



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

ILMATIIVEYSMITTAUKSEN JA LÄMPÖKAMERAKUVAUKSEN PERUSTIETO- JA TARKAS- TUSKORTISTO

TEKIJÄ: Juha Hyvärinen

Koulutusala Savonia ammattikorkeakoulu Tekniikka, Kuopio	
Koulutusohjelma Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma	
Työn tekijä Juha Hyvärinen	
Työn nimi Ilmatiiveysmittauksen ja lämpökamerakuvausten perustieto- ja tarkastuskortisto	
Päiväys 26.10.2014	Sivumäärä/Liitteet 20/3
Ohjaajat Harry Dunkel, lehtori ja Martti Niskanen, testausinsinööri	
Toimeksiantaja Ramest Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön aiheeksi valittiin ilmatiiveysmittauksen ja lämpökamerakuvausten perustieto- ja tarkastuskortisto. Työssä käsitellään ilmatiiveysmittauksen periaatteita mittaustapahtuman ja sen valmistelujen aikaisia tehtäviä. Opinnäytetyön tilaajana oli RaMest Oy, joka tarjoaa rakennusteknisiä palveluja.</p> <p>Kortistoa tehtiin ja täydennettiin erilaisten mittauskohteiden tarpeiden mukaan. Kortistosta pyrittiin tekemään mahdollisimman yleiskäyttöinen työkohta ja mittaushetkeä ajatellen. Ohjeita, määräyksiä ja standardeja saatiin alan teoksista ja kurssimateriaaleista. Varsinaiset tarkastuslistat tehtiin omien kokemusten perusteella. Tietoa ja yleistä teoriaa saatiin sertifiointikoulutuksista ja niistä saaduista oppimateriaaleista. Kortistoon on kerätty nimikkeistöjä käyttökokemusten ja yleisten nimikkeistöjen mukaan.</p> <p>Tuloksena saatiin aikaiseksi ilmatiiveysmittauksen tarkastuskortisto jolla varmistetaan mittausten valmistelevat toimenpiteet ja jotka voidaan liittää mittausraporttiin. Toisena tuloksena saatiin lämpökamerakuvausten ohjeistus asiakkaalle ennakoivista toimenpiteistä. Ennakoivat toimenpiteet ovat ehdottoman tärkeitä suorittaa, jotta kuvaus voi onnistua</p>	
Avainsanat ilmatiiveysmittaus, ilmatiiveys, ilmavuotoluku, lämpökamerakuvaus	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Management.			
Author Juha Hyvärinen			
Title of Thesis Basic information and checking blank of measuring airtightness and thermal imaging			
Date	26 October 2014	Pages/Appendices	20/3
Supervisor(s) Mr Harry Dunkel, Lecturer, Mr Martti Niskanen, Testing Engineer			
Client Organisation /Partners RaMest Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to produce information and checking files for measuring airtightness and thermal imaging. Principles, preparing and the measurement tasks for measuring airtightness were included. Thesis was commissioned by the RaMest Ltd that serves construction's technical services.</p> <p>The files were built by finding the needs of different kinds of targets of measurement. The files were made to serve as many different kinds of targets of measurement as possible. Instructions, warrants and standards were taken from the books and from the course materials. Most of the information for files came from personal knowledge and experience. General knowledge and theories were taken from the certification courses and materials. For the nomenclatures were collected from user's experiences and from the common nomenclatures.</p> <p>As a result a checking file was received for measuring airtightness which is a tool to ensure that preparing tasks are done before the measurement. The filled files can be included into the report of measurement. The second result was a list for the clients including tasks to be done before thermal imaging. These tasks are extremely important for to be successful.</p>			
Keywords measuring airtightness, thermal imaging			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
1.1	Tausta ja tavoitteet.....	5
1.2	Käsitteet ja määritelmät	6
2	LYHYT KUVAUS ILMATIIVEYDEN JA ILMATIIVEYSMITTAUKSEN MERKITYKSESTÄ.....	8
3	KUVAUS MITTAUSTAPAHTUMASTA.....	9
3.1	Mittauksen valmistelu.....	9
3.2	Varsinainen mittaus	12
3.3	Lämpökamerakuvaus	15
3.3.1	Lämpökamerakuvauksen olosuhteet.....	16
4	MITTAUSPÖYTÄKIRJAPOHJA	18
5	KOKEMUKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	19
	LÄHTEET	20
	LIITE 1: ILMATIIVEYSMITTAUS PERUSTIETO- JA TARKISTUSLOMAKE.....	21
	LIITE 2: OHJEITA LÄMPÖKAMERAKUVAUKSEEN.....	25
	LIITE 3: LÄMPÖKAMERAKUVAUS PERUSTIETO- JA TARKISTUSLOMAKE	27

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii RaMest Oy, joka suorittaa ilmatiiveysmittauksia ja lämpökamerakuvauksia. Ilmatiiveysmittauksia ja lämpökamerakuvauksia tehdään rakennuksen vai-
pan mahdollisten vuotopaikkojen löytämiseksi. Näissä molemmissa tapahtumissa on paljon sellaisia toimenpiteitä, jotka vaikuttavat itse mittaamisen onnistumiseen. Mittaustilanteissa on helpompi varmistaa mittaushetkeä ympäröivät toimenpiteet ja raportoinnin tiedot kaavakkeella, jonka voi täyttää mittauspaikalla ja raportoinnin yhteydessä siirtää tiedot suoraan raporttiin.

Tarkastuskortilla on tarkoitus varmistaa että kaikki mitattavat kohteet tulevat samalla menetelmällä valmisteltua ja kaikki toimenpiteet tulevat dokumentoitua raporttiin. Kortiston tarkoituksena on myös helpottaa ja varmistaa mitattavien kohteiden valmistelutöitä. Raportissa käy ilmi kaikki rakennuksen perustiedot, mittaustapahtuman aikana ja sitä edeltävät tehtävät sekä muut vastaavat toiminnot. Tarkastuskorttia käytetään paperiversiona mittauspaikalla ja siitä tehdään sähköinen versio raportointivaiheessa ja se lisätään varsinaisen mittausraportin liitteeksi. Lämpökamerakuvauksen toimen-
pidehjeet voidaan antaa asiakkaalle ennen kuvauksia. Näin kuvauksen edellytykset voidaan varmistaa.

Ilmatiiveysmittauksen valmisteluissa on tärkeää että mitattava kohde saadaan SFS EN 13829 menetelmä B:n mukaiseen mittauskuntoon. Valmistelutyössä on tärkeää saada poistettua mittaustulosta vääristävät tekijät. Tulosta häiritseviä tekijöitä ovat avonaiset lattiakaivot, uunien hormit, iv-kanavat yms. Lämpökamerakuvauksen toimenpiteet ennen kuvausta ja kuvauksen ohjeet tulevat RATU-suunnitteluohjeen 1213-S mukaan.

Tulevaisuudessa on tarkoituksena saada kaavakepohjat tablet-tietokoneelle. Tablet-tietokoneella tarkastuskorttia voidaan täyttää kokonaisuudessaan sähköisessä muodossa ja liittää siihen mahdollisesti tarvittavia valokuvia.

1.2 Käsitteet ja määritelmät

Seuraavat käsitteet ovat Paloniityn (2012) teoksesta:

Painekoe

Rakennuksen ilmanpitävyyteen kehitetty koe, jossa rakennus ali- tai ylipaineistetaan, jotta vaipan ilmanpitävyyttä voidaan tutkia.

Tiiveysmittaus katso painekoe

Rakennuksen ulkovaipan ilmapuotoluvun n_{50} ja q_{50} määrittäminen 50 Pa alipaineessa (tai ilmapuotokohtien etsiminen muussa, käyttötilannetta suuremmassa alipaineessa).

Ilmanvuotoluku, n_{50} [1/h]

Ilmanvuotoluku n_{50} kertoo, montako kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa rakennusvaipan vuotoreittien kautta, kun rakennukseen aiheutetaan 50 Pa (pascal) ali- tai ylipaine. Rakennuksen sisätilavuus mitataan ulkovaipan sisäpintojen mukaan, välipohjia ei lasketa ilmatilavuuteen.

Ilmanvuotoluku, q_{50} [m³/(h m²)]

Ilmanvuotoluvulla q_{50} kuvataan rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pa paine-erolla kokonaissisämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden (m³/(h m²)). Rakennusvaipan pinta-alaan lasketaan ulkoseinät aukotuksineen sekä ylä- ja alapohja;

Ilmanpitävyys, ilmatiiveys

Ilmanpitävyydellä tarkoitetaan rakenteen kykyä estää haitallinen ilmanvaihtuvuus rakenteen eri kerrosten läpi.

Neutraaliakseli

Tasolinja rakennuksen poikki jossakin korkeudessa, missä sisä- ja ulkoilman paine-ero on nolla.

Ulkovaippa

Ulkovaipalla tai vaipalla tarkoitetaan rakennuksen sisätilojen erottavia rakennekerroksia kylmästä ulkoilmasta.

$n_{50, ilm}$, ilmoitettu ilmapuotoluku

Ilmoitettu ilmapuotoluku on talotoimittajan tietyille talotyypille/tyypeille mittauksista laskettu ilmapuotoluku. Ilmoitettua ilmapuotolukua voidaan käyttää rakennuksen ilmapuotoluvun suunnitteluarvona ilman erillistä selvitystä tai mittausta. Ilmoitettu ilmapuotoluku lasketaan RT 80–10974 mukaisesti. Ilmoitettu ilmapuotoluvun laskennassa otetaan huomioon mittaustulosten lukumäärä ja hajonta.

Talotyyppi

Talotyyppi on talotoimittajan rakennus, jonka rakenteet ovat määrätynlaiset esim. puurakenteinen, kivirakenteinen tai sekarakenteinen. Eri talotyyppiä voivat olla erilaisilla toteutusratkaisuilla tehdyt rakennukset, jotka vaikuttavat ilmatiiveyteen. Talotoimittajalla voi siis olla useita talotyyppisiä.

2 LYHYT KUVAUS ILMATIIVEYDEN JA ILMATIIVEYSMITTAUKSEN MERKITYKSESTÄ

Rakennuksen ilmatiiveydellä tarkoitetaan rakennuksen vaipan ilmanpitävyyttä. Rakennuksen ilmatiiveys vaikuttaa muun muassa kosteusvaurioiden muodostumiseen rakenteissa, asumisviihtyvyyteen sekä energian kulutukseen. Huono ilmanpitävyys saattaa johtaa kosteuden tiivistymiseen rakenteisiin, luoda homeelle otolliset kasvumahdollisuudet, luoda vetoisuutta sekä päästää sisäilmaan epäpuhtauksia. (Kokko 2010)

Tiivis vaippa antaa mahdollisuuden kontrolloida paremmin ilmanvaihtoa ja sisäilman laatua. Ilmanvaihdon kautta tulevan ilman laatua voidaan parantaa, mutta vuotopaikoissa ilma virtaa hallitsemattomasti. Tiiviissä rakennuksessa saadaan myös ilmanvaihdon kautta tehtävästä lämmöntalteenotosta paras mahdollinen hyöty. Pienetkin vuodot rakennuksen vaipassa saattavat aiheuttaa haittoja. Rakennukset säädetään yleensä alipaineisiksi ilmastoinnilla, mutta joskus rakennuksen yläosaan muodostuu ylipainetta. Tällaisessa tilanteessa vaipan mahdollisesta vuotopaikasta kulkeutuva sisäilma kuljettaa suuriakin kosteusmääriä, joka saattaa tiivistyä yläpohjaan tai tuulensuojan ulkopintaan ja muun muassa aiheuttaa suotuisat olosuhteet homeen kasvuille. (Purtilo 2011, Paloniitty 2012, 7)

Juuri vaipan mahdollisten vuotopaikkojen paikallistaminen on tärkein tiiveysmittauksen tarkoitus. Vielä rakennusvaiheessa tehdyn mittauksen perusteella vaipan tiiveyttä on vielä mahdollista korjata ja mahdolliset vuotopaikat on helppo korjata ja tiivistää. Toinen mittauksen tarkoitus on mitata rakennuksen ilmanvuotoluku. Rakennuksen ilmapuotoluku voidaan esittää kahdella eri tavalla: ilmanvuotolukuna n_{50} ja q_{50} . Ilmanvuotoluku n_{50} kertoo, kuinka monta kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa vuotoreittien kautta [1/h], kun rakennuksen sisälle on koneellisesti muodostettu 50 pascalin ali- tai ylipaine. Rakennuksen sisätilavuus lasketaan sen ulkovaipan mittojen mukaan. Ilmanvuotoluku q_{50} kertoo vuotoilmamäärän suhteessa ulkovaipan pinta-alaan, kun rakennuksen sisälle on muodostettu 50 pascalin ali- tai ylipaine (kuutiota tunnissa yhden ulkovaippaneliön läpi keskimäärin) [$m^3/(h m^2)$]. 1.7.2012 lähtien mittaus on tehty q_{50} -luvulla. Ilmanvuotoluvulla q_{50} kuvataan rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pa paine-erolla kokonaissämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden ($m^3/(h m^2)$). Rakennusvaipan pinta-alaan lasketaan ulkoseinät aukotuksineen sekä ylä- ja alapohja. Rakentamismääräyksissä vaipan ilmanvuotoluku kuuluu rakennusosien lämmönläpäisykertoimien (U-arvojen) ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton ohella lämpöhäviöiden tasauslaskentaan. (Paloniitty 2012, 14)

3 KUVAUS MITTAUSTAPAHTUMASTA

3.1 Mittauksen valmistelu

Ennen mittausta täytyy varmistua siitä, että mittaushetken ulkoiset edellytykset täyttyvät. Mittauksen aikana tuulen nopeus täytyy olla alle 6m/s. Liian suuri tuulennopeus vaikeuttaa mittausta, koska sisä- ja ulkopuolen paine-erot vaihtelevat suuresti ja heikentävät näin mittaustarkkuutta. Varsinkin korkeissa rakennuksissa mittausta ei pitäisi suorittaa, jos sisä- ja ulkolämpötilojen erotus kertaa rakennuksen korkeus ylittää arvon 500 m°C. Tällöin niin sanotulla savupiippuilmioilla on liian suuri vaikutus tulokseen. Suuria kohteita mitattaessa olisi hyvä myös tutustua pohja- ja iv-piirustuksiin ennakkoon, koska piirustukset selventävä t esimerkiksi eri osastointeja ja rakennuksen kokoa mitattaessa. Myös mahdollisesti eri osastot voidaan ottaa samaan mittaukseen mukaan tai ne voidaan mitata erikseen. (Paloniitty 2012, 37–38)

Rakennuksen ilmanvuotoluku määritetään yleisesti painekokeella, jossa erillistä tiiveysmittauslaitteistoa (esimerkiksi Blower Door Systems) käyttäen. (kuva 1.). Puhaltimella muodostetaan rakennuksen sisä- ja ulkotilan välinen paine-ero. Kun paine-ero on riittävän suuri, mitataan tiiveysmittauslaitteiston puhaltimen tai ilmanvaihtokanavan läpi kulkeva ilmamäärä, joka vaaditaan paine-eron säilyttämiseksi. Mittaus voidaan suorittaa myös rakennuksen omaa ilmanvaihtokoneistoa hyväksikäyttäen jos esimerkiksi erillisen puhaltimen kapasiteetti ei riitä. Paine-ero on suositeltavaa tehdä kuitenkin erillisellä tiiveysmittauslaitteistolla tarkempien ja luotettavampien tulosten vuoksi.



KUVA 1. Tiiveysmittauslaitteiston kokoonpano (Ramest Oy, 2013)

Ennen varsinaista mittausta tulee kaikki rakennuksen tai huoneiston ulko-ovet ja ikkunat sulkea huolellisesti. Sisäovet täytyy olla auki, sillä kaikkien mitattavissa olevien tilojen täytyy olla samassa ilmatilassa. Tämän lisäksi tulee tiivistää vaipan muut suunnitellut aukot (kuvat 2, 3, ja 4), kuten esimerkiksi ilmanvaihtoventtiilit, liesituulettimet, tulipesien luukut, savuhormien sulkupellit ja korvausilma-venttiilit. Kaikenlaiset ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät ja on kytkettävä pois, ellei järjestelmää käytetä mittauksessa. Lisäksi tuuletus- ja ilmalämmitysjärjestelmä tulee kytkeä pois päältä. Viemäröinnin lattiakaivojen hajulukot tulee täyttää vedellä, tai tiivistää muuten huolellisesti. Tärkeintä rakennuksen valmistelussa mittaukseen on että kaikki läpiviennit ja ilmanvaihtoventtiilit löydetään ja tiivistetään huolellisesti. (Paloniitty 2012, 44–49)



KUVA 2. Karmiventtiilin aukko tiivistettynä teipillä (Ramest Oy, 2013)

Näiden vaipan läpivientien tiivistykset tulee tehdä huolella ja oikeilla materiaaleilla. Tiivistykset tulee tehdä ilmanpitäviksi, mutta välttää peittämästä läpivientien ja muun rakenteen väliset saumat. Esimerkiksi rakennusvaiheissa kohteissa voi olla ikkunat vielä peitetty höyrynsulkumuovilla. Muovit täytyy poistaa tai tehdä muoviin puukolla viiltoja että mahdolliset vuodot tulevat mittauksen piiriin. Saumojen peittäminen voi vääristää mittaustulosta ja mahdollinen vuotokohta voi jäädä paikantamatta. Tiivistykset tehdään yleensä ilmanpitävällä teipillä, muovikalvoilla ja/tai läpivientiin pumpattavilla kumi-ilmapalloilla (kuva 4.). (Paloniitty 2012, 44–49)



KUVA 3. Viemäriputken tiivistys teipillä (Ramest Oy, 2013)



KUVA 4. IV-koneen läpivientien tiivistäminen kumi-ilmapalloilla (Ramest Oy, 2013)

3.2 Varsinainen mittaus

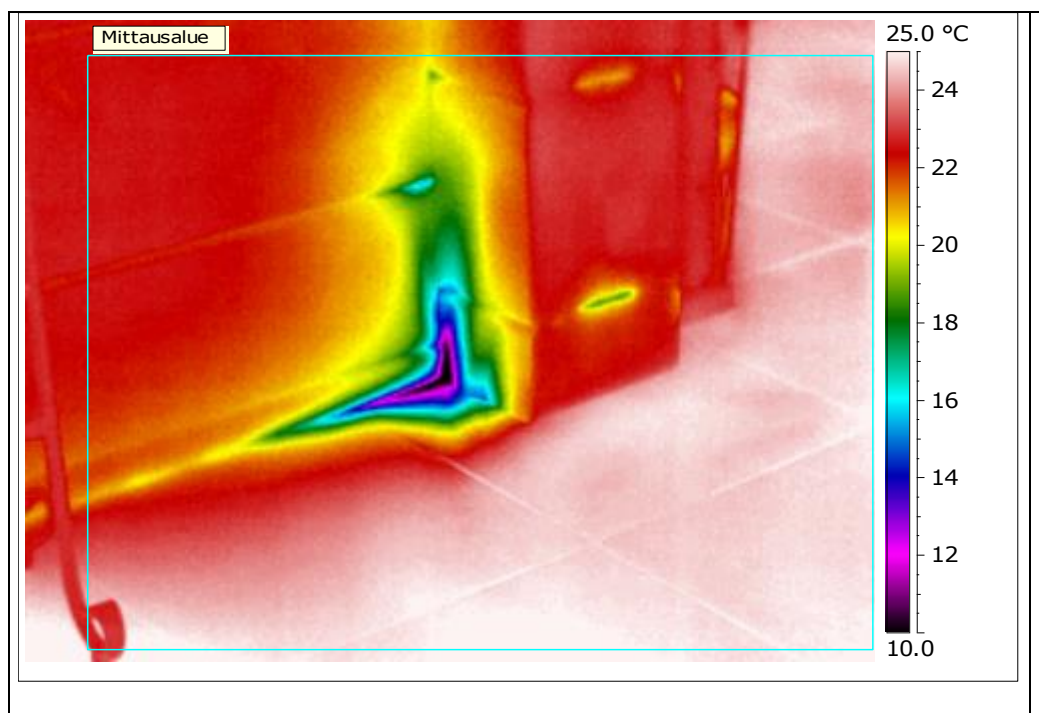
Kuten aiemmin on todettu, painekoe voidaan tehdä joko erillistä painekoelaitteiston puhallinta tai rakennuksen omaa ilmanvaihtolaitteistoa hyödyntäen, mutta erillisen puhaltimen käyttö on suositeltavampaa mittatarkkuuden vuoksi. Seuraavassa kuvataan ilmatiiveyden mittaustapahtuma käyttäen erillistä puhallinta.

Kun kaikki tarpeelliset esivalmistelut ja tiivistykset on tehty, asennetaan painekoelaitteiston ilmaa läpäisemätön kangas yleensä oven karmeja vasten. Tämä kangas pingotetaan tiiviisti ja tiukasti karmeja vasten säädettävällä asennuskehikolla. Tässä kankaassa on aukko painekoelaitteiston puhallinta varten. Kankaassa on myös läpivienti ohuelle paine-eroletkulle sisä- ja ulkotilan paine-eron mittaamista varten (kuva 1.). Puhaltimen asennuksen jälkeen rakennukseen tai huoneistoon muodostetaan yleensä noin 50 pascalin alipaine. Tämän jälkeen rakennus tai huoneisto voidaan tarkistaa savukoneen ja/tai lämpökameran kanssa. Tämä työvaihe ei ole täysin välttämätön, mutta sillä saavutetaan melko isoja hyötyjä. Painekokeella yksinään ei saada paikannettua vaipan mahdollisia rakenteellisia vuotopaikkoja. (Paloniitty 2012, 38–54)

Kun vaipan saumat ja muut mahdolliset vuotopaikat, kuten esimerkiksi läpivientien saumakohdat, tarkistetaan alipaineistetussa tilassa suihkuttamalla savua niihin (kuva 5.), voidaan paikallistaa mahdolliset ilmanvuotopaikat ja raportoida niistä. Talon tarkistaminen ennen varsinaista mittausta myös vähentää myös riskiä, että jokin tiivistettävä paikka jää epähuomiossa tiivistämättä. Tämä vähentää mittaustuloksen virhettä. Jos ulkona on kylmempi kuin sisällä, voidaan vuotojen paikannukseen käyttää lämpökameraa (kuva 6.). Lämpökameran käyttö vuotopaikkojen paikannuksessa on nopeampaa ja tarkempaa kuin savu. Lämpökameraa käytettäessä on hyvä antaa alipaineistuksen olla muutamia minuutteja päällä. Tällöin ulkoilma ennättää jäähdyttää rakenteita ja kameralla nähdään pienemmätkin vuodot paremmin. (Purtilo 2011)



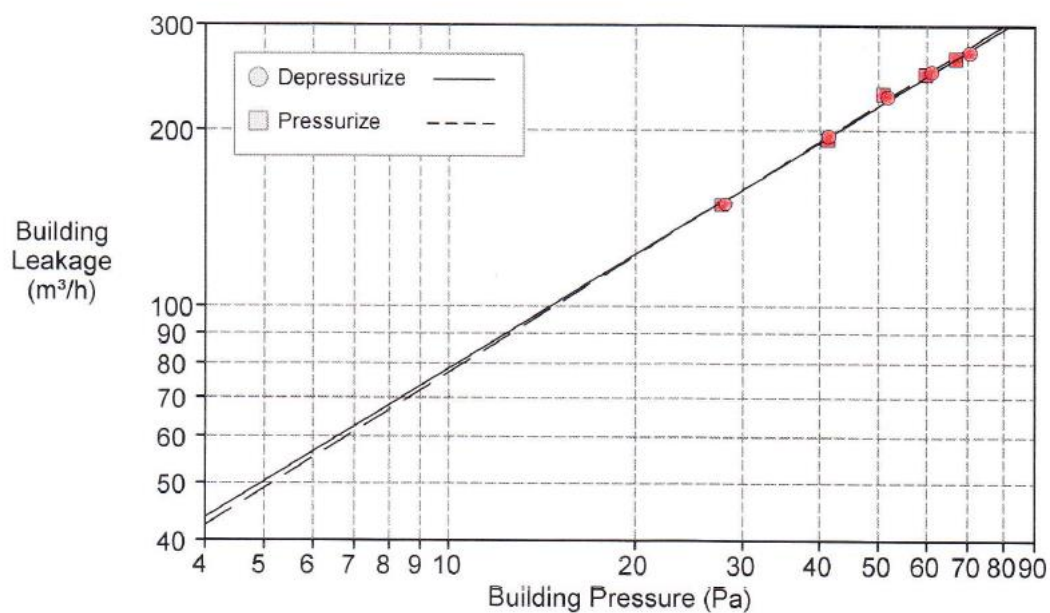
KUVA 5. Savukone, Ilmavuotoa kynnyksen alta (Ramest Oy, 2013)



KUVA 6. Lämpökameran kuva ilmavuodosta (Ramest Oy, 2013)

Varsinaista mittausta varten tietokone liitetään mittauslaitteistoon. Ilmanvuotoluvun voi ottaa myös manuaalisesti säätämällä puhallinta ja kirjaamalla tulokset ylös. Mittaus on varmempi ja vaivattomampi tehdä kuitenkin tietokoneen avulla. Tietokoneohjelmaan syötetään tarvittavat tiedot, kuten esimerkiksi sisä- ja ulkolämpötilat ja mitattavan tilan vaipan pinta-ala. Tietokone ohjaa puhallinta, jossa se ali- tai ylipaineistaa mitattavan kohteen yleensä viidellä eri paine-erolla 10 Pa:n välein. (Palo-
loniitty 2012, 50–54)

SFS EN 15329 standardin mukaan paine-erojen väli pitää olla 10 Pa:a ja mittauksessa täytyy olla 50 Pa:n mittauspiste. Mittauspaineet ovat yleensä 30 Pa, 40 Pa, 50 Pa, 60 Pa, 70 Pa. Kunkin paine-eron vallitessa ohjelma mittaa puhaltimen läpi kulkevan ilmavirran ja mallintaa näiden avulla rakennuksen tai huoneiston ilmanvuotokäyrän (kuva 7.). Yleensä koe tehdään sekä ali- että ylipaineistamalla ja ilmoitetaan tulos näiden keskiarvona. Kun mittaus on suoritettu ja mittauspisteet ovat lähellä lineaariviivaa, voidaan mittaus hyväksyä ja tallentaa. Joskus mittauspisteet ovat hajaantuneet paljon lineaariviivan molemmille puolen esim. tuuliolosuhteiden vuoksi, kannattaa silloin mittaus uusia. (Päroniitty 50–56)



KUVA 7. Rakennuksen tyypillinen ilmanvuotokäyrä (Ramest Oy, 2013)

3.3 Lämpökamerakuvaus

Valmiin rakennuksen lämpökamerakuvauksessa on tärkeää että olosuhteet ovat kuvaukselle oikeat. Kuvaus voi epäonnistua jos kuvausta edeltävänä päivänä olosuhteet eivät ole kohdallaan. Näitä valmistelevia toimenpiteitä ei kuvaaja yleensä tee vaan hän opastaa asiakasta puhelimitse. Asiakkaan toimenpiteet ovat tärkeässä osassa kuvauksen onnistumiselle. RATU-suunnitteluohje 1213-S ohjeistaa kuvausta edeltävän päivän tehtävät ja olosuhteet. Lämpökamerakuvausohjeessa sanotaan että kuvaaja ei siirtele tavaroita tai kalusteita kuvauksen yhteydessä. Tämä jo sen takia että rikkoontumisen tai muiden vastaavien riski minimoituu. Ohjeistus voidaan antaa asiakkaalle jo aikaisemmassa vaiheessa paperilla tai sähköpostilla, joten hän voi tehdä valmistelevat toimenpiteet ennakkoon.

Käyttäjän / tilaaja toimenpiteet ennen kuvausta:

- Kuvattavissa tiloissa irtaimisto tulee siirtää vähintään metrin etäisyydelle ulkoseinästä. Irtaimisto /irtokalusteet tulee olla siirretty vähintään vuorokautta ennen kuvaushetkeä. Siirretyt kalusteet eivät saa estää normaalia sisäilman liikettä. Siirretyt kalusteet eivät saa estää ulkovaipan sisäpintojen kuvaamista.
- Jos halutaan kuvata kiintokalusteiden sisäpuolelta ja kaapistojen sokkelitilojen sisältä kalusteet on tyhjennettävä, sokkelien etulevyt aukaistava ja kaappien ovet oltava auki asennossa vähintään 12 tuntia ennen kuvausta
- Ulkoseinillä olevat verhot tulee siirtää keskelle ikkunaa nippuun tai ottaa kokonaan pois 12 h ennen kuvaushetkeä
- Lämmitysjärjestelmä tulee olla normaalissa käyttöasennossa ja asunnon tulee olla normaalissa asuinlämpötilassa (noin +21 °C) vähintään 24 tuntia ennen kuvauksen aloittamista.
- Asunnon ilmanvaihto ja korvausilmaventtiilit tulee olla normaalissa käyttöasennossa.
- Tuuletusikkunat pitää olla suljettuina.
- Ulko-ovet tulee olla suljettuina (normaali kulkeminen on sallittua).
- Kuvauspäivänä ei saa tuulettaa ennen kuvauksen suorittamista.
- Ullakkotilan käyntiluukku, tikkaat, ym. tulee järjestää niin että tilaan on turvallinen pääsy, ullakkotilassa on turvalliset kulkusillat ja ullakkotilasta on tyhjennetty lämmöneristeiden päällä oleva irtaimisto (ullakkotilan kuvaaminen ei ole tarpeen kaikissa kohteissa)

(Rakennuksen lämpökamerakuvaus. Lämpökuvaus, raportointi ja tilaaminen Ratu 1213-S 2008)

3.3.1 Lämpökamerakuvausten olosuhteet

Valmis rakennus:

- Vähintään 12 tunnin aikana ennen kuvauksen suorittamista ulkoilman lämpötila ei saa poiketa enempää kuin $\pm 10^{\circ}\text{C}$ lämpökuvauksen aloittamisajankohdan lämpötilasta. (Raskaat rakenteet 24 h)
- Vähintään 12 tunnin aikana ennen lämpökuvausta ja lämpökuvauksen aikana ulkoilman keskilämpötila on alle $+5^{\circ}\text{C}$. (Raskaat rakenteet 24h)
- Vähintään 12 tunnin aikana ennen lämpökuvausta ja lämpökuvauksen aikana kuvattava rakenneosa ei saa olla alttiina auringon säteilylle. (Raskaat rakenteet 24h)
- Raskaita rakenteita ovat massiiviset rakenteet, kuten mm. umpitiilirakenteet, siporex- ja betonirakenteet.
- Lämpökuvauksen aikana ulkoilman lämpötila ei saa poiketa enempää kuin $\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Lämpökuvauksen aikana sisälämpötilan muutos on enintään $\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Ulko- ja sisälämpötilaero tulee olla vähintään 15°C
- Tuulen nopeus ei ylitä 10m/s lämpökuvauksen aikana.
- Ulkolämpötila ei saa alittaa paikkakunnan mitoituslämpötilaa (RakMK D5) joka on Savon alueella -32°C
- Rakennus on oltava hieman alipaineinen (suositus 5-10 Pascalia)
- Lämpökuvaukset suoritetaan pääsääntöisesti normaalissa käyttöolosuhteissa (alipaine max. 15Pa). Mikäli rakennukseen ei normaalissa käyttöolosuhteissa saada alipainetta ja voidaan lämpökuvaukset tarvittaessa ja erikseen sovittaessa tehdä kaksivaiheisena, jossa toisessa vaiheessa rakennukseen järjestetään alipaine koneellisella puhaltimella.
- Paine-eroa on mitattava eri kerroksista ja eri puolilta rakennusta kuvausten edetessä.
- Mikäli kaikki vaaditut olosuhteet eivät täyty, voidaan lämpökuvaukset mahdollisesti silti suorittaa lämpökuvauksen harkinnan mukaan, mikäli olosuhteilla ei katsota olevan oleellista merkitystä johtopäätösten kannalta. Lämpökuvaukset tehdään pääsääntöisesti yhdellä käyntikerralla niillä edellytyksillä mitkä tarkastushetkellä vallitsevat.
- Rakenteilla olevassa rakennuksessa kuvaukset voidaan tehdä yksilöllisesti. Kunhan rakenteelliset puutteet saadaan esille

(Rakennuksen lämpökamerakuvaus. Lämpökuvaukset, raportointi ja tilaaminen Ratu 1213-S 2008)

Kokemuksen perusteella puhelimessa annettuja ohjeita eivät asiakkaat muista tai pidä tarpeeksi tarpeellisina. Usein asiakkaan luona huomataan että edeltäviä toimenpiteitä ei ole tehty. Tällöin kuvaus voidaan yleensä toteuttaa vain osittain ja silloin voi ratkaisevia lämpötekniisiä puutteita jäädä huomioimatta. Kirjallisena annetut ohjeet muistetaan ja otetaan paljon vakavammin huomioon.

Lämpökamerakuvausta voidaan hyödyntää ilmatiiveysmittauksen yhteydessä rakennuksen vuoto- paikkojen etsimiseen. Lämpökameran avulla saadaan nopeammin ja tarkempaa informaatiota vuoto- paikoista. Lämpökameran toiminta perustuu sisäilman ja ulkoilman lämpötilaeroon, joten kuvaus vaatii riittävän eron sisä- ja ulkolämpötilojen välillä. Kun kameralla paikallistetaan ilmavuotoja, varsinaista määräästä lämpötilaerosta ei ole. Kokemuksen perusteella 5 °C:n lämpötilaerolla voidaan jo paikallistaa vuotoja, mutta yli 10 °C:n erolla paikannus on helpompi suorittaa ja pienemmätkin vuoto- paikat tulee esiin. Kun lämpötilaeroa on riittävästi, niin vuotopaikannus on tehtävissä kameralla tarkemmin ja nopeammin. Savukoneella kaikki paikat täytyy käydä läpi läheltä että savun virtaus- suunnan erottaa. Lämpökameralla kuvausetäisyys on n. 2-4m, joten kameran etsimellä voi katsella liittymät samoilta paikoilta. Ilmavuotoja paikannettaessa lämpökameralla, raportiksi riittävät lämpö- kamerakuvat jotka on liitetty ilmatiiveysraporttiin. Varsinaista kuvausraporttia ei tarvitse tehdä, mutta kuvissa on tärkeää käydä ilmi paine-ero.

4 MITTAUSPÖYTÄKIRJAPOHJA

Rakennuksen ilmatiiveyden mittaus tietokoneohjatusti on nopea ja helppo toimenpide. Tietokoneohjattuna mittaustapahtumaa seurataan ja mahdollisesti vaihdetaan kuristuslaippoja jos ohjelma sitä vaatii. Puhaltimessa olevilla vaihdettavilla kuristuslaipoilla optimoidaan puhaltimen läpi menevän tilavuusvirran määrä suhteessa paine-eroon. Sen sijaan itse mittausta edeltävien toimenpiteiden merkitystä on hankala yliarvioida. Epähuomiossa sattunut virhe voi heikentää mittauksen tulosta erittäin merkittävästi ja pahimmillaan aiheuttaa turhia toimenpiteitä ja ylimääräisiä kuluja. Nämä olisi ollut vältettävissä huolellisemmalla mittauksen valmistelulla.

On äärimmäisen tärkeää tehdä mittauksen valmistelut, kuten tiivistykset ja mittauslaitteiston asennus huolellisesti ja tarkasti mitään unohtamatta. Virheiden mahdollisuutta pienentää kohteeseen tutustuminen ennakkoon ja toiminnan suunnittelu. Aina tällainen ei kuitenkaan ole mahdollista eikä kaikkia tiivistyksiä voi ennakkoon suunnitella. Tämän vuoksi kehitettiin yritystäni varten tarkastuskortisto, joka sisältää muistilistan tarvittavista valmisteluista ja jota voi täyttää paikan päällä jokaisen suoritettun toimenpiteen jälkeen. Jokaisen kohteen yksilöllisyydestä huolimatta suurin osa tiivistettävistä paikoista noudattaa tiettyä kaavaa samassa rakennusvaiheessa olevissa kohteissa. Kun tarkistusmuistilistassa käydyt asiat on kaikki tehty ja kirjattu, voidaan aloittaa mittaus.

Tarkistuslistan merkittävä hyöty tulee varsinkin suurien kohteiden mittauksessa kun mittauksessa täytyy olla useita henkilöitä. Jokaiselle henkilölle voidaan antaa oma tarkastuslista esimerkiksi eri kerroksiin tai osastoihin jolloin voidaan varmistua esivalmistelujen onnistumisesta. Jokaisen kohteen yksilöllisyyden vuoksi listaan merkitään myös kohta "muut tiivistykset", johon kirjataan kohteen yksilölliset tiivistyskohdat. Kun kohde käydään läpi tällaisen listan kanssa, pienenee virheiden mahdollisuus paljon.

Töiden osalta tarkastuskortisto helpottaa ja yhdentää mittauksia ja niiden valmistelutöitä. Jos yrityksessä usea henkilö suorittaa mittauksia, raportit saadaan yhdenmukaiseksi. Mittaustarkkuus paranee, valmistelutyöt nopeutuvat ja virheiden määrä pienenee. Varsinaisessa mittausraportissa käy ilmi mittaustulokset ammattimaisesti. Esimerkiksi omakotitalorakentaja ei välttämättä ymmärrä kaikkia mittaukseen käytettyjä työtapoja ja raportin arvoja. Tämän kortisto antaa rakentajille oheistietoa mittauksen kulusta ja valmisteluista.

5 KOKEMUKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Ilmatiiveysmittauksia tehdään pääasiassa omakotitaloihin ja kerrostaloihin, mutta myös teollisuus ja liikerakennuksien mittaukset ovat lisääntymässä. Mitattavat kohteet ovat yleensä melko erilaisia, joten valmistelut muuttuvat niiden myötä. Mittauksen valmistelut ovat pääperiaatteiltaan samanlaisia, mutta valmisteluiden määrä vaihtelee. Valmisteluiden määrä muuttuu kohteen koon ja tilojen lukumäärän mukaan. Myös suuri ilmanvaihtokoneiden mallien määrä ja muu tekniikka tuo lisähaastetta valmistelutyölle. Mittaus- ja valmistelutyöt tehdään yleensä saman kaavan mukaan että kaikki mahdolliset tulokseen vaikuttavat tekijät saadaan tehtyä huolellisesti.

Tarkastuskortin täyttämässä on suuri hyöty mittausvaiheessa. Ennen mittauksia voidaan tarkistaa että kaikki valmistelevat työt on tehty, tarkistettu ja dokumentoitu. Suurissa kohteissa, joissa mittaus tehdään usean henkilön avustuksella tarkastuskortti tuo lisävarmuutta valmisteluille.

Yleensä raportin yleiset osiot on tehty ruutuvihkoon käsin ja siitä kopioitu raporttipohjaan. Nyt tiedot on täytetty tietokoneella suoraan lomakkeelle joka voidaan lisätä raportin liitteeksi. Lomakkeet voidaan vielä tallentaa omaan tarkastuskorttikansioon, josta kohteet voidaan tilastoida myöhempää tarkastelua varten. Tulevaisuudessa on tarkoituksena saada kaavakepohjat tablet-tietokoneelle. Tablet-tietokoneella tarkastuskortti voidaan täyttää kokonaisuudessaan ja liittää siihen tarvittavia valokuvia.

LÄHTEET

KOKKO, Mika. 2010. Asuinrakennusten ilmatiiveyden ja energiatehokkuuden tutkiminen. Savonia ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Ympäristörakentaminen ja vesihuolto-tekniikka. Opinnäytetyö. Saatavissa:

http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/22237/Kokko_Mika.pdf?sequence=1

PALONIITTY, Sauli. 2012. Rakennusten ilmatiivysmittaus. Tuulos: Suomen Rakennusmedia Oy.

PURTILO, Juha-Pekka. 2011. Rakennuksen ilmanpitävyyden laadun varmistus työmaalla. Saimaan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto. Opinnäytetyö. Saatavissa:

http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26087/Purtilo_Juha-Pekka.pdf?sequence=3

RAKENNUKSEN LÄMPÖKAMERAKUVAUS. LÄMPÖKUVAUS, RAPORTOINTI JA TILAAMINEN. RATU 1213-S. 2010. Hämeenlinna: Rakennustieto

RATEKO. 2009. Lämpökamerakuvaus. Rakennusten lämpökuvaaja -koulutusohjelma [09/11 kurssimateriaali].

RATEKO. 2009. Tiivysmittaus. Rakennusten tiivyyden mittaajan henkilösertifiointiin valmentava koulutus [09/11 kurssimateriaali].

LIITE 1: ILMATIIVEYSMITTAUS PERUSTIETO- JA TARKISTUSLOMAKE


 ILMATIIVEYSMITTAUS
 PERUSTIETO- JA TARKISTUSLOMAKE

Sivu 1 / 4

RAKENNUKSEN PERUSTIEDOT**Kiinteistön nimi****Osoite****Omistaja****Rakennusvuosi****Rakennuksen tila:**

Uusi, rakenteilla

Uusi, valmis

Vanha

Mittaustulos

Vaadittu ilmanvuotoluku

Mittattu vuotoluku

 Täyttääkö vaatimuksen kyllä
 Ei

Rakennuksen tyyppi:	Ok-talo	<input type="checkbox"/>	kerrosmäärä
	Paritalo	<input type="checkbox"/>	kerrosmäärä
	Rivitalo	<input type="checkbox"/>	kerrosmäärä
	Kerrostalo	<input type="checkbox"/>	kerrosmäärä
	Teollisuus	<input type="checkbox"/>	kerrosmäärä
	Muu		kerrosmäärä

Sisätilavuus m³Ulkoseinien pinta-ala m²Lattian pinta-ala m²Sisäkaton pinta-ala m²

Vaipan pinta-ala kokonaan

Lämmitysmuoto

Suora sähkö

Uuni

vesikeskus tms.

OLOSUHDETIEDOT**Päivämäärä****Kelloaika****Sisäolosuhteet:**

Sisä lämpö

Sisä RH-%

Paine-ero vaipan yli

Ulko-olosuhteet

Ulkolämpö

Ulko RH-%

Tuuli m/s

Tuulen suunta

ilman paine

Säälaatu:

aurinkoinen

pilvinen

vesisade

lumisade

huomioita

RAKENTEET
Lattia:

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Maanvarainen betonilaatta | <input type="checkbox"/> |
| tuuletettu alapohja: betoni | <input type="checkbox"/> |
| Puu | <input type="checkbox"/> |
| Kellarikerros | <input type="checkbox"/> |
| Muu: _____ | |

Ulkoseinät:

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| Betoni: Paikalla valettu | <input type="checkbox"/> |
| Elementti | <input type="checkbox"/> |
| Tilaelementti | <input type="checkbox"/> |
| Muu: _____ | |

- | | |
|----------------|--------------------------|
| Harkko: Betoni | <input type="checkbox"/> |
| Kevytsora | <input type="checkbox"/> |
| Muu: _____ | |

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| Puu: Paikalla rakennettu | <input type="checkbox"/> |
| Elementti | <input type="checkbox"/> |
| Osatoimitus (pre-cut) | <input type="checkbox"/> |
| Tilaelementti | <input type="checkbox"/> |
| Muu: _____ | |

Kattorakenne

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| Betoni: Paikalla valettu | <input type="checkbox"/> |
| Ontelolaatta | <input type="checkbox"/> |
| Puu: Kattotuoli | <input type="checkbox"/> |
| Kattovasat | <input type="checkbox"/> |
| Muu: _____ | |

MUISTILISTA TIIVISTYKSISTÄ ENNEN MITTAUSTA**kunnossa**

Ikkunoiden salvat kiinni
ikkunan karmiventtiili
Ulko-ovet kiinni
väliovet auki
lattiakaivot
wc pönttö/ viemäriputki
keittiön altaat / viemäri
muut viemäriputket
Radon putki
liesituuletin / kanava
erillinen saunan korvausilma
Uunin/ takan pellit
iv-koneen tulo/ poistokanava
erillinen tekninen tila
keskuspölyimuri

VUOTOPAikkojen Paikannus**Käytetty menetelmä****savu****lämpökamera**

LIITE 2: OHJEITA LÄMPÖKAMERAKUVAUKSEEN



OHJEITA LÄMPÖKAMERAKUVAUKSEEN

(RATU - suunnitteluohje 1213-S mukaan)

KÄYTTÄJÄN TOIMENPITEET ENNEN LÄMPÖKAMERAKUVAUSTA

- ❖ Kuvattavissa tiloissa irtaimisto tulee siirtää vähintään metrin etäisyydelle ulkoseinästä. Irtaimisto /irtokalusteet tulee olla siirretty vähintään vuorokautta ennen kuvaushetkeä. Siirretyt kalusteet eivät saa estää normaalia sisäilman liikettä. Siirretyt kalusteet eivät saa estää ulkovaipan sisäpintojen kuvaamista.
- ❖ Jos halutaan kuvata kiintokalusteiden sisäpuolelta ja kaapistojen sokkelitilojen sisältä kalusteet on tyhjennettävä, sokkelien etulevyt aukaistu ja kaappien ovet oltava auki asennossa vähintään 12 tuntia ennen kuvausta
- ❖ Ulkoseinillä olevat verhot tulee siirtää keskelle ikkunaa nippuun tai ottaa kokonaan pois 24 h ennen kuvaushetkeä
- ❖ Lämmitysjärjestelmä tulee olla normaalissa käyttöasennossa ja asunnon tulee olla normaalissa asuinlämpötilassa (noin +21 °C) vähintään 24 tuntia ennen kuvauksen aloittamista.
- ❖ Asunnon ilmanvaihto ja korvausilmaventtiilit tulee olla normaalissa käyttöasennossa.
- ❖ Tuuletusikkunat pitää olla suljettuina.
- ❖ Ulko-ovet tulee olla suljettuina (normaali kulkeminen on sallittua).
- ❖ Kuvauspäivänä ei saa tuulettaa ennen kuvauksen suorittamista.
- ❖ Ullakkotilan käyntiluukku, tikkaat, ym. tulee järjestää niin että tilaan on turvallinen pääsy, ullakkotilassa on turvalliset kulkusillat ja ullakkotilasta on tyhjennetty lämmöneristeiden päällä oleva irtaimisto (ullakkotilan kuvaaminen ei ole tarpeen kaikissa kohteissa)



LÄMPÖKAMERAKUVAUKSEN OLOSUHTEET

VALMIS RAKENNUS

- 1) Vähintään 12 tunnin aikana ennen kuvauksen suorittamista ulkoilman lämpötila ei saa poiketa enempää kuin $\pm 10^{\circ}\text{C}$ lämpökuvauksen aloittamisajankohdan lämpötilasta. (Raskaat rakenteet 24 h)
- 2) Vähintään 12 tunnin aikana ennen lämpökuvausta ja lämpökuvauksen aikana ulkoilman keskilämpötila on alle $+5^{\circ}\text{C}$. (Raskaat rakenteet 24h)
- 3) Vähintään 12 tunnin aikana ennen lämpökuvausta ja lämpökuvauksen aikana kuvattava rakenneosa ei saa olla alttiina auringon säteilylle. (Raskaat rakenteet 24h)
 - Raskaita rakenteita ovat massiiviset rakenteet, kuten mm. umpitiilirakenteet, siporex- ja betonirakenteet.
- 4) Lämpökuvauksen aikana ulkoilman lämpötila ei saa poiketa enempää kuin $\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- 5) Lämpökuvauksen aikana sisälämpötilan muutos on enintään $\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- 6) Ulko- ja sisälämpötilaero tulee olla vähintään 15°C
- 7) Tuulen nopeus ei ylitä 10m/s lämpökuvauksen aikana.
- 8) Ulkolämpötila ei saa alittaa paikkakunnan mitoituslämpötilaa (RakMK D5) joka on Savon alueella, -32°C
- 9) Rakennus on oltava hieman alipaineinen (suositus 5-10 Pascalia)
- 10) Lämpökuvauksen suoritetaan pääsääntöisesti normaalissa käyttöolosuhteessa (alipaine max. 15Pa). Mikäli rakennukseen ei normaalissa käyttöolosuhteissa saada alipainetta ja voidaan lämpökuvauksen tarvittaessa ja erikseen sovittaessa tehdä kaksivaiheisena, jossa toisessa vaiheessa rakennukseen järjestetään alipaine koneellisella puhaltimella.
- 11) Paine-eroa on mitattava eri kerroksista ja eri puolilta rakennusta kuvausten edetessä.
- 12) Mikäli kaikki vaaditut olosuhteet eivät täyty, voidaan lämpökuvauksen mahdollisesti silti suorittaa lämpökuvauksen harkinnan mukaan, mikäli olosuhdepuutteella ei katsota olevan oleellista merkitystä johtopäätösten kannalta. Lämpökuvauksen tehdään pääsääntöisesti yhdellä käyntikerralla niillä edellytyksillä mitkä tarkastushetkellä vallitsevat.
- 13) Rakenteilla olevassa rakennuksessa kuvauksen voidaan tehdä yksilöllisesti. Kunhan rakenteelliset puutteet saadaan esille

LIITE 3: LÄMPÖKAMERAKUVAUS PERUSTIETO- JA TARKISTUSLOMAKE

LÄMPÖKAMERAKUVAUS
PERUSTIETO- JA TARKISTUSLOMAKE

Sivu 1 / 4

RAKENNUKSEN PERUSTIEDOT**Kiinteistön nimi****Osoite****Omistaja****Rakennusvuosi****Rakennuksen tila:**

Uusi, rakenteilla

Uusi, valmis

Vanha

Kuvauksen tarkoitus

ilmavuotojen paikannus

Rakenteellinen laadunvalvonta

Rakennuksen lämpökuvauks

Rakennuksen tyyppi:

Ok-talo	<input type="checkbox"/>	kerrosmäärä
Paritalo	<input type="checkbox"/>	kerrosmäärä
Rivitalo	<input type="checkbox"/>	kerrosmäärä
Kerrostalo	<input type="checkbox"/>	kerrosmäärä
Teollisuus	<input type="checkbox"/>	kerrosmäärä
Muu		kerrosmäärä

Sisätilavuus m³Ulkoseinien pinta-ala m²Lattian pinta-ala m²Sisäkaton pinta-ala m²

Vaipan pinta-ala kokonaan

Lämmitysmuoto

Suora sähkö

Uuni

vesikeskus tms.

OLOSUHDETIEDOT**Päivämäärä****Kelloaika****Sisäolosuhteet:**

Sisä lämpö

Sisä RH-%

Paine-ero vaipan yli

Ulko-olosuhteet

Ulkolämpö

Ulko RH-%

Tuuli m/s

Tuulen suunta

ilman paine

Säälaatu: Mittauspäivä

aurinkoinen

pilvinen

vesisade

lumisade

huomioita

Sää edellisen 12 tunnin aikana

Ulkolämpö

Tuuli m/s

Tuulen suunta

aurinkoinen

pilvinen

vesisade

lumisade

huomioita

RAKENTEET
Lattia:

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Maanvarainen betonilaatta | <input type="checkbox"/> |
| tuuletettu alapohja: betoni | <input type="checkbox"/> |
| Puu | <input type="checkbox"/> |
| Kellarikerros | <input type="checkbox"/> |
| Muu: _____ | |

Ulkoseinät:

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| Betoni: Paikalla valettu | <input type="checkbox"/> |
| Elementti | <input type="checkbox"/> |
| Tilaelementti | <input type="checkbox"/> |
| Muu: _____ | |

- | | |
|----------------|--------------------------|
| Harkko: Betoni | <input type="checkbox"/> |
| Kevytsora | <input type="checkbox"/> |
| Muu: _____ | |

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| Puu: Paikalla rakennettu | <input type="checkbox"/> |
| Elementti | <input type="checkbox"/> |
| Osatoimitus (pre-cut) | <input type="checkbox"/> |
| Tilaelementti | <input type="checkbox"/> |
| Muu: _____ | |

Kattorakenne

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| Betoni: Paikalla valettu | <input type="checkbox"/> |
| Ontelolaatta | <input type="checkbox"/> |
| Puu: Kattotuoli | <input type="checkbox"/> |
| Kattovasat | <input type="checkbox"/> |
| Muu: _____ | |

MITTALAITTEET

Lämpökamera
- emissiivisyys (0,9-0,95)
Tuulimittari
Paine-eromittari
Kosteus- ja lämpömittari

MUISTILISTA ENNEN KUVAUSTA**kunnossa**

12 tunnin aikana ulkolämpötilan muutos $< \pm 10^{\circ}\text{C}$

12 tunnin aikana ei alttiina auringolle

kuvauksen aikana ulkolämpötilan muutos $< \pm 5^{\circ}\text{C}$

kuvauksen aikana sisälämpötilan muutos $< \pm 2^{\circ}\text{C}$

kuvauksen aikana ei auringonpaistetta

Paine-ero (alipaine 0-15 Pa:a)

Sisä- ja ulko lämpötilaero $> 15^{\circ}\text{C}$

Tuulen nopeus $< 10 \text{ m/s}$

Rakennus normaalissa lämpötilassa (24h ennen kuvausta)

iv-normaalissa käyttötilassa (24h ennen kuvausta)

Irtokalusteet siirretty seinustoilta $> 12\text{h}$ aikaisemmin

Verhot siirretty seinustoilta $> 12\text{h}$ aikaisemmin
