIS

Rännit olisi syytä puhdistaa, niissä oli syksyllä varisseita lehtiä. Salaojat jäivät tutkimusten yhteydessä tarkistamatta ja omistajaa haastatellessani niitä ei ole ikinä tarkastettu eikä huuhdeltu.

7 LÄMPÖKAMERAKUVAT

Lämpökamerakuvia analysoidessa muutamissa ikkunoissa oli havaittavissa pientä ilmavuotoa. Kaikkien ulko-ovien ikkunoissa oli alumiinilistan kylmäsilta. Eteisen alun perin kylmäksi suunniteltu kuisti oli täynnä ilmavuotoja. Muutamassa ikkunassa havaittu mahdollinen ilmavuoto johtui todennäköisesti siitä, ettei ikkuna ollut kunnolla kiinni. Takapihanpuoleisen kuistin nurkissa oli havaittavissa pientä ilmavuotoa. Eniten huomiota herätti alakerran wc:n lattia, joka oli laajalta alueelta wc:n takaa kylmä. Pintakosteusmittari ei kuitenkaan antanut viitteitä kosteudesta. Vessassa ei ole ollenkaan lämmitystä, mikä selittäisi lämpökamerakuvauksesta saadut arvot. Myös ruokailutilan erkkerin nurkissa oli havaittavissa pientä ilmavuotoa. Yläkerran makuuhuoneen sängyn alla olevat viileämmät arvot johtuvat todennäköisesti siitä, ettei lämminilma pääse kunnolla siellä kiertämään ja lattianraja oli sen takia hieman viileämpi.

8 KOSTEUSMITTAUS KOHTEESSA

Pintakosteusmittarilla saadut lukemat märkätiloista sekä olohuoneennurkasta eivät antaneet viitteitä kosteudesta. Kylpyhuoneessa pintakosteusmittarin arvot vaihtelivat 50–60 välillä. Saunassa lukemat olivat niin ikään 50–60, kuten myös kodinhoitohuoneessa. Olohuoneen lukemat olivat n. 45. Alakerran Wc:n lukemat vaihtelivat 40–45 välillä. Yläkerran WC:ssä lukemat vaihtelivat 40–55 välillä.

9 KORJAUSEHDOTUKSET

Alapohjasta olisi syytä poistaa vähäinen määrä rakennusjätettä ja viemärientuenta vaihtaa ei orgaaniseen materiaaliin. Alapohjan tuuletusaukkoja olisi syytä lisätä ja samalla sinne voisi asentaa tuuletusputken. Salaojat olisi syytä tarkastaa ja mahdollisesti tarpeen mukaan huuhdella. Sokkelinrappauksen halkeilu on lähinnä kosmeettinen ongelma.

Smyygilautojen maalaus olisi hyvä suorittaa, ennen kuin ne alkavat lahoamaan. Ulko-ovien uusimista olisi syytä harkita. Lämpökamerakuvauksen yhteydessä paljastuneiden vuotopaikkojen korjausta tulisi harkita. Varsinkin kun käyttäjällä on tarkoitus tehdä pintaremonttia osaan ilmavuotoja sisältäviin tiloihin. Samassa yhteydessä olisi hyvä avata nurkkia, selvittää vuodon syyt ja korjata ongelmat.

Tilojen pinnat olivat lattiaa lukuun ottamatta pääosin siistit eikä välitöntä korjaustarvetta ole. Silikonien uusimisia, sekä pieniä paikkauksia kuistin laatoituksen saumoissa olisi kuitenkin syytä tehdä. Rännit olisi myös hyvä muistaa putsata.

10 YHTEENVETO

Yleisesti ottaen rakennus on tällä hetkellä hyvässä kunnossa ja kriittisimmät ongelmat on korjattu. Lukuun ottamatta muutamien tilojen ilmapuotoja ja niiden korjauksia, ei suurempia korjausta vaativia toimenpiteitä tarvitse lähivuosina suorittaa. Pieniä kosmeettisia korjauksia kuitenkin on. Yleisiin huoltotoimenpiteisiin, erityisesti sellaisille pinnoille ja rakenteille, jotka eivät välttämättä ole heti silminnähtävissä tulisi kiinnittää huomiota ja huollot sekä tarkastukset tulisi suorittaa ajoissa. Tällä tavalla vältetään turhilta ja laajemmilta vahingoilta. Pinnoille sekä rakennukselle saadaan lisää käyttöikää, eikä remontteja ei ole tarpeen suorittaa niin usein. Esimerkiksi salaojien tarkastus on yksi tällainen toimenpide.

11 LÄHTEET

- /1/ Björkholtz, D. 1997. Lämpö ja kosteus rakennusfysiikka. Rakennustieto Oy. Viitattu 5.4.2016
- /2/ Kaivonen, J-A. 2006. Rakennusten korjaustekniikka ja talous. Rakennustieto Oy. Viitattu 6.3.2017
- /3/ Paloniitty, S. Rakennuksen lämpökuvaus. Hämeen ammattikorkeakou lu 2004. Viitattu 4.1.2018
- /4/ Rakennustieto Oy. Kiinteistön kuntoarvio 2014. Viitattu 5.4.2016
- /5/ RIL 107-2000. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Suomen rakennusinsinööriliitto 2009. Viitattu 5.4.2016
- /6/ Gann Hydromette UNI 1 pintakosteusmittarin käyttöohjeet. Viitattu 3.3.2018
- /7/ Vaisala HMI41 -kosteusmittarin käyttöohjeet. Saatavissa: Vaasan technobotnian laboratoriosta. Viitattu 3.3.2018
- /8/ Taloyhtiö.net. 2016.
<http://www.taloyhtio.net/korjausjaremontointi/kuntotutkimus>. Viitattu 6.3.2016
- /9/ RT 18-11131 Asuinkiinteistön kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje 11.10.2013. Rakennustieto Oy, RT-Net-palvelu. Viitattu 4.4.2018
- /10/ RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus 28.01.2010. Rakennustieto Oy, RT-Net-palvelu. Viitattu 4.4.2018