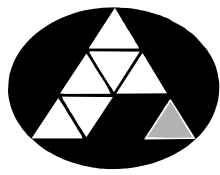


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Antti Korhonen

LISÄLÄMMÖNERISTYKSEN SUUNNITTELU LÄMPÖKUVAUKSEN
JA RAKENNUSFYSIKAALISTEN MENETELMIEN AVULLA

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2012



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2012
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU

Tekijä
Antti Korhonen

Nimeke
Lisälämmöneristysten suunnittelu lämpökuvauksen ja rakennusfysikaalisten menetelmien avulla
Toimeksiantaja Raimo Korhonen

Tiivistelmä

Opinnäytetyön kohteena on vuonna 1962 valmistunut liike-asuinrakennus, joka on nykyään kokonaan asuinkäytössä. Rakennuksen ulkovaipan heikkoa lämmöneristyskykyä aiotaan parantaa rakennuksen ulkopuolisella lisäeristyksellä. Lisäeristäminen parantaa myös asuinmukavuutta parempien pintalämpötilojen ja vedontunteen vähenemisen myötä.

Lämpökamerakuvista laskettuja lämpötilaindeksejä vertailtiin asumisterveysohjeessa määriteltäisiin raja-arvoihin. Muutamia paikkoja havaittiin, jossa asumisterveysohjeen välttävä taso ei täyttynyt. Lämpökamerakuvauksen yhteydessä suoritettua sisäilman kosteuspitoisuuden mittauksessa saatiin määriteltäviä kastepistelämpötilaksi 0 °C.

Vertailussa tutkittiin materiaalien lämmöneristyskykyä ja materiaalikustannuksia. Lisäksi tutkittiin niiden kosteusteknistä käyttäytymistä seinärakenteessa erilaisilla materiaalikoonpanoilla. Vertailuun valitut materiaalit toimivat diffuusiota tarkastellessa moitteettomasti. Laskelmissa havaittiin vanhan rakenteen olevan kaikkein kondensaatioaltein.

Lisäeristämällä pystytään pienentämään seinärakenteen lämmönhukkaa noin kolmannekseen. Purueristeen säilyttämistä puoltaa lämpökuvaus, jossa purueriste todettiin hyväkuntoiseksi. Rakenteiden toiminnan kannalta lisäeristeenä kannattaa käyttää hygroskooppista eristettä, jolloin myös uusi eriste sietää hyvin kosteutta. Kattosaneerauksen välttämiseksi on eristepaksuutta päätettäessä huomioitava räystäspituuden riittävyys.

Kieli
Suomi

Sivuja 32
Liitteet 4
Liitesivumäärä 18

Asiasanat
lämpökuvaus, diffuusio, U-arvo, ulkopuolinen lisäeristäminen



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
April 2012
Degree Programme in Civil Engineering

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND

Author

Antti Korhonen

Title

Plan for additional thermal insulation by using thermal imaging and structure physical processes

Commissioned by Raimo Korhonen

Abstract

The subject of the thesis is a business-residential building completed in 1962. Nowadays the building is in residential use only. The low thermal isolation of the outer shell of the building will be improved with additional external isolation. With additional insulation the comfort of living also improves as a result of increase of surface temperatures and decrease of draught.

Temperature indices obtained from the infrared camera images were compared with the limit values defined in the Housing Health Guide. There were some places where the passable level was not met. The humidity of indoor air was tested during thermal imaging. With the data it was possible to calculate the dew point temperature as 0 °C.

This study compared the thermal insulation ability of the materials and material costs. The study also tested the moisture characteristic wall structures with different material combinations. Diffusion examination proved that the selected materials would function properly. The calculations found the old structure to be most vulnerable for the condensation.

With additional insulation it is possible to reduce heat loss in the wall structure to about one third of the usual amount. Saw dust insulation can be retained according to the thermal imaging, during which it was found to be in a good condition. For the proper function of the structures it is best to use hygroscopic insulation as an additional insulation because it is very resistant to moisture. To avoid roof renovation it is important to take into account the sufficient length of the eaves when deciding the width of the additional insulation.

Language

Finnish

Pages 32

Appendices 4

Pages of Appendices 18

Keywords

thermal imaging, diffusion, U value, additional external insulation

Sisältö

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Johdanto..... | 5 |
| 2 | Lämpökuvaus | 6 |
| | 2.1 Valmistelevat toimenpiteet | 6 |
| | 2.2 Kuvauksen suorittaminen | 7 |
| | 2.3 Kuvien käsittely | 7 |
| | 2.4 Pintalämpötilojen ohjearvot ja korjausluokitukset | 8 |
| | 2.5 Kuvien analysointi | 9 |
| 3 | Vertailtavat eristemateriaalit | 10 |
| | 3.1 Seinäeristeet | 11 |
| | 3.1.1 Sahanpuru..... | 11 |
| | 3.1.2 Vital Plus..... | 12 |
| | 3.1.3 Ekovilla | 12 |
| | 3.1.4 Pellava | 12 |
| | 3.1.5 Kivivilla | 13 |
| | 3.2 Yläpohjaeristeet | 13 |
| | 3.3 Sokkelieristeet..... | 13 |
| | 3.3.1 EPS..... | 13 |
| | 3.3.2 Kivivilla-rappausaluseriste..... | 14 |
| | 3.4 Maanpinnan alapuolinen eristäminen | 14 |
| 4 | Lisäeristykseen vaikutus rakennuksen ulkonäköön | 14 |
| 5 | Lämpötekniset ominaisuudet..... | 15 |
| | 5.1 Seinärakenteiden U-arvot | 16 |
| | 5.2 Yläpohjan lisäeristys..... | 17 |
| | 5.3 Sokkelieriste..... | 18 |
| | 5.4 Harrastetilan lisäeristys | 19 |
| 6 | Kosteustekniset ominaisuudet | 20 |
| | 6.1 Kastepistelämpötila..... | 21 |
| | 6.2 Diffuusio | 22 |
| | 6.3 Vesihöyrynvastussuhde | 23 |
| 7 | Puutteet rakenteissa | 24 |
| | 7.1 Pääsisäänkäynnin vetoisuus..... | 24 |
| | 7.2 Ikkunoiden eristävyysparantaminen | 25 |
| | 7.3 Muut lämpövuodot..... | 26 |
| 8 | Painovoimainen ilmanvaihto | 26 |
| | 8.1 Ilmanvaihdon vaikutus rakenteiden toimintaan | 26 |
| | 8.2 Ilmanvaihdon riittävyys | 28 |
| 9 | Tulokset | 29 |
| 10 | Pohdinta..... | 30 |
| | Lähteet..... | 32 |

Liitteet

Liite 1 Paikallissää, Ilmatieteenlaitos

Liite 2 Lämpökamerakuvaajan kenttätyölomake

Liite 3 Lämpökamerakuvia

Liite 4 Rakenteiden diffuusiolaskelmat

1 Johdanto

Vanhojen rakennusten lämmönhukkaa voidaan pienentää rakenteiden lisälämmönerityksellä. Lisäeristyksestä koituneet kulut saadaan yleensä takaisin 4 – 5 vuoden kuluessa pienentyneiden lämmityskustannusten muodossa. Pienentyneiden lämmityskustannusten lisäksi asumismukavuus usein paranee parempien pintalämpötilojen ja pienentyneen vedontunteen myötä. Lisäeristystä tehdessä on huomioitava eristyksen vaikutus rakenteiden toimintaan. (Tulla 1983, 43.)

Tässä opinnäytetyössä on käytetty lämpökuvausta vuonna 1962 rakennetun öljy- sekä puulämmitteisen asuin-liikerakennuksen lämmöneristeiden kunnon tutkimiseen. Lämpökuvauksesta saatujen tietojen pohjalta on pystytty suunnittelemaan toimenpiteet vanhojen eristeiden osalta. Lisäeristyksessä käytettävien eristeiden lämmöneristävyysarvojen lisäksi on tutkittu niiden kosteusteknistä käyttäytymistä sekä materiaalikustannuksia. Diffuusiolaskuissa on hyödynnetty Tampereen teknillisessä yliopistossa tehtyjä vesihöyrynvastustutkimuksia, joita on tehty eri lämpötiloissa. Rakenteiden lämpötilajakaumaa ja lisäeristämisen vaikutusta pintalämpötiloihin on tutkittu Comsol multiphysics 4.2-ohjelmalla.

Lämpökamerakuvauksessa sekä eristyssuunnitelmissa on keskitytty maanpäällisten kerrosten lisäeristämiseen kellaritilojen vähäisen käyttöasteen vuoksi. Rakennuksen yläpohjan eristepaksuutta on suurimmalta osalta rakennusta jo kasvatettu, joten yläpohjan eristäminen on tässä työssä jätetty sivuosaan. Työn pääpaino on seinärakenteiden vertailussa ja sokkelin ulkopuolisen eristyksen tutkimisessa. Rakenteiden vertailulla on pyritty löytämään rakennukseen parhaiten soveltuvat rakenneratkaisut.

2 Lämpökuvaus

Suomessa lämpökuvausta on käytetty rakenteiden tutkimiseen 1970-luvun lopulta lähtien. Aiemmin lämpökuvausta käytettiin lähinnä sotilaallisiin ja lääketieteellisiin tarkoituksiin. (Kauppinen, Saloniitty & Krankka 2007, 267.) Rakennuksen lämpökuvauksella määritetään tutkittavan kohteen pintalämpötiloja. Yleisimmin tutkitaan ulkovaipan lämmöneristeiden ja ilmansulkujen kunto sekä rakenteiden liitoskohdat. Kuvaustilanteessa voidaan mitata alueiden keskilämpötilojen lisäksi minimi- ja maksimilämpötiloja. Lämpökuvaustutkimuksissa voidaan myös asettaa tietty pintalämpötilataso, jonka alittavia arvoja tutkitaan. (Paloniitty 2004, 18.)

Lämpökuvauksen vahvuutena on sen rakenteita rikkomaton käyttö. Usein lämpökuvausta käytetään, kun asukkaat valittavat vedon tunteesta tai kylmistä seinäpinnoista. Myös suurentuneet lämmityskustannukset sekä mahdollinen kosteusvaurion pelko saavat usein syyn ryhtyä tutkimaan rakenteita lämpökuvauksella. Nykyään lämpökuvaus on yleistynyt myös uudisrakentamisessa laatua varmistavana toimenpiteenä. Tähän kehitykseen on vaikuttanut erityisesti laadukkaiden kameroiden hintatason lasku. (Paloniitty & Kauppinen 2006, 11-13.) Tässä tutkimuksessa lämpökuvausta käytetään rakennuksen lisälämmöneristeyksen suunnittelussa. Rakennuksen lämpöoloihin vaikuttavat useat tekijät, kuten ulkovaippa, sisäiset kuormat, sijainti, sääolosuhteet sekä ilmanvaihtojärjestelmän ja lämmitysjärjestelmän toiminta (Kauppinen ym. 2007, 269).

2.1 Valmistelevat toimenpiteet

Opinnäytetyön kohteena olevan liike-asuinrakennuksen lämpökuvaus sovittiin suoritettavaksi 23.1.2012. Kuvausta edeltävänä päivänä ulkoseinien vierustat tyhjennettiin ylimääräisistä esineistä, kuten lipastoista, pöydistä, kasveista ja verhoista. Näillä toimenpiteillä helpotettiin kuvaamista ja annettiin rakenteille riittävä tasaantumisaika. Kiintokalusteita ei siirretty. Rakennuksen ulkopuolelta sokkeliä ja seinää vasten oleva lumi luotiin monin paikoin pois eri puolilta rakennusta niin, että sokkelin yläreuna saatiin näkyviin. Tämä tehtiin, jotta alapohjan ja seinän mahdolliset lämpövuodot havaittaisiin lämpökamerakuvauksessa. (Paloniitty & Kauppinen 2006, 28, 48-51.)

2.2 Kuvauksen suorittaminen

Kuvauspäivänä sisäilman lämpötila pyrittiin saamaan mahdollisimman lähelle normaalia asuinlämpötilaa, jotta tulokset vastaisivat todellisuutta. Toista rakennuksen uuneista lämmitettiin aamulla ja sisälämpötilaksi muodostui huoneesta riippuen 22,3 – 23,4 °C, eli keskimäärin noin 23 °C. Ulkona oli pilvistä ja ulkolämpötila mittaushetkellä -10,4 °C. Kuvausta edeltävän viimeisimmän kahden vuorokauden säähavainnot saatiin ilmatieteenlaitoksen sivuilta (liite 1). Olosuhteet olivat hyvät lämpökuvauksen suorittamiseen.

Työt aloitettiin klo 10:14. Ensimmäiseksi tehtiin mittaukset lämpökuvaajan kenttätyölomakkeen (liite 2) täyttämiseksi. Mittasimme sisä- ja ulkolämpötilat, keskimääräisen paine-eron -4 [Pa], sisäilman ilmankosteuden [RH-%] 23 % sekä ulkoilman ilmankosteuden [RH-%] 84,5 %. Kameran asetuksiin laitettiin emissiokertoimeksi 0,95, joka vastaa normaalien rakennusmateriaalien lämpösäteilykerrointa, ja kuvausetäisyydeksi asetettiin 3 metriä.

Rakennuksen tyypillisimpiä vuotopaikkoja ovat yleensä ikkunoiden ja ovien liitokset, seinien liitokset lattiaan ja kattoon sekä katon lävistyksset. Lähtökohtana oli tutkia näitä tyypillisimpiä ongelmapaikkoja, mutta myös muut pinnat katsottiin kameran läpi mahdollisten vuotopaikkojen löytämiseksi.

Lämpökuvauksessa ulkovaippaa kierrettiin myötäpäivään, rakennuksen ulko-ovelta lähtien. Näin varmistettiin, ettei mikään pinta jäisi kuvaamatta. Ensimmäisellä kierroksella kuvattiin seinien liitokset lattiaan ja yläpohjaan, toisella kierroksella ovien ja ikkunoiden liitokset. Näiden jälkeen otettiin yksittäisiä kuvia ullakolta, sekä puolilämpimistä tiloista, rakennuksen ulkopuolelta. Näillä toimenpiteillä rakennus saatiin kuvattua varsin kattavasti. Vain kellaritilat ja ryömintätilainen rossipohja jäivät kuvaamatta.

2.3 Kuvien käsittely

Lämpökuvauksessa kuvia otettiin yhteensä 62 paikasta; jokaisesta paikasta lämpökamerakuva sekä digitaalinen kuva. Kaikki kuvat käsiteltiin tietokoneohjelmalla, jolla luotiin yhtenäinen lämpötila-asteikko samantyylisten rakenteista otetuille kuville. Tuloksena saatiin varsin selkeät kuvat, joita oli helppo vertailla keskenään yhtenäisen värimaail-

man ansiosta (liite 3). Lisäksi laskettiin lämpötilaindeksit lämpimistä tiloista otetuille kuville. Lämpötilaindeksejä vertailtiin yleisiin asumisterveysmääräyksiin.

2.4 Pintalämpötilojen ohjearvot ja korjausluokitukset

Asumisterveysmääräyksissä on määritelty rakenteita pintalämpötilojen mukaan kolmeen eri luokkaan, sekä lämpötilaindeksin mukaan neljään eri luokkaan. On tärkeää tiedostaa, että pintalämpötiloihin vaikuttavat ulkovaipan lisäksi monet muutkin tekijät. Suuri vaikutus pintalämpötiloihin on mm. valaistuksella ja sähkölaitteiden käytöllä. Taulukosta 1 näkyy asumisterveysohjeen mukaiset pintalämpötilat kuvaustilanteen kaltaisissa olosuhteissa. (Paloniitty & Kauppinen 2006, 62-72.)

Taulukko 1. Ohjearvot pintalämpötiloille.

| Asumisterveysohjeen mukaiset pintalämpötilat | | | | |
|--|---------------|----|-----------|----|
| Ulkolämpötila: - 10 °C | Välttävä taso | | Hyvä taso | |
| | °C | TI | °C | TI |
| Huoneilma | 18 | | 21 | |
| Seinä, sisäilma + 21 °C | 15 | 81 | 17 | 87 |
| Lattia, sisäilma + 21 °C | 17 | 87 | 20 | 97 |
| Pistemäinen, sisäilma + 21 °C | 9 | 61 | 10 | 65 |

Tutkimuksessa olen tulkinut kuvia pääasiassa lämpötilaindeksin avulla. Lämpötilaindeksi saadaan laskettua kaavasta:

$$TI = (T_{sp} - T_o) / (T_i - T_o) \times [100 \%]$$

jossa TI on lämpötilaindeksi, %

T_{sp} on sisäpinnan lämpötila, °C

T_i on sisäilman lämpötila, °C

T_o on ulkoilman lämpötila, °C (Paloniitty & Kauppinen 2006, 43-47.)

Asuin- ja oleskelutilojen korjausluokitukset:

1. Korjattava

- Pinnan lämpötila ei täytä sosiaali- ja terveysministeriön laatiman Asumisterveysohjeen välttävää tasoa. Heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.
 - $TI < 61 \%$
2. Korjaustarve selvitettävä
- Korjaustarve on erikseen harkittava. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason, mutta ei täytä hyvää tasoa.
 - $TI 61 - 65 \%$
3. Lisätutkimuksia
- Täyttää asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta piilee tilan käyttötarkoitus huomioon ottaen kosteus- ja lämpöteknisen toiminnan riski. On tarkastettava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä muita lisätutkimuksia, kuten esimerkiksi kosteusmittaus tai tiiviysmittaus.
 - $TI > 65 \%$
4. Hyvä
- Täyttää hyvän tason vaatimukset
 - $TI > 70 \%$ (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 24-29.)

2.5 Kuvien analysointi

Kuvien analysointi on lämpökuvauksen kriittisin vaihe. Väärin tulkitut kuvat voivat aiheuttaa turhia toimenpiteitä ja kustannuksia. Kuvia tulkittaessa on tiedettävä olosuhteet, joissa kuvat ovat otettu. Pintalämpötiloihin voivat vaikuttaa mm. väärin suoritettavat valmistelevat toimenpiteet, kuten kalusteiden siirto seinien vierestä juuri ennen kuvausta, jolloin pintalämpötila ei ole päässyt tasaantumaan todelliseen tilaansa vaan ilmenee kuvassa todellista alhaisempana. Pelkästään kuvia katselemalla ei voida tehdä yksiselitteisiä väittämiä rakenteiden tilasta, mikäli aloitustoimenpiteiden oikeaan suoritukseen ei voida luottaa. On tiedettävä taustat, joissa kuvat on otettu, jotta kuvia analysoidessa pystytään huomioimaan tuloksiin vaikuttavat asiat. (Kauppinen ym. 2007, 268-269.)

Yleisesti ottaen rakenteet olivat hyvässä kunnossa. Korjattavalla tasolla olevia rakenteita löytyi, mutta ne löytyivät paikoista, joissa sellaisia voitiin myös olettaa olevan. Löydetyt vuotopaikat olivat tilaajan tiedossa. Vuotopaikoista kerrotaan tarkemmin kappaleessa 7. Rakenteiden hyvä yleiskunto yllätti tilaajan.

3 Vertailtavat eristemateriaalit

Uusia rakenteita suunniteltaessa on valittava vertailuun otettavat materiaalit. Tässä tutkimuksessa kaikki vertailuun valitut materiaalit ovat yleisesti käytettyjä rakennusmateriaaleja. Lähtökohtana on ulkovaipan pitäminen hengittävänä, hygroskooppisena rakenteena. Vertailtavat tuotteet valittuani lähestyin tuotteiden valmistajia suositushintojen saamiseksi hintavertailua varten. Kaikilta valmistajilta näitä tietoja en saanut, joten keräsin tiedot paikallisilta jälleenmyyjiltä. Materiaalihinnasto löytyy taulukosta 2. Ulkoseinärakenteiden hinnoissa ei ole huomioitu puutavaran hintaa, koska kaikissa rakenteissa voidaan olettaa käytettävän yhtä paljon puutavaraa koolauksen ja julkisivupaneloinnin osalta. Todellinen rakenne tulee tältä osin hinnaston tietoja kalliimmaksi.

Taulukko 2. Rakennusmateriaalihinnasto.

| Rakennusmateriaalit - Hinnasto | | | | |
|---|--|---------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| Nimi | Mitat | Neliöhinta €/ m ² | Kuutiohinta €/ m ³ | |
| Tuulileijona * | 12 X 1200 X 2700 mm | 3,24 | 83,33 | |
| Paroc Cortex, tuulensuojavilla ** | 50 X 1200 X 1800 mm | 22,85 | 457,00 | |
| Vital Plus, puukuitulevy * | 50 X 565 X 870 mm | 4,48 | 89,54 | |
| Vital Plus, puukuitulevy * | 70 X 565 X 870 mm | 6,19 | 88,31 | |
| Vital Plus, puukuitulevy * | 100 X 565 X 870 mm | 8,71 | 87,08 | |
| Ekovilla, puukuitulevy ** | 50 X 565 X 870 mm | 4,39 | 87,80 | |
| Ekovilla, puukuitulevy ** | 75 X 565 X 870 mm | 6,43 | 85,73 | |
| Ekovilla, puukuitulevy ** | 100 X 565 X 870 mm | 8,23 | 82,25 | |
| Ekovilla, puukuitulevy ** | 125 X 565 X 870 mm | 10,24 | 81,90 | |
| Pellava, eristelevy * | 50 X 565 X 1320 mm | 4,85 | 97,00 | |
| Pellava, eristelevy * | 75 X 565 X 1320 mm | 7,28 | 97,07 | |
| Pellava, eristelevy * | 100 X 565 X 1320 mm | 9,70 | 97,00 | |
| Pellava, eristelevy * | 125 X 565 X 1320 mm | 12,13 | 97,04 | |
| Paroc eXtra XS, kivivillalevy ** | 100 X 565 X 1170 mm | 9,23 | 92,30 | |
| Paroc eXtra XS, kivivillalevy ** | 125 X 565 X 1170 mm | 11,45 | 91,60 | |
| Ulkoseinärakenteet - Hinnasto | | | | |
| Nimi | Rakenne | Pinta-ala [m ²] | Neliöhinta €/ m ² | Kokonais- hinta € |
| Vital Plus lisäeristys | Eriste 100mm + 50mm, Tuulileijona | 180 | 16,43 | 2957,40 |
| Ekovilla lisäeristys | Eriste 100mm + 50mm, Tuulileijona | 180 | 15,86 | 2854,80 |
| Pellava lisäeristys | Eriste 100mm + 50mm, Tuulileijona | 180 | 17,79 | 3202,20 |
| Paroc lisäeristys | Paroc eXtra XS 100mm + Paroc Cortex 50mm | 180 | 32,08 | 5774,40 |
| Lisähinta purun vaihtamisesta pellavalevyyn | Eriste 125mm | 180 | 7,28 | 1310,40 |
| Lisähinta purun vaihtamisesta puukuitulevyyn | Eriste 125mm | 180 | 10,24 | 1843,20 |
| Lisähinta purun vaihtamisesta kivivillalevyyn | Eriste 125mm | 180 | 11,45 | 2061,00 |
| Huom. Hinnoissa on huomioitu eristeiden materiaalikustannukset arvonlisäveroineen, ei työn osuutta. | | | | |
| Sokkelin eristäminen - Hinnasto | | | | |
| Nimi | Mitat | Pinta-ala [m ²] | Neliöhinta €/ m ² | Kokonais- hinta € |
| EPS 60S * | 50 X 600 X 1200mm | 96 | 3,07 | 294,72 |
| EPS 60S * | 100 X 600 X 1200mm | 96 | 6,14 | 589,44 |
| EPS 60S * | 150 X 600 X 1200mm | 96 | 9,21 | 884,16 |
| Paroc fas 4 -rappausaluseriste * | 50 X 600 X 1200mm | 96 | 14,60 | 1401,60 |
| Paroc fas 4 -rappausaluseriste * | 100 X 600 X 1200mm | 96 | 28,55 | 2740,80 |
| Paroc fas 4 -rappausaluseriste * | 150 X 600 X 1200mm | 96 | 43,15 | 4142,40 |
| Isodrän 65 mm / 60 kPa ** | 65 X 800 X 1200mm | - | 17,80 | - |
| Isodrän 65 mm / 70 kPa ** | 65 X 800 X 1200mm | - | 20,25 | - |
| Isodrän 65 mm / 95 kPa ** | 65 X 800 X 1200mm | - | 23,05 | - |
| Isodrän 65 mm / 110 kPa ** | 65 X 800 X 1200mm | - | 25,20 | - |
| Isodrän 65 mm / 170 kPa ** | 65 X 800 X 1200mm | - | 26,55 | - |
| Isodrän 65 mm / 200 kPa ** | 65 X 800 X 1200mm | - | 35,35 | - |
| * Hintatiedot perustuvat paikallisten rakennustarvikemyymälöiden keskihintoihin. | | | | |
| ** Hintatiedot perustuvat valmistajan antamiin hintatietoihin. | | | | |

Rakennusfysikaalisten ominaisuuksien lisäksi on tärkeää vertailla eristeiden aiheuttamia kustannuksia. Taulukosta 2 nähdään, että ulkoseinärakenteissa puukuitueristeet erottuivat edullisimmiksi, kun taas kivivillarakenne oli kallein. Kivivillarakenteessa tuulensuojavillan osuus kustannuksista on valtava. Käytettäessä tuulileijonalevyä tuulensuojaristeenä päästäisiin kivivillarakenteen kustannuksissa samaan hintaluokkaan muiden rakenteiden kanssa.

3.1 Seinäeristeet

Seinäeristeen valinnalla ja eristepaksuudella on suuri vaikutus rakennuksen lisäeristyksestä saatuun hyötyyn. Eristeen huono hygroskooppisuus voi aiheuttaa riskirakenteen höyrünsuluttomassa seinässä. Pieni lisäeristyspaksuus ei paranna rakenteen lämmöneristävyyttä tarpeeksi, kun taas liian suuri eristepaksuus jättää räystäspituuden olemattomaksi. Räystäspituuden jatkaminen peltikattorakenteessa lisää rakentamiskustannuksia huomattavasti.

Nykyään on olemassa monenlaisia eristemateriaaleja, jotka kukin toimivat omalla tavallaan. Valmistajat markkinoivat omia tuotteitaan kertomalla niiden hyvistä puolista, mutta jättämällä huonot puolet mainitsematta. Materiaalin valinnassa on tärkeää huomioida sen lämmönvastus, kosteudensietokyky, helppo käytettävyys sekä valmistajan antama ohjeistus.

3.1.1 Sahanpuru

Sahanpuru on voimakkaasti hygroskooppinen eristemateriaali. Eristeen suurimpia hyötyjä on sen hyvä kyky kestää kosteutta (Siikanen 1993, 50). Nykyään sahanpurua ei enää käytetä eristeenä huonon lämmöneristävyytensä takia, mutta vanhoja rakennuksia saneerattaessa puru voidaan jättää paikoilleen työmäärän vähentämiseksi sekä rakentamisen aikaisten kulujen pienentämiseksi.

Purun vaihtamisella nykyaikaiseen eristeeseen saataisiin energiatehokkaampi rakenne. Tällöin seinärakenne myös ohenisi 20 mm sahanpurua tukevan vinolaudoituksen poistuksessa.

Purun poistamisen haittoina on rakentamiskustannusten lisääntyminen kasvavan materiaalimenekin sekä lisääntyvän työmäärän muodossa. Työmäärään vaikuttaa erityisesti se,

että vanha runkojako ei ole yhteensopiva nykyaikaisten eristelevyjen ollessa tehty k600 runkojaolle. Jokainen eristelevy olisi näin leikattava erikseen mittaan sopivaksi. Sahanpurueristettä vaihdettaessa paremmin eristävään materiaaliin kannattaa eristeeksi harkita märkäpuhallettavaa ekovillaa, jolloin runkojakoa ei tarvitse miettiä. Levyeristettä käytettäessä on huomioitava eristeen leikattavuus. Työmäärää lisää erityisesti eristemateriaalit, jotka on leikattava sirkelillä.

3.1.2 Vital Plus

Vital Plus on kierrätyspahvista valmistettu puukuitueriste. Vital Plus on kehitetty aiemmin tunnetun valkoisen Vital-eristeen pohjalta. Vital Plussan lämmönjohtavuusluku λ_D on 0,037 W/mC. Tuote on ollut markkinoilla heinäkuusta 2010 lähtien. Tuotetta valmistaa Sepa Oy / Vital Finland. (Vital Finland Oy 2012) Eristeen leikkaamiseen on suositeltavaa käyttää sirkkeliä sen huonosta leikattavuudesta johtuen.

3.1.3 Ekovilla

Ekovilla on suomalaisen Ekovilla Oy:n kehittämä puukuitueriste. Ekovilla on Suomen suosituin eristemateriaali yläpohjan lisäeristykseen. Ekovillan lämmönjohtavuusluku λ_D on 0,040 W/mC. (Ekovilla Oy 2012.)

Levyeristysten lisäksi ekovillaeristys on mahdollista tehdä myös märkäpuhallusmenetelmällä. Ekovilla Oy:n kehittämän Eko-sidosaineen ansiosta märkäpuhallusmenetelmää on mahdollista käyttää myös pystyontelorakenteiden eristämiseen. Eko-sidosaine sekoitetaan ekovillaan asennuksen yhteydessä, jolloin se sitoo eristerakenteen yhtenäiseksi ja vähentää eristeen painumaa. Ruiskutustekniikkaa käytettäessä pystyontelon lämmöneneristeen tiheydeksi suositellaan noin 65 kg/m³, muissa rakenteissa sekä levytavaras-
sa materiaalimenekki jää huomattavasti pienemmäksi. Ruiskutustekniikalla toteutettua pystyontelon eristämistä ei voi suorittaa itse, vaan se vaatii ammattilaisen palkkaamista. (Ekovilla Oy 2012.) Hintavertailun yhtenäistämiseksi työssä on käytetty levyvillaa, joka on mahdollista asentaa itse.

3.1.4 Pellava

Pellavaeriste on puukuitueristeitä kalliimpi eriste. Pellavaeristeen ympäristökuormitus on alhainen ja sen viljely hidastaa kasvihuoneilmiötä. Asumisterveydelliseltä sekä asen-

nustavaltaan eriste muistuttaa puukuitueristettä. Tutkitun pellavaeristeen lämmönjohtavuusluku λ_D on 0,038 W/mC. Tuotetta valmistaa Isolina Oy. (Isolina Oy 2012.)

3.1.5 Kivivilla

Kivivillaeriste eroaa muista vertailtavista eristeistä sillä, ettei se pysty imemään itseensä kosteutta vaan kosteus tiivistyy eristeen pinnalle. Ei-hygroskooppiset materiaalitkaan eivät aina tarvitse höyrynsulkua toimiakseen, mutta kivivillan valmistaja ohjeistaa laittamaan ainakin yhden tiiviin ilmansulun rakenteeseen vesihöyrynläpäisevyyden pienentämiseksi. Paroc eXtra–kivivillaeristeen lämmöneristyskyky on hieman muita eristeitä parempi. Hintaluokaltaan kivivilla ei eroa merkittävästi muista vertailtavista seinäeristeistä, paitsi tuulensuojavillan osalta. Tuulensuojavillaa käyttäessä rakenne tulee selvästi kalliimmaksi. Paroc eXtran lämmönjohtavuusluku λ_D on 0,036 W/mC ja tuulensuojavilla Paroc Cortexin lämmönjohtavuusluku λ_D on 0,033 W/mC.

3.2 Yläpohjaeristeet

Yläpohjan lisäeristeenä käytetään samaa eristettä kuin seinärakenteissa.

3.3 Sokkelieristeet

Sokkelin maanpinnan yläpuolisessa eristämisessä on käytettävä sellaista eristemateriaalia, joka lämmöneristävyyden lisäksi pystyy läpäisemään vesihöyryä. Materiaali on myös rapattava sokkelin näköiseksi rakennuksen ulkonäöllisistä syistä. Yleisimmin käytettyjä sokkelieristeitä ovat EPS–levy sekä kivivillalevy. Rakenteeltaan ne ovat erilaisia eristeitä.

3.3.1 EPS

EPS, joka tunnettiin aiemmin nimellä styrox, on paisutettua polystyreenimuovia. Lämmöneristävyyksensä perustuu sen rakenteessa olevaan liikkumattomaan ilmaan. Vertailtavaksi EPS–eristeeksi on valittu Styrox EPS 60S–eriste. Tuote on kotimainen, sertifioitu tuote, joka täyttää rakentamismääräysten vaatimukset. Tuotteella on myös EPS 2000–tuoteluokitus. Tämän eristeen lämmönjohtavuusluku λ_D on 0,039 W/mC. Vesihöyrynlä-

päisevyysarvo tuotteella on $5 \dots 7 \cdot 10^{-12}$ kg/msPa. Tuotetta valmistaa mm. Solupak Oy ja Styroplast Oy. (ThermiSol Oy 2012.)

3.3.2 Kivivilla-rappausaluseriste

Kivivilla on nimensä mukaisesti valmistettu kivestä. Kivivillan raaka-aineesta kiveä on yli 95 %. Lisäksi siinä on kovetettua hartsia ja öljyä. Vertailtavaksi kivivillaeristeeksi on valittu Paroc fas 4-rappausaluseriste. Tällä eristeellä on hieman EPS-eristettä parempi lämmönvastusluku; λ_D on 0,038 W/mC. Kivivillan valmistaja ohjeistaa laittamaan rakenteen sisäpintaan vesihöyrynpitävän rakennuspaperin. (Paroc Group 2012.) Hinnalltaan Paroc-eriste on huomattavasti EPS-eristettä kalliimpi ratkaisu (taulukko 2).

3.4 Maanpinnan alapuolinen eristäminen

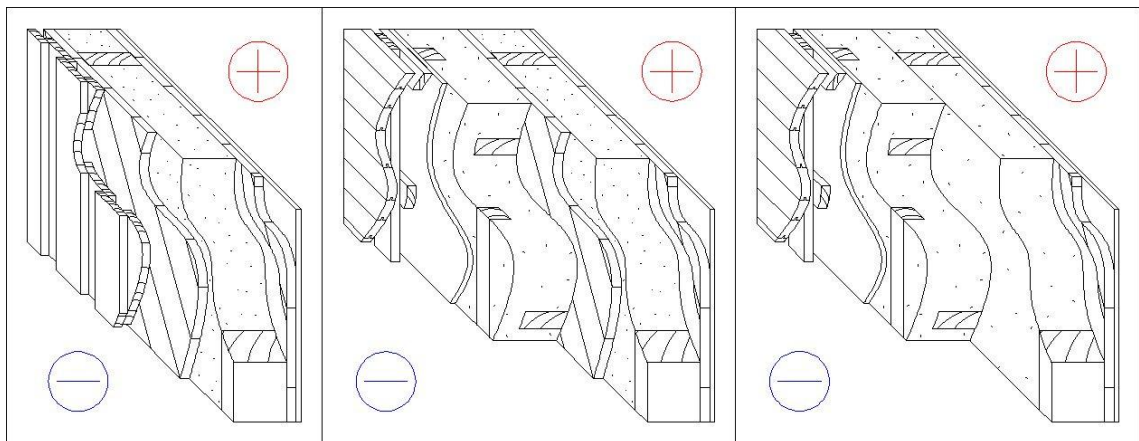
Maanpinnan alapuolisessa eristämisessä tulee myös käyttää vesihöyryä läpäisevää eristettä. Tutkittavaksi eristeeksi on valittu Isodrän-levy, joka on ominaisuuksiltaan todella monipuolinen. Isodrän-levy on samaa materiaalia kuin EPS. Isodrän on tehty suuremmista palloista, halkaisijaltaan 5 – 10 mm, jonka ansiosta rakenne ei siirrä kosteutta kapillaarisesti, mutta päästää vesihöyryn lävitseen. Valitettavasti tässä kohteessa Isodrän-levyn kaikki ominaisuudet eivät pääse oikeuksiinsa. Rakennus sijaitsee soraharjun päällä, jossa pohjavesi on todella syvällä eikä esimerkiksi salaojitusta tarvita. Materiaalikustannukset kasvavat selvästi Isodrän-levyä käytettäessä (taulukko 2).

4 Lisäeristysten vaikutus rakennuksen ulkonäköön

Seinien ulkopuolisessa lisälämmöneristämisessä seinän paksuus kasvaa ulospäin. Tämä on seurausta lisääntyneen eristemäärän lisäksi myös seinärakenteeseen jätettävästä tuuletusraosta. Räystäspituus pienenee, ellei samassa yhteydessä tehdä myös kattoremonttia. Räystäspituuden pieneneminen vaikuttaa suuresti rakennuksen ulkonäköön sekä toimintaan. Yleisiä ohjeistoja tai määräyksiä räystäspituudelle ei ole annettu. Kohteen räystäspituus ennen lisäeristystä on rakennuksen päädyissä 450 – 500 mm ja sivuilla 600 mm. Seinien lisäeristyksessä on pyritty parantamaan vaipan lämmöneristävyyttä niin, ettei räystäspituus kuitenkaan pienene liikaa. Vertailluissa rakenneratkaisuissa räystäspituus pienenee kymmenestä kahteenkymmeneen senttiä (taulukko 3). Raken-

nuksen päädyissä, joissa räystäspituus on pienempi, voidaan käyttää hieman pienempää eristepaksuutta. Kuvassa 1 on vasemmalta lähtien esitelty nykyinen seinäleikkaus, uusi lisäeriste purueristeen kanssa sekä uusi seinärakenne purueriste poistettuna.

Tuuletusraon suuruudeksi on valittu 40 mm. Kun tuuletusrakoon tehdään ristikoolaus, pystytään helposti parantamaan rakennuksen ulkonäköä käyttämällä sekä pysty- että vaakapaneelia julkisivussa. Ristikoolatussa tuuletusraossa on sekin hyvä puoli, että ilma pääsee kulkemaan joka suuntaan, eikä vain pystysuunnassa.



Kuva 1. Vasemmallalla on nykyisen seinärakenteen leikkauskuva, keskellä lisäeristetyin purueristeyksen seinän leikkauskuva ja oikealla leikkauskuva lisäeristetyistä seinästä, jossa vinolaudoitus on poistettu ja sahanpuru korvattu uudella eristeellä.

5 Lämpötekniiset ominaisuudet

Tässä luvussa on tutkittu rakenteiden lämpötekniisiä ominaisuuksia. Lisäeristäminen keskittyy pääasiassa seinärakenteisiin muiden rakenteiden vaikean eristettävyyden tai jo aiemmin lisätyn eristepaksuuden vuoksi. Seinärakenteita on vertailtu U-arvolaskennalla, joka ilmoittaa rakenteen läpi kulkevaa lämpövirtaa. Lisäksi on tutkittu lisäeristämisen vaikutusta rakenteen poikkileikkauksen lämpöjakaumaan stationäärisessä tilassa.

Sokkelieristämisessä on huomioitu maanpinnan yläpuolisen ja alapuolisen eristämisen vaatimukset eristemateriaaleille. Maanpinnan yläpuolisessa eristämisessä on käytettävä erilaista materiaalia kuin alapuolisessa eristämisessä. Sokkelieristeitä vertaillessa on tutkittu eristeiden vaikutusta sisätilojen pintalämpötiloihin talviolosuhteissa.

Oman haasteensa eristämiseen tuo muista tiloista poikkeava harrastetila, joka on rakennettu myöhemmässä vaiheessa kylmän varastotilan sisään. Tila on heikosti eristetty ja se on rakennettu rossipohjan päälle.

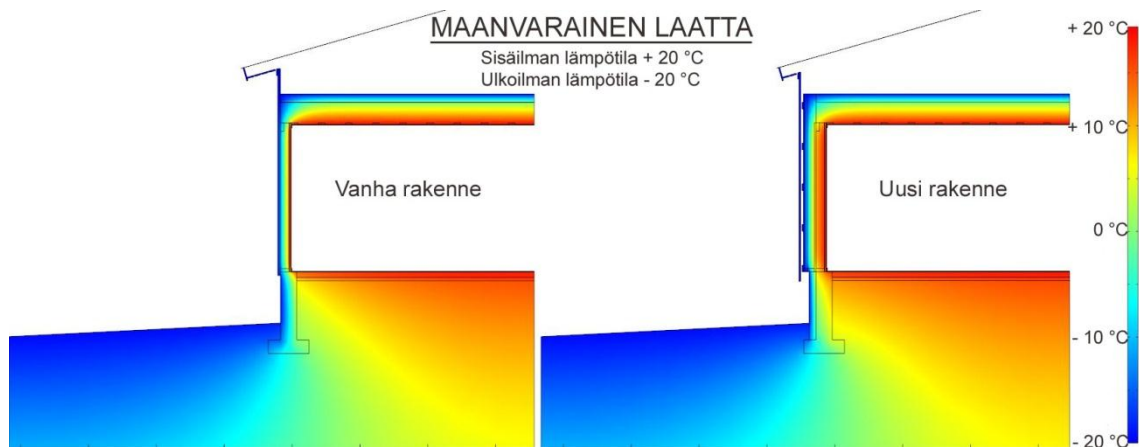
5.1 Seinärakenteiden U-arvot

Lisäeristykseen päätarkoituksena on pienentää rakenteiden lämmönjohtamiskykyä. Lämmönjohtamiskykyä pienentämällä vähennetään rakenteiden läpi kulkevaa lämpövirtaa ja säästetään rakennuksen lämmityskuluissa. Mitä suurempi lämmönvastus rakenteella on, sitä pienempi on rakenteen U-arvo.

Taulukko 3. Rakenteiden U-arvot.

| Rakenteiden U-arvo -vertailu | | | |
|--|--|--|--------------------------------------|
| Rakeneratkaisu | Julkisivun kasvu ulospäin 40mm tuuletusraolla | Lämmönvastus R [m²C/W] | U-arvo [W/m²C] |
| Vanha rakenne | - | 1,77 | 0,57 |
| Vital Plus 100mm + sahanpuru | 138 mm | 4,55 | 0,22 |
| Vital Plus 150mm + sahanpuru | 188 mm | 5,90 | 0,17 |
| Vital Plus 100mm + 125mm | 116 mm | 6,72 | 0,15 |
| Vital Plus 150mm + 125mm | 166 mm | 8,07 | 0,12 |
| Ekovilla 100mm + sahanpuru | 138 mm | 4,35 | 0,23 |
| Ekovilla 150mm + sahanpuru | 188 mm | 5,60 | 0,18 |
| Ekovilla 100mm + 125mm | 116 mm | 6,26 | 0,16 |
| Ekovilla 150mm + 125mm | 166 mm | 7,51 | 0,13 |
| Pellava 100mm + sahanpuru | 138 mm | 4,48 | 0,22 |
| Pellava 150mm + sahanpuru | 188 mm | 5,80 | 0,17 |
| Pellava 100mm + 125mm | 116 mm | 6,56 | 0,15 |
| Pellava 150mm + 125mm | 166 mm | 7,88 | 0,13 |
| Kivillä 125mm + 100mm + tuulensuojavilla 50mm | 154 mm | 8,17 | 0,12 |

Taulukosta 3 nähdään, että vanhojen rakennusten seinärakenteiden U-arvoa pystytään parantamaan huomattavasti lisälämmöneristyksellä. Vertailuilla seinärakenteilla U-arvo on 0,12 – 0,23 W/m²C. Vanhassa rakenteessa U-arvo on niinkin huono kuin 0,57 W/m²C. Pellavaeriste on hyvin samankaltainen lämmöneristävyydeltään puukuitueristeiden kanssa. Taulukosta nähdään myös, että lisäeristykseen yhteydessä tehty purun vaihtaminen uuteen eristeeseen pienentää seinärakenteen lämmönhukkaa noin 30 %.



Kuva 2. Rakenteen lämpöjakauma.

Kuva 2 esittää rakenteiden sisäisten osien lämpöjakaumaa, kun uutena rakenteena on käytetty sahanpurueristystä lisäeristettynä 150 mm Vital Plus–eristeen kanssa. Kuvasta nähdään, että uudessa ulkoseinärakenteessa sahanpurueriste on selvästi korkeammassa lämpötilassa, jolloin se pääsee kuivumaan paremmin vähentäen sen kosteuspitoisuutta ja parantaen lämmöneristyskykyä. Kuvasta nähdään myös, että uusi rakenne on huomattavasti lämpimämpi alanurkan alueella. Tähän vaikuttaa erityisesti sokkelin eristäminen.

5.2 Yläpohjan lisäeristys

Rakennuksen yläpohjassa on kolme erilaista eristyskokonaisuutta. Vanhan asuintilan puolella yläpohja on eristetty kaikkein parhaiten. Alkuperäisen 300 mm purueristeen päälle on laitettu 400 mm mineraalivillaa. Oleskelutilan yläpohjassa purun päälle lisätyn mineraalivillan määrä on pienempi, vain 125 mm. Vaikka nämä eristemateriaalit ovat erilaisia fysikaaliselta toiminnaltaan, ei rakenteissa ole ilmennyt kosteusvaurioita. Mineraalivillan käyttäminen eristeenä ilman kunnollista ilman- tai höyrünsulkua aiheuttaa aina riskin rakenteen kosteusvaurioon. Tässä tapauksessa rakenteet ovat toimineet moitteettomasti jo vuosikymmeniä, eivätkä siitä syystä aiheuta toimenpiteitä suurimittaiseen eristeiden vaihtamiseen. Lämmöneristyksen yhteydessä kannattaa kuitenkin varmistaa yläpohjan eristeiden kunto ja mahdolliset kosteuden tiivistymiset. Eristeiden kuntoa on myös hyvä tarkkailla säännöllisin väliajoin.

Yläpohjan lisäeristys tulee kyseeseen vain harrastetilan kohdalla. Eristepaksuutta kasvatetaan vähintään 100 – 150 mm. Nykyisin yläpohjan eristepaksuutena on yleensä 400mm. Vanha mineraalivillaeriste poistetaan ja korvataan samalla puukuitu- tai pella-vaeristeellä, jota käytetään seinärakenteiden lisäeristeenä.

5.3 Sokkelieriste

Sokkeli eristetään ulkopuolisesti rapatulla eristelevyllä. Valmistajan ohjeiden mukaan levyn asennussyvyys tulee olla vähintään 500 mm maanpinnan alapuolella. Eristelevynä voidaan käyttää esimerkiksi EPS- tai kivivillalevyä. Näiden suurin eroavaisuus on tekniikassa, jolla levy saadaan pinnoitettua sokkelinnäköiseksi. Maanpinnan alapuoliossa eristämässä voidaan käyttää Isodrän-levyä, joka toimii lämmöneristeen lisäksi sokkelinvastaisena pystysalajana erikoisen rakenteensa ansiosta.

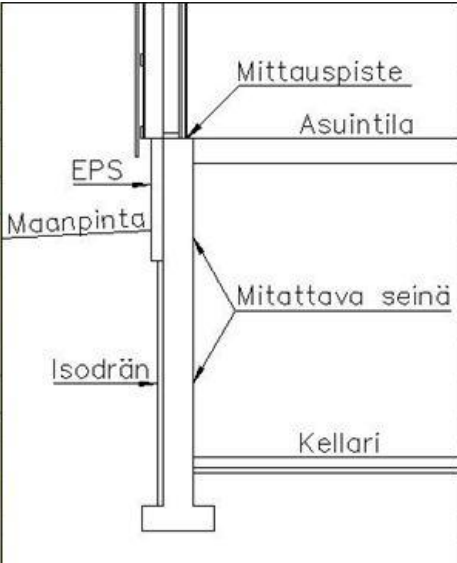
Seinän lisäeristyksen myötä saadaan sokkeli eristettyä jopa 150 mm paksuudelta, niin haluttaessa. Kivivillaeristeen moninkertaisen hinnan vuoksi (taulukko 2) eristemateriaaliksi valitaan EPS 60S –eristelevy, jota on saatavilla 50 – 150 mm paksuisina.

Sokkelin eristämässä on huomioitava, ettei portaiden kohtaan jää kylmäsiltoja. Säilytettäviä portaita on siirrettävä kauemmas sokkelista, jotta portaiden ja sokkelin väliin voidaan asentaa eristelevy. Portaot, jotka eivät ole enää käytössä, poistetaan kokonaan.

Sokkelieristeen paksuutta valittaessa tärkeänä kriteerinä on eristeen vaikutus sisätilojen pintalämpötiloihin. Taulukosta 4 nähdään kuinka Comsol multiphysics 4.2-ohjelmalla on saatu mallinnettua tilanne, jossa olosuhteet asuintilassa, kellarissa ja ulkona pysyvät samana, mutta sokkelieristeen paksuus vaihtelee. Tilannetta mallintaessa ei ole pystytty huomioidaan lumen eristävää vaikutusta. Vanhassa rakenteessa sokkelin ulkopinta on talvisin niin lämmin, että lumi sulaa pois muutaman sentin etäisyydeltä sokkelista.

Taulukko 4. Pintalämpötilat.

| Sokkelieristeen vaikutus sisätilojen pintalämpötiloihin | |
|--|-------------------------------|
| Lähtötiedot | Lämpötila sisällä: + 20 °C |
| | Lämpötila kellarissa: + 15 °C |
| | Lämpötila ulkona: - 20 °C |
| Asuintilan ulkoseinän vastaisen alanurkan pintalämpötila | |
| EPS 0 mm | 12,94 °C |
| EPS 50 mm | 15,63 °C |
| EPS 100 mm | 16,42 °C |
| EPS 150 mm | 16,79 °C |
| EPS 100 mm + Isodrän 65 mm | 16,43 °C |
| Kellarin seinän keskimääräinen pintalämpötila | |
| EPS 0 mm | 12,39 °C |
| EPS 50 mm | 12,95 °C |
| EPS 100 mm | 13,13 °C |
| EPS 150 mm | 13,24 °C |
| EPS 100 mm + Isodrän 65 mm | 13,90 °C |

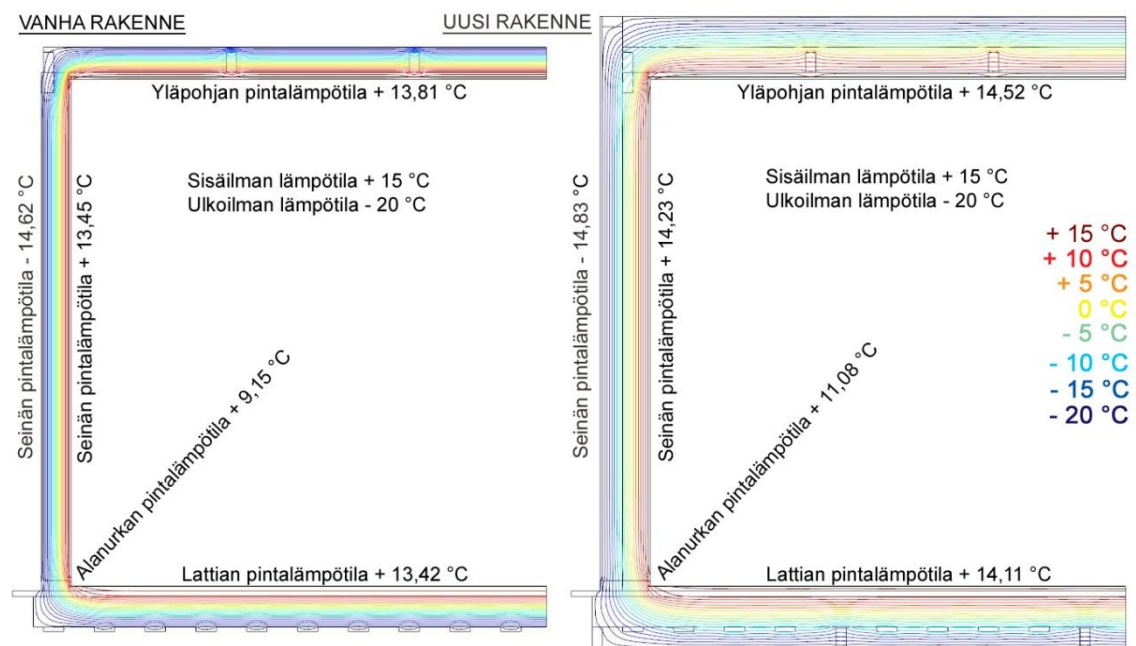


The diagram illustrates a cross-section of a basement wall. On the left, the ground level is labeled 'Maanpinta'. The wall structure includes an 'EPS' insulation layer on the exterior side and an 'Isodrän' layer below the ground level. The interior side of the wall is labeled 'Mittattava seinä'. A 'Mittauspiste' (measurement point) is indicated on the interior wall surface. The space above the ground level is labeled 'Asuintila' (living area), and the space below is labeled 'Kellari' (basement).

Eristepaksuuden kasvaessa eristeen lisäkasvusta saatava hyöty pienenee. Taulukosta 4 huomataan kuinka pintalämpötilan kasvu on suurimmillaan eristepaksuuksien 0 – 50 mm välillä ja pienimmillään paksuuksien 100 – 150 mm välillä. Sokkelieristeen maksimipaksuutena voidaan pitää seinäeristeen lisäpaksuutta. Näin toimiessa rakenne pystytään toteuttamaan helposti. Sisätilojen pintalämpötiloja vertailtaessa huomataan kuinka 100 mm eristeellä saavutetaan lähes yhtä hyvät arvot kuin 150 mm eristeellä. Maanpinnan alapuolisella eristämällä ei ole merkittävää vaikutusta reuna-alueiden pintalämpötiloihin varsinkin, kun huomioidaan kellaritilojen vähäinen käyttöaste.

5.4 Harrastetilan lisäeristys

Koska harrastetila poikkeaa rakenteeltaan niin paljon muista tiloista, on se eritelty omaksi kappaleekseen. Tämä 21 m² kokoinen tila on rakennettu myöhemmässä vaiheessa kylmän varaston sisään, rossipohjan päälle. Tila on eristetty ohuelti mineraalivillalla, jota on rakenteissa 125 – 150 mm paksuudelta. Tilaa ei pidetä täysin lämpimänä normaalikäytössä, vaan verhoilla eristettynä muusta oleskelualueesta. Lämpökuvauksessa kävi ilmi, että rakenteen pintalämpötila oli alimmillaan vain + 4,3 °C. Tämä pintalämpötila mitattiin varaston vastaisesta alanurkasta. Rakenne mallinnettiin Comsol multiphysics 4.2-ohjelmalla (kuva 3).



Kuva 3. Harrastetilan lämpöjakauma.

Kuvasta 3 nähdään, kuinka lämpökuvauksessa saadut tulokset eivät täysin täsmää mallintaessa saatuihin tuloksiin. Mallinnusohjelman mukaan rakenteen alanurkan pintalämpötilan tulisi olla + 9,15 °C. Lämpökuvauksessa kyseisen alanurkan alimmaksi lämpötilaksi mitattiin + 7,1 °C. Lämpökuvauksen aikana olosuhteet olivat hieman paremmat kuin ohjelman lähtöarvoiksi on syötetty, joten periaatteessa mitatun lämpötilan tulisi olla hieman suurempi kuin mallinnetussa tapauksessa. On kuitenkin muistettava, ettei ohjelma huomioi mahdollisia rakennusvirheitä, tai rakenteiden kunnon huononemista. Tässä tapauksessa rakenteen alapohjan eristeet ovat paikallaan harvalaudoituksen varassa. Tästä syystä esimerkiksi pieneläimet ovat voineet päästä eristeisiin käsiksi. Uudessa rakenteessa eristepaksuutta on lisätty noin 100 mm, tämän lisäksi mineraalivilla on vaihdettu puukuitueristeeseen. Rossipohjassa on noin 800 mm ryömintätila. Mikäli on mahdollista, alapohjaan tehdään 100 mm lisälämmöneristys rakenteen alapuolelta, joka suojataan tuulensuojalevyllä ja tiheällä laudoituksella. Alapohjarakenne on mahdollista purkaa ja eristää myös yläpuolelta, mutta tällöin sisätiloihin syntyisi rappunen korkeamman rakenteen takia. Käyttömukavuuden vuoksi tällaista ratkaisua pyritään välttämään.

6 Kosteustekniset ominaisuudet

Rakenteiden toimivuuden kannalta on tärkeää tarkastella niiden kosteusteknistä käyttäytymistä. Rakenteet, joissa on kosteusvaurio sisältävät suuren riskin mikrobikasvuston kehittymiseen. Mikrobikasvustot rakenteissa voivat aiheuttaa terveydellistä haittaa asukkaille. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 10.)

Rakenteiden kosteusteknisiä ominaisuuksia on tutkittu kastepistelämpötilan, diffuusiolaskujen sekä vesihöyrynvastussuhteiden avulla. Kastepistelämpötila kannattaa tarkistaa aina lämpökuvauksen yhteydessä. Tällöin pystytään selvittämään kuinka lähellä vesihöyryn tiivistyminen rakenteiden sisäpinnoille on. Diffuusiolaskuissa selviää tiivistyykö vesihöyry rakenteiden sisään. Vesihöyrynvastussuhde kertoo rakenteen sisäpinnan vesihöyrynvastuksen suuruuden ulkopintaan nähden. Riittävän suurella vesihöyrynvastussuhteella pystytään varmistamaan rakenteisiin pääsevän vesihöyryn vaivaton ulospääsy rakenteista.

6.1 Kastepistelämpötila

Kastepistelämpötila kertoo, missä lämpötilassa vesihöyry tiivistyy vedeksi. Kastepistelämpötilaan vaikuttaa lämpötilan lisäksi ilmassa olevan vesihöyryn määrä. Kondensoituminen on sitä todennäköisempää, mitä kylmempää ilma on ja mitä enemmän siinä on vesihöyryä.

Taulukko 5. Kosteus.

| Kosteus | | | | | | | |
|---------------------|--------------------|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Lämpötila t [°C] | Suht.kost. RH-% | vesih.pit. vk [g/m ³] | vesihöyryn paine pk [Pa] | Lämpötila t [°C] | Suht.kost. RH-% | vesih.pit. vk [g/m ³] | vesihöyryn paine pk [Pa] |
| -20 | 100 | 0,88 | 102 | 6 | 100 | 7,31 | 941 |
| -19 | 100 | 0,95 | 111 | 7 | 100 | 7,80 | 1008 |
| -18 | 100 | 1,04 | 122 | 8 | 100 | 8,32 | 1079 |
| -17 | 100 | 1,14 | 135 | 9 | 100 | 8,87 | 1154 |
| -16 | 100 | 1,25 | 149 | 10 | 100 | 9,45 | 1234 |
| -15 | 100 | 1,38 | 164 | 11 | 100 | 10,06 | 1318 |
| -14 | 100 | 1,52 | 181 | 12 | 100 | 10,71 | 1408 |
| -13 | 100 | 1,67 | 200 | 13 | 100 | 11,39 | 1502 |
| -12 | 100 | 1,83 | 221 | 14 | 100 | 12,10 | 1603 |
| -11 | 100 | 2,01 | 243 | 15 | 100 | 12,86 | 1708 |
| -10 | 100 | 2,20 | 266 | 16 | 100 | 13,65 | 1820 |
| -9 | 100 | 2,40 | 292 | 17 | 100 | 14,49 | 1939 |
| -8 | 100 | 2,61 | 319 | 18 | 100 | 15,37 | 2064 |
| -7 | 100 | 2,84 | 348 | 19 | 100 | 16,30 | 2197 |
| -6 | 100 | 3,08 | 379 | 20 | 100 | 17,28 | 2337 |
| -5 | 100 | 3,33 | 412 | 21 | 100 | 18,31 | 2484 |
| -4 | 100 | 3,60 | 447 | 22 | 100 | 19,40 | 2640 |
| -3 | 100 | 3,89 | 485 | 23 | 100 | 20,54 | 2805 |
| -2 | 100 | 4,19 | 524 | 24 | 100 | 21,74 | 2979 |
| -1 | 100 | 4,51 | 566 | 25 | 100 | 23,00 | 3162 |
| 0 | 100 | 4,85 | 611 | 26 | 100 | 24,32 | 3355 |
| 1 | 100 | 5,21 | 658 | 27 | 100 | 25,71 | 3559 |
| 2 | 100 | 5,58 | 708 | 28 | 100 | 27,17 | 3773 |
| 3 | 100 | 5,98 | 762 | 29 | 100 | 28,70 | 3999 |
| 4 | 100 | 6,40 | 818 | 30 | 100 | 30,31 | 4237 |
| 5 | 100 | 6,84 | 878 | 80 | 100 | 289,08 | 47084 |

Sisätilojen keskilämpötilaksi mitattiin +22 °C, suhteelliseksi kosteudeksi [RH-%] mitattiin noin 23 %. Tästä saadaan laskettua absoluuttiseksi kosteudeksi 4,46 g/m³. Taulukosta 5 nähdään, että tällä kosteusmäärällä lämpötilan pitäisi olla alle 0 °C, jotta vesihöyry tiivistyisi rakenteiden pintaan.

On olemassa eristemateriaaleja, jotka pystyvät imemään itseensä kosteutta jopa yli viidenneksen painostaan ja luovuttamaan sitä silloin, kun suhteellinen kosteus laskee tietyn verran kastepisteen alapuolelle. Näitä materiaaleja, joita mm. puru, puukuitu ja pellava ovat, kutsutaan hygroskooppisiksi materiaaleiksi. Kosteus ei vaurioita rakennetta, mutta märällä ja tiheällä eristeellä on kuivaa ja huokoista eristettä heikompi lämmöneristyskyky sekä parempi kosteudensiirtokyky. Hygroskooppisilla materiaaleilla lämmönjohta-

vuus kasvaa materiaalista riippuen enintään 19 %, kun kosteuspitoisuus nousee 0 %:sta 97 %:iin (Korpi, Vinha, Valovirta, Mikkilä & Käkälä 2007, 193).

6.2 Diffuusio

Kaikista rakennevaihtoehdoista tehtiin diffuusiolaskelmat (liite 4). Diffuusiolaskelmilla selvitettiin mahdollinen veden tiivistyminen rakenteisiin. Laskelmissa käytettiin ilmatieteenlaitokselta saatuja tietoja alueen keskilämpötiloista talvisin ja kesäisin. Tiedot on kerätty vuosina 1981 – 2000.

Vinha ym. (2005, liite 3) ovat Tampereen teknillisessä yliopistossa tutkineet useiden materiaalien vesihöyrynvastuksia kolmessa eri lämpötilassa, jotka ovat noin +22 °C, +5 °C ja -10 °C. Näistä tutkimuksista saatuja tuloksia on hyödynnetty rakenteiden diffuusiolaskelmissa. Laskelmissa on huomioitu materiaalien sijainti rakenteessa, jolloin vesihöyrynvastuksena on talviolosuhteissa voitu käyttää rakenteen ulkopinnassa -10 °C, keskellä rakennetta +5 °C ja rakenteen sisäpinnassa +22 °C lämpötilassa mitattuja arvoja. Diffuusiolaskelmat eivät huomioi hygroskooppisen massan kosteutta tasaavaa vaikutusta, kapillaarista kosteudensiirtymistä rakenteen läpi, seinän sisäisiä ilmavirtauksia eikä tuuletuksen vaikutusta kosteuden poistumiseen.

Taulukko 6. Diffuusiovertailu.

| Diffuusiovertailu | | | |
|---|--|--|--|
| Talviolosuhteet | Tiivistyykö kosteus rakenteeseen keskimääräisissä talviolosuhteissa? | Suhteellinen kosteus tuulensuojalevyn tai vastaavan rakenneosan sisäpinnassa | Ulkoilman lämpötila, jossa kosteus tiivistyy |
| Rakennerratkaisu | | | |
| Vanha rakenne | ei | 93,58 % | - 11,1 °C |
| Vital Plus 100mm + sahanpuru | ei | 64,76 % | - 33,3 °C |
| Vital Plus 150mm + sahanpuru | ei | 63,72 % | - 36,6 °C |
| Vital Plus 100mm + 125mm | ei | 81,77 % | - 21,2 °C |
| Vital Plus 150mm + 125mm | ei | 83,07 % | - 20,7 °C |
| Ekovilla 100mm + sahanpuru | ei | 64,53 % | - 32,9 °C |
| Ekovilla 150mm + sahanpuru | ei | 63,69 % | - 36,0 °C |
| Ekovilla 100mm + 125mm | ei | 81,15 % | - 21,4 °C |
| Ekovilla 150mm + 125mm | ei | 82,54 % | - 20,9 °C |
| Pellava 100mm + sahanpuru | ei | 64,91 % | - 33,0 °C |
| Pellava 150mm + sahanpuru | ei | 64,06 % | - 36,2 °C |
| Pellava 100mm + 125mm | ei | 81,61 % | - 21,2 °C |
| Pellava 150mm + 125mm | ei | 82,94 % | - 20,7 °C |
| Kivivilla 125mm + 100mm + tuulensuojavilla 50mm | ei | 55,11 % | - 29,0 °C |

Diffuusiolaskelmista kerätyt tulokset taulukossa 6 todistavat, ettei vesihöyryn diffuusio aiheuta vertailtuihin rakenteisiin kosteusteknistä riskiä. Laskelmat kuvastavat rakenteiden diffuusioikäyttyymistä sisäilman lämpötilan ollessa +22 °C ja ulkoilman lämpötilan -9,5 °C. Sisäilman suhteellisena kosteutena [RH-%] on käytetty arvoa 23 % ja ulkoilman 85%. Nämä arvot mitattiin lämpökamerakuvauksen yhteydessä, jolloin myös sisäilman ja ulkoilman lämpötilat olivat 1 °C tarkkuudella samat kuin laskelmissa. Laskelmia voidaan näin ollen pitää varsin luotettavina. Vertailluista rakenteista 150 mm paksu Vital Plus -lisäeristys sahanpurueristeen kanssa kestää kovimpia pakkasia ennen kuin rakenteisiin tiivistyy kosteutta.

6.3 Vesihöyrynvastussuhde

Rakennuksen ulkopuolisessa lisälämmöneristämässä on huomioitava tiettyjä asioita, jottei toimivasta rakenteesta tehtäisi riskirakennetta. Eristeen on oltava sitä huokoisempaa mitä lähempänä se on ulkopintaa. Rakenne pyritään kokoamaan siten, että rakenteesta poistuva kosteus ei pääse tiivistymään rakenteen sisään. Kosteuden hetkellinen tiivistyminen rakenteeseen ei yleensä aiheuta vauriota, mutta pidempiaikaisesta tiivistymisestä voi seurauksena esimerkiksi syntyä hometta. Yleisin paikka kosteuden tiivistymiselle seinärakenteessa on tuulensuojalevyn sisäpinta. (Björkholtz 1997, 64.)

Rakentamismääräyskokoelma C2 ohjeistaa, että sisäpinnan vesihöyrynvastuksen tulisi olla vähintään viisinkertainen ulkopinnan vesihöyrynvastukseen. Tätä kerrointa voidaan pitää vain karkeana ohjeistuksena Tampereen Teknillisessä Yliopistossa tehdyn tutkimuksen mukaan. Vesihöyrynvastussuhteeseen vaikuttaa erityisesti tuulensuojamateriaali sekä käytetyn lämmöneristeen hygroskooppisuus. Käytettäessä hyvin lämpöä eristävää ja vesihöyryä läpäisevää tuulensuojalevyä sekä voimakkaasti hygroskooppista lämmöneristettä saadaan pienennettyä rakenteen sisäpinnalta vaadittua vesihöyrynvastusta. Vaadittu vesihöyrynvastussuhde määritettiin niin, ettei tuulensuojan sisäpintaan muodostunut yli 34vrk yhtäjaksoista kondensoitumisaikaa. Tutkimuksessa käytetyksi referenssivuodeksi valittiin 120 vuoden tarkasteluryhmästä 13. kriittisin vuosi. Näin ollen vain joka kymmenes vuosi rakenteiden kohtaamat olosuhteet ovat haasteellisemmat kuin tutkimuksessa. Diffuusiota tarkastellessa referenssivuotena on käytetty Sodankylästä 1985 – 1986 mitattuja arvoja. (Vinha 2007, 89-94.)

Taulukko 7. Vesihöyrynvastussuhde.

| Sisä- ja ulkopinnan vesihöyrynvastussuhteen minimiarvoja | | | |
|---|---------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Tuulensuoja | Lämmöneriste | | |
| | Ei-hygroskooppinen | Hygroskooppinen | Voimakkaasti hygroskooppinen |
| Lasivillalevy 30 mm | 4:1 | 2:1 | 2:1 |
| Huokoinen kuitulevy 25 mm | 9:1 | 8:1 | 2:1 |
| Huokoinen kuitulevy 12 mm | 18:1 | 15:1 | 3:1 |
| Kipsilevy 9 mm | 20:1* | 21:1 | 10:1 |
| Kovalevy 4,8 mm | 14:1 | 28:1 | Ei hyväksyttävä |
| Tähdellä (*) merkityssä tapauksessa mitoittavana tekijänä oli homehtumisriski | | | |

25 mm runkoleijonalevyllä on puolet ohuempaa tuulileijonalevyä pienempi rakenteen sisäpinnan vesihöyrynvastusvaatimus. Huomionarvoista on, että vanha sahanpurueriste luetaan voimakkaasti hygroskooppiseksi eristeeksi kun taas uudet puukuitu- ja pellavaeristeet ovat hygroskooppisia eristeitä. (Vinha 2007, 97-99.) Tässä tapauksessa vesihöyrynvastussuhde on tuulileijonaa käytettäessä 16,5:1 ja runkoleijonaa käytettäessä 11:1. Taulukosta 7 nähdään, että molemmilla tuulensuojaratkaisuilla vesihöyrynvastussuhde on hyväksyttävällä tasolla.

7 Puutteet rakenteissa

Lisäeristämisen yhteydessä kannattaa seinärakenteiden lisäksi parantaa myös seinärakenteissa olevien aukkojen, kuten ovien ja ikkunoiden, lämmöneristävyttä. Lämpökuvauksessa kävi ilmi joitain huonosti tiivistettyjä kohtia (liite 3, osat 6, 8-10), joiden korjaamiseen tai uusimiseen kiinnitetään huomiota.

7.1 Pääsisäänkäynnin vetoisuus

Pääsisäänkäynnin ulko-ovi uusitaan huonon ilmatiiviyden vuoksi (liite 3, osa 6). Useat puolilämpimiin tiloihin vievät ovet ovat puutteellisesti tiivistettyjä (liite 3, osa 9). Näi-

den ovien tiivistämisellä saadaan pienennettyä rakennuksen lämmönhukkaa. Samalla pienennetään vetoisuuden tunnetta ovien vaikutusalueella.

7.2 Ikkunoiden eristävyiden parantaminen

Oleskelutilan näyttävimpänä piirteenä on neljä suurta liiketilan aikaista näyteikkunaa, jotka kasvattavat rakennuksen energiankulutusta. Oleskelutilan avaruus halutaan kuitenkin säilyttää suuren ikkunapinta-alan muodossa.

Vanhoissa rakennuksissa kannattaa lähtökohtaisesti pyrkiä korjaamaan vanhat ikkunat sen sijaan, että hankkisi uudet ikkunat. Ikkunoiden standardikoot ovat muuttuneet aikojen saatossa, eikä vanhoihin ikkuna-aukkoihin sopivia ikkunoita välttämättä ole saatavilla. Tässä tapauksessa kyseessä ovat erikoista kokoa olevat näyteikkunat. Aukkojen suurentamisesta tai pienentämisestä syntyvät kustannukset taas monesti syövät säästöt, joita standardikokoisten ikkunoiden käyttö tuottaa. (Tulla 1982, 97-98.)

Vanhoissa ikkunoissa on yleensä käytetty ensiluokkaista puutavaraa, jonka elinikä on pidempi kuin uusissa. Ikkunoiden toimintaperiaate on muutoinkin pysynyt samana, paitsi joissain tapauksissa sadetiiviudessa on eroavaisuuksia. Vanhan ikkunan ääneneristävyyttä ja ominaislämmönvastusta pystytään parantamaan suurentamalla ilmatilan paksuutta ikkunalasien välissä. Ikkunoiden huono ilmatiiviys johtuu usein huonosti asennetuista tiivisteistä eikä ikkunoista itsestään (liite 3, osa 10). Tämä pätee sekä uusiin, että vanhoihin ikkunoihin. (Tulla 1982, 115-121.)

Ikkunoiden korjaamisessa voi vanhoja, hyväkuntoisia sisäikkunoita hyödyntää hankkimalla niihin lisäikkuna ulkopuolelle. Tähän ratkaisuun päädyttäessä on huomioitava, ettei ulkolasin tiivisteestä tule liian tiivistä verrattuna sisälasin tiivisteeseen. Ulkolasin tiiviste voi estää vesihöyryn poistumisen ikkunarakenteesta, jolloin vesihöyry jää loukkuun lasien väliin ja saattaa tiivistyä ulomman lasin sisäpinnalle. (Björkholtz 1997, 111-112.)

Seinärakenteen paksuuden kasvaessa ikkunat jäävät yhä syvemmälle rakenteen sisään. Rakenne voi näyttää erikoiselta, mutta ikkunan toiminnan kannalta tämä on hyvä asia. Ikkunoiden ollessa syvemmällä seinärakenteessa ne ovat paremmin suojassa sateelta ja auringolta, pidentäen niiden käyttöikä. Tällöin myös ikkunoiden alla olevien patterei-

den tuottama lämmin ilmavirta pystyy paremmin pitämään vesihöyryn poissa ikkunoiden sisäpinnalta. (Björkholtz 1997, 111-112.)

Ikkunoiden sisäpintaan saattaa tiivistyä kosteutta rakennuksen lisäeristämisen jälkeen. Tämä johtuu yleensä siitä, että ilmanvaihto on pienentynyt ja suhteellinen kosteus kasvanut. Näin käy usein etenkin ilmanvaihdon ollessa painovoimainen. (Björkholtz 1997, 111-112.)

7.3 Muut lämpövuodot

Yhdessä makuuhuoneessa asumisterveysmääräysten välttävä taso ei täyttynyt. Kyseisessä huoneessa on vanha, käytöstä poistettu ulko-ovi. Ovea on lisäeristetty villalla, mutta sen alareunassa on selvä viivamainen kaista, josta tulee vedontunne lattiarajaan (liite 3, osa 8). Lisälämmöneristyksen yhteydessä ovi poistetaan ja rakennetaan umpeen seinärakenteeksi.

Makuuhuoneesta löytyi myös yllättävä, selvästi muita rakenteita kylmempi kohta seinän ja lattian liitoskohdasta (liite 3, osa 2). Myöhemmin kävi ilmi, että kyseisessä paikassa on aikaisemmin ollut ulko-ovi. Oviaukkorakenne on eristetty puutteellisesti, tai rakenteeseen on saattanut jäädä erimerkiksi metallinen kynnyslista, joka aiheuttaa kyseiseen kohtaan kylmäsillan. Rakenne tutkitaan tarkemmin lisälämmöneristyksen yhteydessä, jolloin lämpövuoto korjataan.

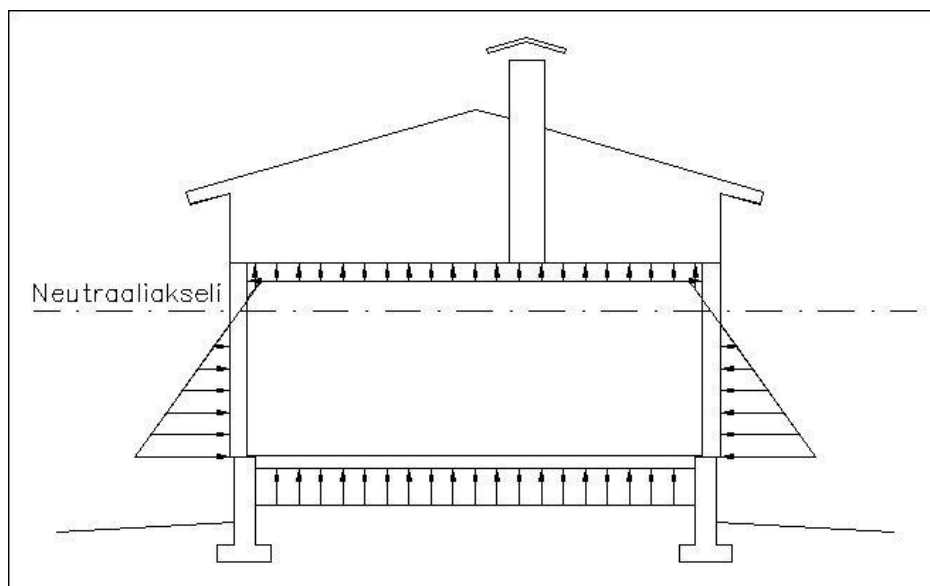
8 Painovoimainen ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tehtävänä on poistaa sisäilman sisältämiä epäpuhtauksia ja tuoda asuntoon puhdasta korvausilmaa (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 56). Tässä rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä. Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuteen vaikuttaa sääolosuhteet, kuten tuulen nopeus ja lämpötilaerot (Björkholtz 1997, 76-77).

8.1 Ilmanvaihdon vaikutus rakenteiden toimintaan

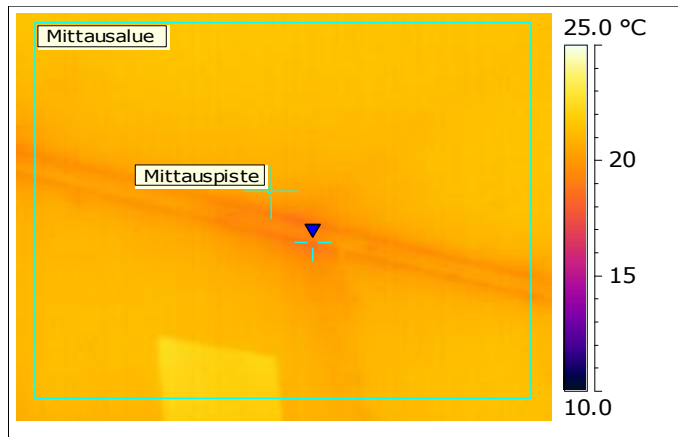
Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä aiheuttaa rakennukseen painegradientin, joka on lattiapinnassa ulkoilmaan nähden alipaineinen ja katonrajassa ylipaineinen. Huoneis-

sa, joissa on tulisijat, tämä vaikutus korostuu entisestään. Mitä ylempänä painegradientin neutraaliakseli on, sitä suuremmassa osassa huonetta vallitsee alipaine. Käytännössä kuitenkin seinän ja katon liitoskohdassa vallitsee ylipaine ulkoilmaan nähden. Katonrajassa olevan sisäilman ylipaine ulkoilmaan nähden aiheuttaa sen, että seinän yläosassa ilma virtaa rakenteessa sisältä ulospäin, kun alapinnassa se virtaa ulkoa sisään. Tätä ilmiötä kutsutaan savupiippuvaikutukseksi (kuva 4). Savupiippuvaikutuksen suuruuteen vaikuttaa tilan hormin korkeus sekä lämpötilaero. Vaikka paine-erot ovat pieniä, niillä on merkitystä rakenteiden toimintaan, koska ne ovat käytännössä pysyviä. (Siikanen 1996, 32-33.)



Kuva 4. Savupiippuvaikutus.

Sisäpintojen lämpötilat seinien ja yläpohjan liitoksissa ovat korkeat (kuva 5). Tähän myötävaikuttaa savupiippuvaikutus. Katonrajassa, neutraaliakselin yläpuolella, on ylipaine. Ylipaineisessa tilassa lämmin sisäilma kulkee rakenteen läpi ulospäin - päinvas-toin kuin normaalisti. (Siikanen 1996, 32-33.) Rakennusta koskevissa lämpökuvissa voidaankin todeta, että sisäpintojen lämpötilat katonrajassa ovat selvästi muita pintoja suuremmat (liite 3, osat 1 & 4).



Kuva 5. Lämpökamerakuva seinän ja yläpohjan liitoksesta.

8.2 Ilmanvaihdon riittävyys

Rakennuksen lisälämmöneristäminen tekee ulkovaipasta entistä tiiviimmän. Tästä johtuen seinien kautta tulevan korvausilman määrä vähenee. On huolehdittava, että ilmanvaihto saa tarvittavan tuloilman hallitusti. Mikäli näin ei toimita, tuloilmanotto siirtyy rakenteiden liitoskohtiin aiheuttaen näiden alueiden läheisyyteen vetoisuudentunnetta. Riittämättömän ilmanvaihdon seurauksena sisäilman laatu heikkenee (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 72).

Ilmanvaihdon riittävydestä ei kannata huolehtia vielä lisäeristämisen yhteydessä. Rakennuksessa on paljon hengittävää ulkovaippapinta-alaa, josta korvausilmaa pääsee vuotamaan rakennuksen sisään. Lisäksi vakituisten käyttäjien vähäinen määrä ei aiheuta tehokkaan ilmanvaihdon tarvetta.

Painovoimaista ilmanvaihtoa on mahdollista parantaa pysyvästi poistoilmahormien korkeutta kasvattamalla tai niiden poistopinta-alaa lisäämällä. Poistopinta-alaa on mahdollista lisätä esimerkiksi hormien puhdistuksella. Ilmanvaihtoa saattaa tehostaa myös venttiilien vaihto avarammiksi. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 72-73.)

Rakennuksen suurin ilmanvaihdon puute on se, ettei ulkoilmaa tule kaikkiin huoneisiin. Näiden tilojen ilmanvaihdon toimivuutta pystytään tehostamaan säännöllisellä ikkunatuuletuksella sekä väliovien aukipitämisellä. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 72-73.)

9 Tulokset

Alkuperäisen sahanpurueristeen yleiskunto havaittiin lämpökamerakuvauksessa hyväksi. Kuvauksessa todettiin muutamia paikkoja, jotka eivät täyttäneet asumisterveysohjeen välttävää tasoa. Nämä paikat löytyivät ovien tiivisteistä ja rossipohjarakenteesta. Liitteestä 3 löytyy rakenteille suositellut korjaustoimenpiteet.

Seinärakenteiden U-arvojen vertailussa Vital Plus-eriste osoittautui hieman muita paremmaksi. Uusia rakenneratkaisuja vertailtaessa havaittiin, että uuden rakenteen U-arvo pienenee 28 – 32 %, kun sahanpurueriste vaihdetaan lisäeristemateriaaliin.

Rakenteiden kosteusteknisiä ominaisuuksia tutkiessa vanha rakenne todettiin alttiimmaksi kondensoitumiselle. Vanhassa rakenteessa kondensoituminen alkaa ulkolämpötilan laskiessa alle $-11,1$ °C:een, uusissa rakenteissa kondensoitumista alkaa tapahtua vasta ulkolämpötilan ollessa alle $-20,7$ - $-36,6$ °C. Diffuusiotarkasteluissa kaikki rakenteet osoittautuivat toimiviksi rakenteiksi. Kivivillaeristeen valmistajan mukaan rakenteen sisäpinnassa on käytettävä tiivistä ilmansulkupaperia, jota tässä rakenteessa ei luotettavasti voida olettaa olevan. Kastepistelämpötilaksi lämpökuvauksen aikana vallinneissa olosuhteissa saatiin 0 °C.

Sokkelieristeiden vertailussa kivivillaeriste oli lämmöneristävyydeltään hieman EPS-eristettä parempi. EPS-eriste osoittautui kuitenkin kokonaisvertailussa paremmaksi sen maksaessa vain murto-osan kivivillaeristeen hinnasta. Sokkelin eristämällä asuintilan lattiarajojen pintalämpötilat nousevat noin 3 °C, ulkolämpötilan ollessa -20 °C. Maanpinnan alapuolisen eristämisen vaikutus rakennuksen lämmityskulujen pienemiseen on olematon verrattuna rakentamiskustannuksiin. Isodrän-eristeen moninkertainen neliöhinta EPS-eristeeseen nähden aiheuttaisi huomattavia lisäkustannuksia rakentamiseen. On myös huomioitava suuri työmäärä eristettäessä sokkelia metrien syvyydeltä.

Vesihöyrynvastussuhdetta tarkastellessa sekä runkoleijona että tuulileijona todettiin toimiviksi tuulensuojaratkaisuiksi rakenteen ulkopintaan.

10 Pohdinta

Lämpökamerakuvaus on todella helppo, nopea ja edullinen tapa selvittää rakenteiden kunto. Rakenteita rikkomattomana toimenpiteenä sitä voidaan käyttää monipuolisesti erilaisissa kohteissa. Tutkitun rakennuksen lisäeristysuunnitelmaa tehdessä lämpökuvauksesta saatuja tuloksia voitiin hyödyntää vanhojen eristeiden kohtalosta päätettäessä. Ilman lämpökuvausta rakenteita olisi jouduttu purkamaan purueristeiden kunnan selvittämiseksi.

Rakennuksen lisäeristämistä voidaan pitää tässä tapauksessa kannattavana. Ulkoseinien energianhukkaa pystytään pienentämään vertailluilla rakennevaihtoehdoilla 60 – 79 %. Tällä on merkittävä vaikutus koko rakennuksen lämmityskuluihin. Purueristeen hyvän kunnan vuoksi on suositeltavaa jättää se paikoilleen, vaikkakin sen vaihtamalla päästäisiin parempiin U-arvoihin. Vanhat eristeet kannattaa tutkia paikoista, joissa lämpökuvauksessa havaittiin puutteita.

Lisäeristystä tehdessä pyritään saamaan pitkän ajanjakson säästöjä. Merkittäviä säästöjä voidaan tehdä jo lisäeristämisen aikana rakennusmateriaalien valinnalla. Sokkelin ulkopuolisessa eristämisessä EPS–eriste maksaa vain neljänneksen vastaavasta kivivillaeristeestä. Taloudellista hyötyä hakiessa voidaan myös todeta, että maanpinnan alapuolisen eristämisen hyödyt jäävät niin pieneksi suuriin kustannuksiin sekä työmäärään nähden, ettei se tässä kohteessa ole kannattavaa.

Ovien tiivistämisessä on sekä hyviä että huonoja puolia. Tiivistämisellä vähennetään lämmönhukkaa ja vetoisuutta, mutta huononnetaan tuloilman saantia. Tässä kohteessa ilmanvaihdon riittävyys tuskin koituu ongelmaksi, joten ainakin pääovi on suositeltavaa vaihtaa sen todella huonon tiiviiden vuoksi. Laaja hengittävä ulkovaippa sekä vähäinen käyttäjämäärä eivät aiheuta tehokkaan ilmanvaihdon tarvetta. Työssä on kuitenkin esitetty toimenpiteet, joilla ilmanvaihtoa on mahdollista tarvittaessa tehostaa.

Seinärakenteen kasvaminen ulospäin jättää ikkunat syvälle seinärakenteen sisään. Ikkunoiden teknisen toiminnan kannalta on kuitenkin suositeltavaa jättää ne vanhalle paikalleen, vaikka ne ulkonäöllisesti näyttäisivätkin hieman erikoisilta. Ikkunoiden ollessa rakenteen sisäpinnassa niiden toimivuus paranee ja käyttöikä pitenee.

Lisäeristeen paksuudella on suora vaikutus räystäspituuden pienenemiseen. Räystäspituus vaikuttaa rakennuksen ulkonäköön sekä rakenteiden toimintaan, minimiarvoja räystäspituudelle ei ole kuitenkaan annettu. Räystäspituutta pystytään jälkikäteen lisäämään kattosaneerauksella, mutta korkeiden kustannusten vuoksi se ei ole mielekästä. Lisäeristyspaksuudeksi voidaan suositella 100 mm, jolloin räystäspituus pienenee vain 138 mm. Seinän lisäeristeen paksuutta, voidaan pitää sokkelin ulkopuolisen eristeen suurimpana mahdollisena paksuutena. Rakenne, jossa sokkelipinta on seinäpintaa ulompana, on hankala toteuttaa.

Lähteet

- Björkholtz, D. 1997. Lämpö ja kosteus, rakennusfysiikka. Helsinki. Rakennustieto Oy. ISBN: 951-682-432-3.
- Ekovilla Oy. 2012. Ekovilla tuotetietoa. <http://www.ekovilla.com/ekovilla-eristys.php>. 26.2.2012.
- Isolina Oy. 2012. Pellavalämmöneristeen ominaisuudet. <http://www.isolina.com/fi/eriste.cfm>. 26.2.2012.
- Laurikainen, M. & Tulla, K. 1983. Lisäeristämispas. Helsinki. Kauppa- ja teollisuusministeriö. ISBN: 951-859-426-0.
- Paloniitty, S. & Kauppinen, T. 2006. Rakennusten lämpökuvaus. Helsinki. Rakennusteollisuuden kustannus RTK Oy. ISBN: 952-5472-44-2.
- Paloniitty, S. 2004. Rakennuksen lämpökuvaus. Hämeenlinna. Hämeen ammattikorkeakoulu. ISBN 951-784-254-6.
- Paroc Group. 2012. Tuotteet. <http://www.paroc.fi/channels/fi/do-it-yourself/design+guidelines/stonewool.asp>. 26.2.2012.
- Siikanen, U. 1993. Rakennusaineoppi. Helsinki. Rakennustieto Oy. ISBN: 951-682-256-8.
- Siikanen, U. 1996. Rakennusfysiikka, perusteet ja sovellukset. Helsinki. Rakennustieto Oy. ISBN: 952-682-340-8.
- Sosiaali- ja terveysministeriö. 2009. Asumisterveysopas. Pori. Ykkös-Offset Oy. ISBN: 978-952-9637-38-6.
- Tampereen teknillinen yliopisto. 2007. Rakennusfysiikka 2007. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos. ISBN: 978-952-15-1847-8.
- ThermiSol Oy. 2012. ThermiSol EPS 60 S Seinä. <http://www.thermisol.fi/tuotteet-ja-palvelut/eriste/eps-eristeet/eps-seina/thermisol-eps-60-s-seina>. 20.6.2012.
- Tulla, K. 1982. Ikkunat kuntoon. Helsinki. Rakentajain Kustannus Oy. ISBN: 951-676-244-1.
- Vinha, J. Valovirta, I. Korpi, M. Mikkilä, A. & Käkelä, P. 2005. Rakennusmateriaalien rakennusfysikaaliset ominaisuudet lämpötilan ja suhteellisen kosteuden funktiona. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan osasto. ISBN: 978-952-15-2745-6.
- Vital Finland Oy. 2012. Vital Plus. <http://www.vitalfinland.fi>. 26.2.2012.
- Ympäristöministeriö. 2003. C4 Suomen rakennusmääräyskokoelma. Ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä. Helsinki. Ympäristöministeriö.

Sää ja meri » Paikallissää

Paikallissää Huhus, Iломantsi

Katso paikallissää:

Sääennuste Lisätietoa ¹

| ma | ti | ke | to | pe | la |
|----------------|--------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| 17 20 23 | 02 05 08 14 20 | 02 08 14 20 | 02 14 | 02 14 | 02 14 |
| | | | | | |
| -13° -13° -14° | -14° -14° -14° -12° -13° | -13° -19° -18° -21° | -22° -19° | -23° -20° | -22° -19° |
| 3 2 3 | 3 2 2 2 2 | 2 4 3 2 | 1 3 | 0 2 | 0 2 |

Ennuste päivitetty 23.1.2012 14:00.

Auringon nousu tänään 8:54. Auringon lasku tänään 15:24. Päivän pituus on 6 h 30 min.

Iломantsi: ei varoituksia voimassa. [Katso koko Suomen varoitukset](#) ¹

Paikalliset säähavainnot

Havaintoasema: Iломantsi Mekrijärvi

Tuorein säähavainto: 23.1.2012 14:40 Suomen aikaa

| | | | |
|--------------------|----------------|-------------|------------|
| Lämpötila | -11,8 °C | Kosteus | 85 % |
| Kastepiste | -13,8 °C | Itätuulta | 4 m/s |
| Puuska | 7 m/s | Paine | 1018,6 hPa |
| Tunnin sadekertymä | 0,0 mm (14:00) | Lumensyvyys | 45 cm |
| Melkein pilvistä | (7/8) | Näkyvyys | 8 km |

Viimeisimmän 2 vuorokauden havainnot

Lämpötila **Kosteus** Tuuli Paine Sade Pilvisuus

Koko Suomi
23.1. 14:00

Sää nyt Sää huomenna Sää ylihuomenna
 Varoitukset Yöin lämpötila Aina lämpötila
 Sadesumma Lumitilanne



Kuvaajan yhteystiedot

| | | |
|---------|-------------|--------|
| Nimi: | Sähköposti: | p. |
| Osoite: | | faksi: |
| | | GSM: |

Tilaaajan yhteystiedot

| | | | |
|------------------|-------------------------|---------------------------------|---------|
| Kiinteistön nimi | Kiinteistön postiosoite | Postinumero ja postitoimipaikka | faksi |
| Tilaaajan nimi | Laskutusosoite | Postinumero ja postitoimipaikka | puhelin |

Kuvasolosuhteet

| | PVM. klo | PVM. klo | PVM klo | PVM klo |
|--|-------------|-------------|------------|------------|
| Ulkoilman lämpötila | | | | |
| Sisäilman lämpötila (tutkittavassa rakennuksessa keskimäärin) | | | | |
| Auringonpaiste / pilvisuus | | | | |
| Tuulen nopeus ja suunta [m/s] | | | | |
| Paine-ero (tutkittavassa rakennuksessa keskimäärin) [Pa] | | | | |
| Sisäilman kosteus (tutkittavassa rakennuksessa keskimäärin) [RH %] | | | | |

Kohdetiedot

| | |
|--|--|
| Lämmitysjärjestelmä | |
| Ilmanvaihto | |
| Rakenteet - alapohja - ulkoseinät - yläpohja - ikkunat | |

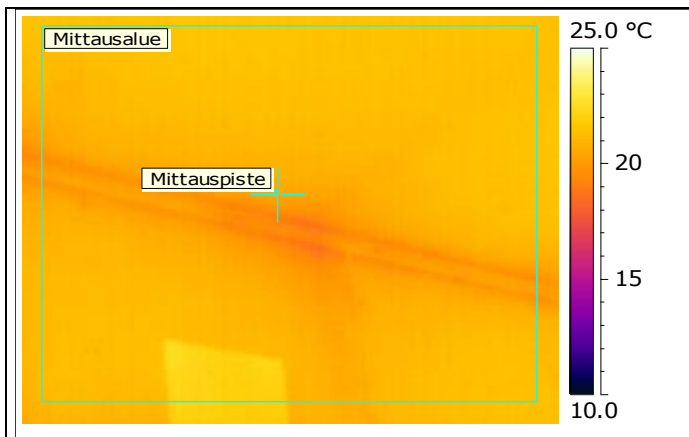
Muut huomiot

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

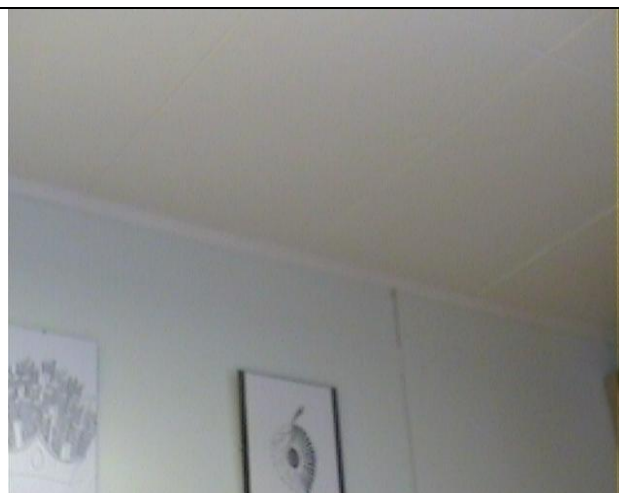
Kohde: Huhuksentie 49, 81450 Huhus

Kuvauspaikka: Makuuhuone

Kuvauspäivämäärä: 23.1.2012



Lämpökuva 1.



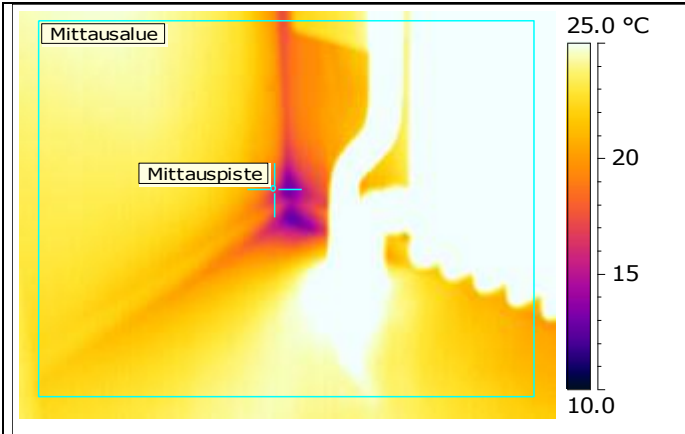
| | | | |
|--|---------|---------------------|----------|
| Mittauspisteen lämpötila | 20.4 °C | Emissiivisyys | 0.95 |
| Mittausalue maks. lämpötila | 22.6 °C | Etäisyys | 3.0 m |
| Mittausalue min. lämpötila | 18.3 °C | Kameratyyppi | P25 PAL |
| Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta | 85 | Kameran sarjanumero | 23403796 |
| Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta | 91 | | |

| | | | |
|--|----------|---|---------|
| Tuulen nopeus/tuulen suunta | 4 m/s | Sisäilman suhteellinen kosteus | 23.1 % |
| Pilvisyys | Pilvinen | Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä) | -4.0 Pa |
| Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta) | -10.50 | Sisäilman lämpötila (taustalämpötila lämpökuvasta) | 23.3 °C |

Kommentit:

Korjausluokka 4.

| | |
|---|------------------------------------|
| Kohde: Huhuksentie 49, 81450 Huhus | |
| Kuvauspaikka: Makuuhuone | Kuvauspäivämäärä: 23.1.2012 |



Lämpökuva 2.



| | | | |
|--|---------|---------------------|----------|
| Mittauspisteen lämpötila | 15.8 °C | Emissiivisyys | 0.95 |
| Mittausalue maks. lämpötila | 43.2 °C | Etäisyys | 3.0 m |
| Mittausalue min. lämpötila | 12.4 °C | Kameratyyppi | P25 PAL |
| Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta | 68 | Kameran sarjanumero | 23403796 |
| Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta | 78 | | |

| | | | |
|--|----------|---|---------|
| Tuulen nopeus/tuulen suunta | 4 m/s | Sisäilman suhteellinen kosteus | 23.1 % |
| Pilvisyys | Pilvinen | Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä) | -4.0 Pa |
| Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta) | -10.50 | Sisäilman lämpötila (taustalämpötila lämpökuvasta) | 23.3 °C |

Kommentit:

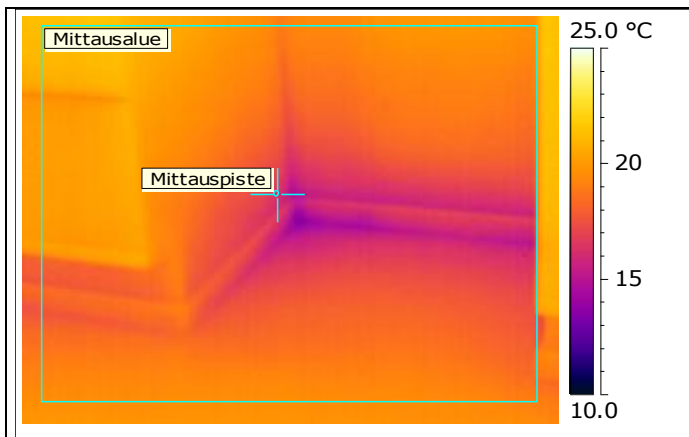
Lämpöpatterin läheisyydestä huolimatta nurkka on yllättävän kylmä. Seinässä on ollut oviaukko, joka on sittemmin tehty seinäksi. Oviaukon eristys on tehty huonosti, tai aukkoon jäänyt jokin kylmäsilta. Täyttää asumisterveysmääräysten välttävän tason, mutta tutkittava saneerauksen yhteydessä.

Korjausluokka 3.

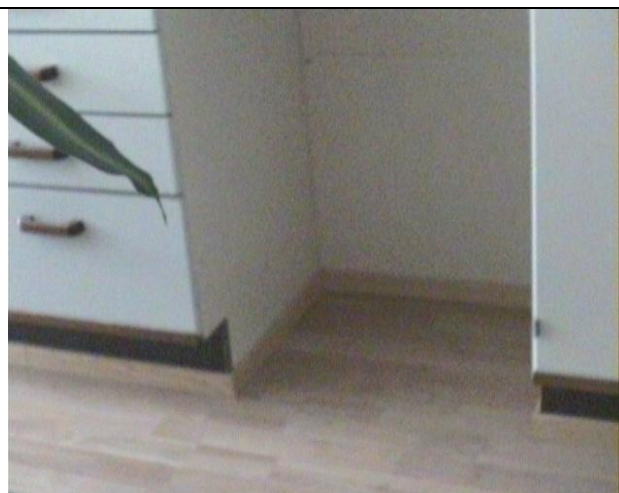
Kohde: Huhuksentie 49, 81450 Huhus

Kuvauspaikka: Olohuone

Kuvauspäivämäärä: 23.1.2012



Lämpökuva 3.



| | | | |
|--|---------|---------------------|----------|
| Mittauspisteen lämpötila | 16.2 °C | Emissiivisyys | 0.95 |
| Mittausalue maks. lämpötila | 21.5 °C | Etäisyys | 3.0 m |
| Mittausalue min. lämpötila | 13.4 °C | Kameratyyppi | P25 PAL |
| Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta | 73 | Kameran sarjanumero | 23403796 |
| Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta | 81 | | |

| | | | |
|--|----------|---|---------|
| Tuulen nopeus/tuulen suunta | 4 m/s | Sisäilman suhteellinen kosteus | 22.9 % |
| Pilvisyys | Pilvinen | Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä) | -4.0 Pa |
| Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta) | -10.50 | Sisäilman lämpötila (taustalämpötila lämpökuvasta) | 22.3 °C |

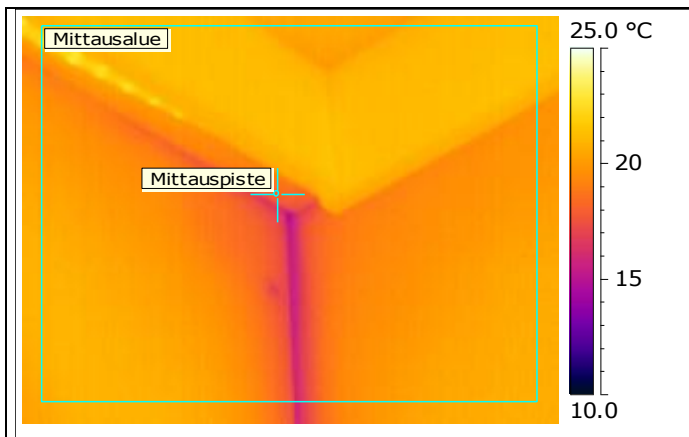
Kommentit:

Korjausluokka 4.

Kohde: Huhuksentie 49, 81450 Huhus

Kuvauspaikka: Harrastetila

Kuvauspäivämäärä: 23.1.2012



Lämpökuva 4.



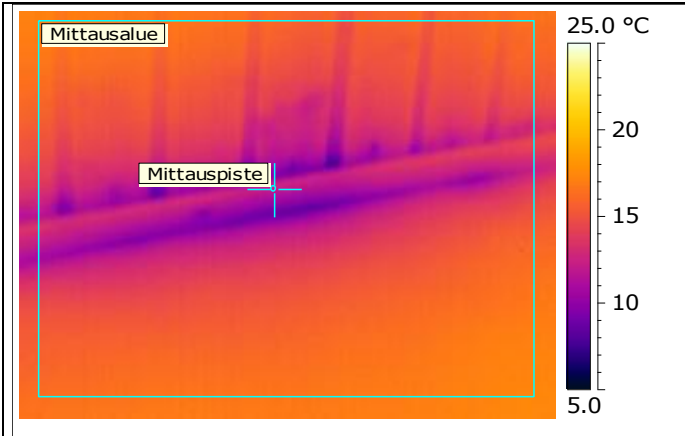
| | | | |
|--|---------|---------------------|----------|
| Mittauspisteen lämpötila | 18.0 °C | Emissiivisyys | 0.95 |
| Mittausalue maks. lämpötila | 23.2 °C | Etäisyys | 3.0 m |
| Mittausalue min. lämpötila | 14.6 °C | Kameratyyppi | P25 PAL |
| Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta | 77 | Kameran sarjanumero | 23403796 |
| Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta | 87 | | |

| | | | |
|--|----------|---|---------|
| Tuulen nopeus/tuulen suunta | 4 m/s | Sisäilman suhteellinen kosteus | 22.9 % |
| Pilvisyys | Pilvinen | Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä) | -4.0 Pa |
| Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta) | -10.50 | Sisäilman lämpötila (taustalämpötila lämpökuvasta) | 22.3 °C |

Kommentit:

Korjausluokka 4.

| | |
|---|------------------------------------|
| Kohde: Huhuksentie 49, 81450 Huhus | |
| Kuvauspaikka: Harrastetila | Kuvauspäivämäärä: 23.1.2012 |



Lämpökuva 5.

| | | | |
|--|---------|---------------------|----------|
| Mittauspisteen lämpötila | 11.7 °C | Emissiivisyys | 0.95 |
| Mittausalue maks. lämpötila | 17.6 °C | Etäisyys | 3.0 m |
| Mittausalue min. lämpötila | 7.1 °C | Kameratyyppi | P25 PAL |
| Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta | 54 | Kameran sarjanumero | 23403796 |
| Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta | 68 | | |

| | | | |
|--|----------|---|---------|
| Tuulen nopeus/tuulen suunta | 4 m/s | Sisäilman suhteellinen kosteus | 22.9 % |
| Pilvisyys | Pilvinen | Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä) | -4.0 Pa |
| Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta) | -10.50 | Sisäilman lämpötila (taustalämpötila lämpökuvasta) | 22.3 °C |

Kommentit:

Tilassa on laajaa ilmavuotoa seinän ja lattian liitoskohdassa varastonpuoleisella seinällä.

Korjausluokka 1.

Kohde: Huhuksentie 49, 81450 Huhus

Kuvauspaikka: Tuulikaappi

Kuvauspäivämäärä: 23.1.2012



Lämpökuva 6.



| | | | |
|--|---------|---------------------|----------|
| Mittauspisteen lämpötila | 7.5 °C | Emissiivisyys | 0.95 |
| Mittausalue maks. lämpötila | 19.0 °C | Etäisyys | 3.0 m |
| Mittausalue min. lämpötila | -7.2 °C | Kameratyyppi | P25 PAL |
| Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta | 10 | Kameran sarjanumero | 23403796 |
| Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta | 53 | | |

| | | | |
|--|----------|---|---------|
| Tuulen nopeus/tuulen suunta | 4 m/s | Sisäilman suhteellinen kosteus | 23.1 % |
| Pilvisyys | Pilvinen | Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä) | -4.0 Pa |
| Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta) | -10.50 | Sisäilman lämpötila (taustalämpötila lämpökuvasta) | 23.4 °C |

Kommentit:

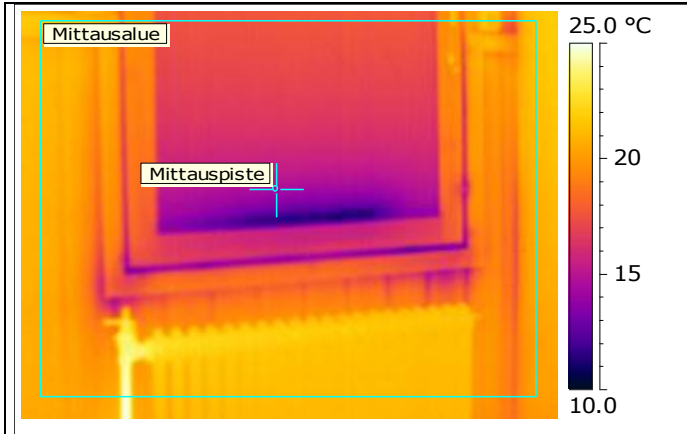
Ulko-ovi ei ole tiivis. Aiheuttaa vedon tunnetta lattiarajaan sekä sisäilman kosteudentiivistymisriskin. Käyttötarkoitus huomioon ottaen ei aiheuta terveydellistä haittaa.

Korjausluokka 1.

Kohde: Huhuksentie 49, 81450 Huhus

Kuvauspaikka: Makuuhuone

Kuvauspäivämäärä: 23.1.2012



Lämpökuva 7.



| | | | |
|--|---------|---------------------|----------|
| Mittauspisteen lämpötila | 14.4 °C | Emissiivisyys | 0.95 |
| Mittausalue maks. lämpötila | 25.0 °C | Etäisyys | 3.0 m |
| Mittausalue min. lämpötila | 11.0 °C | Kameratyyppi | P25 PAL |
| Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta | 64 | Kameran sarjanumero | 23403796 |
| Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta | 74 | | |

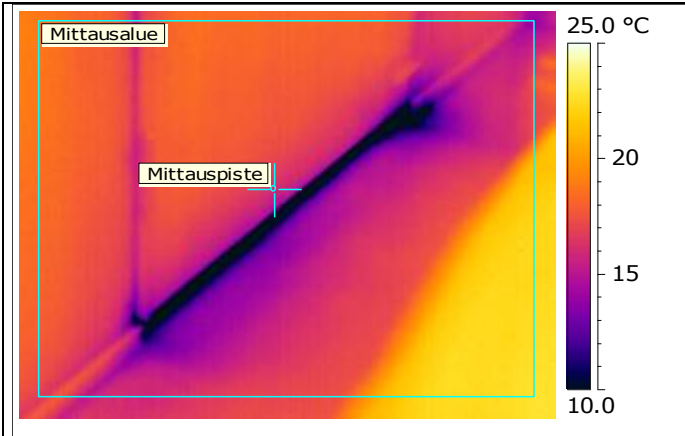
| | | | |
|--|----------|---|---------|
| Tuulen nopeus/tuulen suunta | 4 m/s | Sisäilman suhteellinen kosteus | 23.1 % |
| Pilvisyys | Pilvinen | Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä) | -4.0 Pa |
| Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta) | -10.50 | Sisäilman lämpötila (taustalämpötila lämpökuvasta) | 23.3 °C |

Kommentit:

Ikkunan tiivisteissä ilmavuotoa.

Korjausluokka 2.

| | |
|---|------------------------------------|
| Kohde: Huhuksentie 49, 81450 Huhus | |
| Kuvauspaikka: Makuuhuone | Kuvauspäivämäärä: 23.1.2012 |



Lämpökuva 8.



| | | | |
|--|---------|---------------------|----------|
| Mittauspisteen lämpötila | 15.9 °C | Emissiivisyys | 0.95 |
| Mittausalue maks. lämpötila | 22.9 °C | Etäisyys | 3.0 m |
| Mittausalue min. lämpötila | 5.9 °C | Kameratyyppi | P25 PAL |
| Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta | 49 | Kameran sarjanumero | 23403796 |
| Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta | 78 | | |

| | | | |
|--|----------|---|---------|
| Tuulen nopeus/tuulen suunta | 4 m/s | Sisäilman suhteellinen kosteus | 23.1 % |
| Pilvisyys | Pilvinen | Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä) | -4.0 Pa |
| Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta) | -10.50 | Sisäilman lämpötila (taustalämpötila lämpökuvasta) | 23.3 °C |

Kommentit:

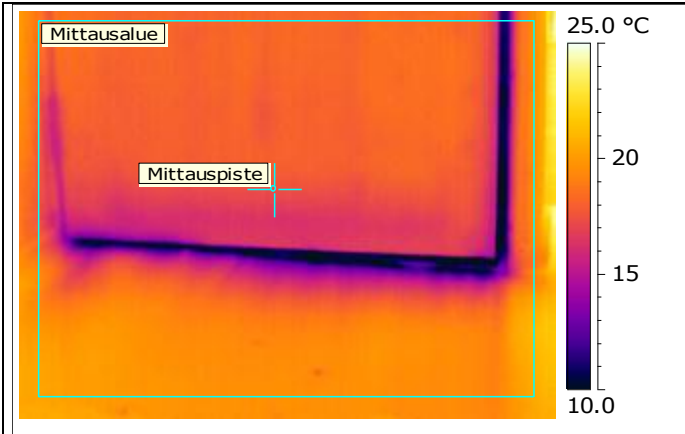
Käytöstä poistetun oven alareunassa on laajaa ilmavuotoa. Aiheuttaa vedon tunnetta makuuhuoneeseen.

Korjausluokka 1.

Kohde: Huhuksentie 49, 81450 Huhus

Kuvauspaikka: Olohuone

Kuvauspäivämäärä: 23.1.2012



Lämpökuva 9.



| | | | |
|--|---------|---------------------|----------|
| Mittauspisteen lämpötila | 17.6 °C | Emissiivisyys | 0.95 |
| Mittausalue maks. lämpötila | 21.4 °C | Etäisyys | 3.0 m |
| Mittausalue min. lämpötila | 7.6 °C | Kameratyyppi | P25 PAL |
| Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta | 55 | Kameran sarjanumero | 23403796 |
| Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta | 86 | | |

| | | | |
|--|----------|---|---------|
| Tuulen nopeus/tuulen suunta | 4 m/s | Sisäilman suhteellinen kosteus | 22.9 % |
| Pilvisyys | Pilvinen | Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä) | -4.0 Pa |
| Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta) | -10.50 | Sisäilman lämpötila (taustalämpötila lämpökuvasta) | 22.3 °C |

Kommentit:

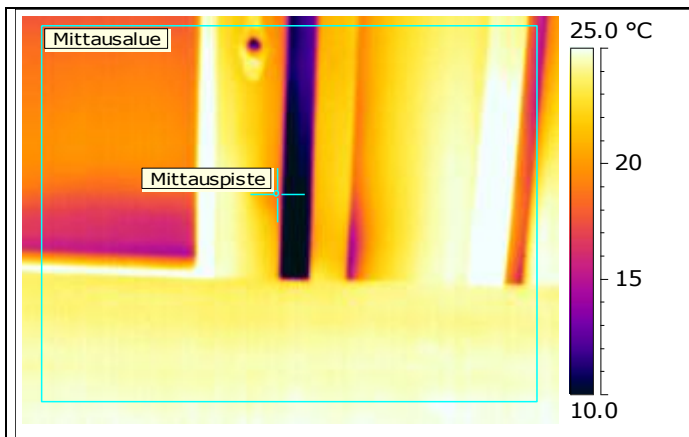
Puolilämpimän vastaisen tilan oven saumoissa on laajaa ilmavuotoa. Aiheuttaa vedontunnetta olohuoneeseen.

Korjausluokka 1.

Kohde: Huhuksentie 49, 81450 Huhus

Kuvauspaikka: Olohuone

Kuvauspäivämäärä: 23.1.2012



Lämpökuva 10.



| | | | |
|--|---------|---------------------|----------|
| Mittauspisteen lämpötila | 18.3 °C | Emissiivisyys | 0.95 |
| Mittausalue maks. lämpötila | 27.6 °C | Etäisyys | 3.0 m |
| Mittausalue min. lämpötila | 8.0 °C | Kameratyyppi | P25 PAL |
| Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta | 54 | Kameran sarjanumero | 23403796 |
| Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta | 93 | | |

| | | | |
|--|----------|---|---------|
| Tuulen nopeus/tuulen suunta | 4 m/s | Sisäilman suhteellinen kosteus | 22.9 % |
| Pilvisyys | Pilvinen | Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä) | -4.0 Pa |
| Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta) | -10.50 | Sisäilman lämpötila (taustalämpötila lämpökuvasta) | 22.3 °C |

Kommentit:

Vanhojen ikkunoiden saumoissa ilmavuotoa, joka aiheutuu pokaan heikosta tiivistyksestä.

Korjausluokka 1.

Kohde: Huhuksentie 49, 81450 Huhus

Kuvauspaikka: Lastauslaiturialue

Kuvauspäivämäärä: 23.1.2012



Lämpökuva 11.



| | | | |
|--|--|---------------------|----------|
| Mittauspisteen lämpötila | | Emissiivisyys | 0.95 |
| Mittausalue maks. lämpötila | | Etäisyys | 3.0 m |
| Mittausalue min. lämpötila | | Kameratyyppi | P25 PAL |
| Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta | | Kameran sarjanumero | 23403796 |
| Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta | | | |

| | | | |
|--|----------|---|--|
| Tuulen nopeus/tuulen suunta | 4 m/s | Sisäilman suhteellinen kosteus | |
| Pilvisyys | Pilvinen | Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä) | |
| Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta) | -10.50 | Sisäilman lämpötila (taustalämpötila lämpökuvasta) | |

Kommentit:

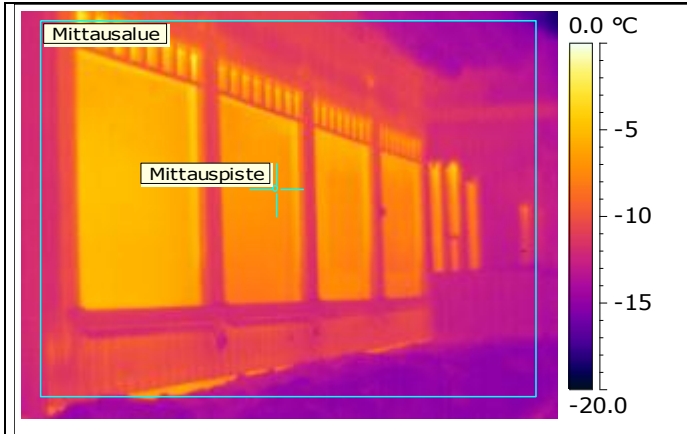
Seinä rakenteista ei löytynyt yllättäviä vuotokohtia. Eristämätön sokkeli näkyy kuvasta muuta rakennetta lämpimämpänä. Sokkelin eristämällä saataisiin parannettua sisätilojen alapohjan pintalämpötilaa.

Korjausluokka 4.

Kohde: Huhuksentie 49, 81450 Huhus

Kuvauspaikka: Etupiha

Kuvauspäivämäärä: 23.1.2012



Lämpökuva 12.



| | | | |
|--|--|---------------------|----------|
| Mittauspisteen lämpötila | | Emissiivisyys | 0.95 |
| Mittausalue maks. lämpötila | | Etäisyys | 3.0 m |
| Mittausalue min. lämpötila | | Kameratyyppi | P25 PAL |
| Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta | | Kameran sarjanumero | 23403796 |
| Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta | | | |

| | | | |
|--|----------|---|--|
| Tuulen nopeus/tuulen suunta | 4 m/s | Sisäilman suhteellinen kosteus | |
| Pilvisyys | Pilvinen | Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä) | |
| Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta) | -10.50 | Sisäilman lämpötila (taustalämpötila lämpökuvasta) | |

Kommentit:

Kuvasta nähdään kuinka lämpöhukka jakaantuu rakenteiden kesken.

Korjausluokka 4.

