



# Omakotitalon lisälämmöneristys

Aapo Saksa

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2024

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

SAKSA, AAPO:  
Omakotitalon lisälämmöneristys

Opinnäytetyö 39 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Huhtikuu 2024

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä omakotitalon lisälämmöneristämiseen ja sen toteutuksessa huomioitaviin seikkoihin. Työn sisältöä kohdistettiin muutamaankin rakennusratkaisuun, jotka ovat yleisiä vanhemmissa pientaloissa, kuten purueristeiset seinä- ja yläpohjarakenteet, sekä hirsiseinän lisäeristys. Työn avulla luotiin kokonaiskuvaa esimerkiksi hankkeeseen ryhtyvälle siitä, millaisia toimenpiteitä ennen työhön ryhtymistä tulee suorittaa ja millaisia vaikutuksia lisälämmöneristyksellä on rakenteen toiminnalle.

Työn alkuosassa käsiteltiin hankkeen alkuvaiheen tehtäviä, kuten hankkeen tarvittavat osapuolet ja heidän tehtävänsä, sekä kohteen selvityksiä kuten kuntotutkimus, energiaselvitys ja todistus. Rakennetekniseen toimintaan perehdyttiin U-arvon, kosteustekniikan ja tiiveyden osalta. Rakenteen tekniseen sisältöön keskittyvän osion oli tarkoitus luoda lukijalle perusymmärrys rakenteen toimintaan vaikuttavien seikkojen osalta.

Työn toisella puoliskolla käytiin läpi lisälämmöneristysten esimerkkiratkaisuja ja niiden toimivuutta perusteltiin. Työn lopussa tarkasteluun vielä tuotiin esimerkkikohta, johon oli toteutettu lisäeristys. Toteutunutta työtä peilattiin teoriaosuuden läpikäytyihin kohtiin ja onnistumista arvioitiin sen pohjalta.

---

Asiasanat: lisälämmöneristys, kuntotutkimus, U-arvo

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Site Management

SAKSA, AAPO:  
Additional Thermal Insulation of a Detached House

Bachelor's thesis 39 pages, appendices 4 pages  
April 2024

---

The purpose of this thesis was to get familiar with the additional thermal insulation of detached house and the important points in its implementation. The content of the thesis was focused on a few structural solutions that are common in older houses, such as sawdust insulated walls and top floor structures, as well as additional insulation of the log wall. With the help of this thesis, an overall picture was created, for example, for those starting the project on what kind of measures must be taken before starting the actual work and what kind of effects the additional thermal insulation has on the structure's operation.

The first part of the thesis dealt with the tasks of the initial phase of the project, such as the necessary parties of the project and their tasks, as well as site reports such as a condition checks, an energy report and a certificate. Structural engineering was introduced in terms of U-value, moisture and airtightness. The purpose of the section focusing on the technical content of the structure is to provide the reader with a basic understanding of the aspects affecting the operation of the structure.

In the second half of the thesis, example solutions for additional thermal insulation were reviewed and their functionality was examined. At the end of the work, an example object was brought in, where additional insulation had been implemented. The completed work was evaluated based on the points covered in the theory section.

---

Key words: thermal insulation, condition check, U-value

## SISÄLLYS

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO .....   | 7  |
| 2 | LISÄERISTYSTYÖN OSAPUOLET JA LUPA .....                        | 9  |
|   | 2.1 Rakennuslupa .....   | 9  |
|   | 2.2 Suunnittelija .....  | 9  |
|   | 2.3 Vastaava työnjohtaja .....                                 | 10 |
|   | 2.4 Hankkeeseen ryhtyvä.....                                   | 10 |
| 3 | RAKENTEEN TEKNISET SEIKAT .....                                | 11 |
|   | 3.1 U-arvo .....   | 11 |
|   | 3.1.1 U-arvon laskenta .....                                   | 12 |
|   | 3.2 Rakenteen kosteustekniikka .....                           | 13 |
|   | 3.3 Rakenteen tiiveys.....                                     | 14 |
| 4 | LISÄERISTYSTYÖN SELVITYKSET .....                              | 16 |
|   | 4.1 Kuntotutkimus .....  | 16 |
|   | 4.2 Haitta-aineet.....   | 16 |
|   | 4.2.1 Yleisesti .....  | 16 |
|   | 4.2.2 Asbesti.....   | 16 |
|   | 4.2.3 Raskasmetallit .....                                     | 17 |
|   | 4.3 Energiaselvitys ja todistus.....                           | 18 |
|   | 4.3.1 Energiaselvitys .....                                    | 18 |
|   | 4.3.2 Energiatodistus.....                                     | 18 |
| 5 | ESIMERKKIRAKENTEITA.....                                       | 21 |
|   | 5.1 Seinärakenteet purueristeisissä taloissa.....              | 21 |
|   | 5.2 Hirsiseinän lisäeristys.....                               | 24 |
|   | 5.3 Yläpohjarakenteita .....                                   | 25 |
|   | 5.3.1 Vino yläpohjarakenne .....                               | 25 |
|   | 5.3.2 Tuuletustilainen yläpohja .....                          | 26 |
| 6 | ESIMERKKIKOHTTEEN TARKASTELU.....                              | 28 |
|   | 6.1 Kohteen esittely.....                                      | 28 |
|   | 6.2 Ulkoseinät .....   | 28 |
|   | 6.3 Ylä- ja alapohja .....                                     | 29 |
|   | 6.4 Ovet ja ikkunat .....                                      | 32 |
|   | 6.5 Ilmanvaihto.....   | 32 |
| 7 | POHDINTA .....   | 33 |
|   | LÄHTEET.....   | 34 |
|   | LIITTEET .....   | 36 |
|   | Liite 1. Purueristeinen seinärakenne ennen lisäeristystä. .... | 36 |

|   |    |
|---|----|
| Liite 2. Purueristetty seinä lisäeristyksen kanssa..... | 37 |
| Liite 3. Hirsiseinä ilman lisäeristystä.....            | 38 |
| Liite 4. Hirsiseinä lisäeristyksellä.....               | 39 |

**TERMIT**

|  |   |
|--|---|
| <b>Diffuusio</b>                       | Ilmiö, jossa vesihöyryn osapaineen erojen vuoksi vesihöyryn pitoisuus pyrkii tasaantumaan.  |
| <b>Konvektio</b>                       | Lämmön ja kosteuden siirtymistä virtauksen vuoksi.  |
| <b>Vaippa</b>                          | Rakennusosien kokonaisuus, joka erottaa lämmöneristetyt tilat kylmästä ulkoilmasta.   |
| <b>Painovoimainen-<br/>ilmanvaihto</b> | Järjestelmä, joka perustuu sisä- ja ulkoilman lämpötila- ja paineroon. Lämminsisäilma nousee hormiin ja poistuessaan vetää korvaavaa ilmaa sisätiloihin esimerkiksi korvausilmaventtiileistä. |
| <b>Lämmönjohtavuus</b>                 | Kuvaa materiaalin lämmön johtavuuden määrää. Mitä pienempi lukema, sitä vähemmän lämpöä kulkeutuu materiaalin läpi.   |
| <b>Kylmäsilta</b>                      | Rakenteen kohta tai materiaali, jossa lämmön kulkeutuminen on suurempaa ympäröivään rakenteeseen nähden.  |

## 1 JOHDANTO

Ajatus opinnäytetyön aiheesta syntyi jo aikaisemman vuoden aikana käytyjen keskustelujen pohjalta, kun uuden mahdollisen EU-direktiivin tuoma pakkoremontti koskien energiatehokkuuden parantamista nosti varmasti monen omakotitalon omistajan leposykettä. Ehdotettu direktiivi toteutuessaan sellaisenaan koskisi melkein pä puolta osaa suomalaisesta omakotitalokannasta, jonka koko kanta on 1,2 miljoonaa taloutta. Tästä puolikkaasta hyvä osa on rakennettu ennen vuotta 1970. Myös yleinen maailman epävakaa tilanne ja hintojen nousu energian hinnassa, sekä materiaaleissa osaltaan houkuttaa energiatehokkuuden parantamiseen, mutta hankkeen hinta toisessa vaakakupissa saattaa hiertää monta kelle remontti olisi tulossa eteen.

Hieman huolestunut ajatus tästä yhtälöstä nousee, kun katsotaan historiassa jo kertaalleen hieman saman tapaista koettua tilannetta, jossa 70-luvun öljykriisistä lämmityskuluja omakotitaloasujien kohdalla. Tämä sai aikaan lisäerityshankkeiden kasvun, jossa esimerkiksi ajalle tavanomaisten rintamamiestalojen ja uusien talojen energiatehokkuutta parannettiin lisäämällä rakenteen tiiveyttä. Uusi tiiviimpi rakenne yhdistettynä painovoimaiseen ilmanvaihtoon sai aikaan ongelmarakenteita ja sisäilmaongelmia. Ilmiön perimmäisenä syynä voidaan pitää hankkeeseen ryhtyvien osapuolien heikkoa tietämystä rakenteelle tehtävän muutoksen vaikutuksesta. Näitä taloja nimitettiin myöhemmin pullotaloiksi.

Opinnäytetyön ajatuksena on koota hankkeen kokonaisuudesta paketti, josta saa ymmärrystä hankkeen osapuolten vastuusta ja varsinaista työtä edeltävistä selvityksistä yleispätevästi. Opinnäytteen lukemisen jälkeen tulisi muodostua kuva siitä, miten lisäeristys tulee vaikuttamaan rakenteeseen ja mitkä ovat hyvän rakennustavan mukaisia toteutusmenetelmiä, kun toimitaan vanhempien talojen parissa.

Opinnäytteessä käsiteltävät rakenteet ovat 50- 60- ja 70-luvulle tyypillisiä puutalon seinä- ja yläpohjarakenteita. Tarkastelu rajoittuu yläpohjaan ja seinään, koska energiatehokkuutta parannettaessa lisäeristyksellä, on näillä kahdella suurin vai-

kutus eristävyiden osalta. Työssä tullaan käyttämään Teknologian tutkimuskeskus VTT:n teosta ”kosteusteknisesti toimivia korjausrakentamisen periaatteita”, sekä Kiinteistöalan Kustannus Oy ja Ympäristöministeriön ”Rakennusten lisälämmöneristäminen”, molempia merkittävinä pohjatietoina teoriaosuuden päätelmille työssä, sekä muutamia teosten esimerkkirakenteita on opinnäytetyössä esitelty. Muita lähteitä, joita työhön on esimerkiksi hyödynnetty ovat avoimia sähköisiä lähteitä, sekä RT-kortteja.



## **2 LISÄERISTYSTYÖN OSAPUOLET JA LUPA**

### **2.1 Rakennuslupa**

Rakenteen lisälämmöneristys lähtökohtaisesti lukeutuu luvan alaiseen toimintaan, koska talon rakennetta muutetaan, sekä ulkoapäin tehtäessä hanke vaikuttaa rakennuksen julkisivuun. Lisälämmöneristys lukeutuu nimenomaan rakennusluvan alaiseen toimintaan, eikä pelkällä toimenpideluvalla voi hanketta aloittaa. Rakennuslupaa tarvitaan, kun kohteeseen tehdään korjaus- ja muutostyötä, joka vaikuttaa turvallisuuteen ja terveydellisiin oloihin. Tällaisia ovat rakenteelliset ja rakennusteknilliset muutokset. (RT 11-10781.)

Rakennuslupaa hakee ensisijaisesti hankkeeseen ryhtyvä tai tämän valtuuttama henkilö, joka voi olla kohteen suunnittelija- tai työnjohdon osapuoli. Lupaa haetaan kunnan rakennusviranomaiselta. Luvan haun yhteydessä tarvittavat asiakirjat vaihtelevat hankkeen kokonaisuuden mukaan, mutta ne voivat olla esimerkiksi pohjapiirrokset, leikkauspiirrokset, julkisivupiirrokset ja erilaiset detaljikuvat, sekä energiaselvitys tai energiatodistus. (RT 11-10781.)

### **2.2 Suunnittelija**

Luvan varaiseen rakennustyöhön kuuluu jo luvanhakuvaiheessa nimetä Pää- ja rakennussuunnittelija. Suunnittelijoiden nimeämisen yhteydessä rakennusvalvontaviranomainen kelpuuttaa suunnittelijat kohteeseen. Usein pienemmissä kohteissa, kuten omakotitalon lisälämmöneristystyössä nimetään pää- ja rakennussuunnittelijaksi sama henkilö. Suunnittelijan työnä on tehdä rakennussuunnitelma ja varmistaa, että suunnitelma täyttää säännösten ja määräysten vaatimukset, sekä noudattaa hyvän rakennustavan mukaisia menetelmiä.

Suunnittelijan tulee myös huolehtia, että rakennushankkeeseen ryhtyvä saa tämän huolehtimisvelvollisuuden kannalta tärkeistä suunnitteluun liittyvistä seikoista tiedon. (YM5/601. 12.3.2015)

### **2.3 Vastaava työnjohtaja**

Toinen luvanvaraiseen työhön nimettävä henkilö on vastaava työnjohtaja. Tämän vastuulla on rakennustyön ja sen laadusta huolehtiminen, sekä rakennusluvan ja hyvän rakennustavan noudattaminen. Vastaavan työnjohtajan tehtäviin kuuluu työmaan valvomisen ja johdon ohella myös rakennustöiden aloittamisesta tehtävä ilmoitus rakennusvalvontaviranomaiselle ja rakennustyön tarkastusasiakirjan ajan tasalla pitäminen työmaalla. Vastaava työnjohtaja vastaa työn suorittamisesta hankkeessa tilaajan lisäksi myös viranomaisten suuntaan. Koko projektin laadukkaan suorittamisen kannalta on tärkeää, että vastaavaksi työnjohtajaksi valitaan ammattitaitoinen ja kokemusta omaava henkilö. (YM5/601. 12.3.2015.)

### **2.4 Hankkeeseen ryhtyvä**

Rakennushankkeeseen ryhtyvällä tarkoitetaan työn tilaajaa, joka omakotitalon kohdalla luultavasti on rakennuksen omistaja tai haltija. Koska Lisälämmöneristystyö on luvan varaista toimintaa, pitää rakennushankkeeseen ryhtyvän huolehtia, että rakentamisen suunnittelu ja toteutus tehdään määräysten ja säännösten, sekä rakennusluvan mukaisesti. Hankkeeseen ryhtyvän on myös huolehdittava, että hankkeeseen valittu suunnittelija ja vastaava työnjohtaja täyttävät kohteen asettamat kelpoisuusvaatimukset ja heillä on riittävä asiantuntemus ja ammattitaito. (YM5/601. 12.3.2015.)

### 3 RAKENTEEN TEKNISET SEIKAT

#### 3.1 U-arvo

Rakenteen lämmöneristävyyttä kuvataan U-arvolla, joka kuvaa tarkasteltavan rakenneosan läpi kulkevaa lämpöenergiaa. Rakenteen eristävyys on parempi, mitä pienempi luku tarkastelussa saadaan. U-arvon yksikkönä toimii  $W/m^2K$ , joka on wattia neliometriä ja lämpöastetta kohden. Rakenteen vaipan U-arvoa selvittäessä otetaan seinien, yläpohjan ja alapohjan lisäksi huomioon ikkunat ja ovet. U-arvoa tutkiessa on tärkeämpää tarkastella koko rakenteen U-arvoa eikä vain yksittäisten rakenneosien lukuja. (Energiatehokas koti.fi. n.d.)

Rakenneosia, kuten seinä- ja yläpohjarakenteita lisälämmöneristettäessä tulee pyrkiä puolittamaan vanhan olemassa olevan rakenteen U-arvo. Vanhan rakenteen U-arvo lasketaan rakennusdokumenttien tai rakenteesta kerätyn tiedon pohjalta. Korjatun rakenteen ei tarvitse ylittää U-arvoon, mitä vaaditaan uudiskohdeissa. (Nieminen & Virta 2016, 8–10.)

Taulukossa (1) esitetään korjattavien rakennusosien parantamisen vaatimuksia U-arvon osalta. Vaatimukset perustuvat ympäristöministeriön asetukseen (YMa 4/13.)

TAULUKKO 1. Korjattavien rakennusosien vaatimukset (Nieminen & Virta 2016, 8)

| Korjattava rakennusosa | Korjauksen U-arvovaatimukset ja muut vaatimukset   |
|------------------------|--|
| Ulkoseinä              | 1) Alkuperäinen U-arvo * 0,5 tai U-arvo enintään 0,17 W/m <sup>2</sup> K.<br>2) Rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä kuten kohdassa 1 tai U-arvo vähintään 0,60 W/m <sup>2</sup> K. |
| Katto                  | 1) Alkuperäinen U-arvo * 0,5 tai U-arvo enintään 0,09 W/m <sup>2</sup> K.<br>2) Rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä kuten kohdassa 1 tai U-arvo vähintään 0,60 W/m <sup>2</sup> K. |
| Alapohja               | U-arvoa parannetaan mahdollisuuksien mukaan; arvo ei saa heikentyä.  |
| Ikkunat ja ovet        | 1) Uudet ikkunat ja ovet: U-arvo enintään 1,0 W/m <sup>2</sup> K.<br>2) Vanhat ikkunat ja ovet: korjattaessa parannetaan U-arvoa mahdollisuuksien mukaan.  |

Taulukossa (2) esitetään rakenteiden tavoitteellisia U-arvoja ja niiden kehitystä. vuoden 1969 arvot ovat ohjearvoja, jotka Suomen Rakennusinsinööriliitto on esittänyt. Vuodesta 1976 alkaen arvot perustuvat Suomen rakentamismääräyskoelman asettamiin määräyksiin. (Nieminen & Virta 2016, 10.)

TAULUKKO 2. Rakenteiden tavoitteellisia U-arvoja (Nieminen & Virta 2016, 10)

|                                 | Rakennusluvan vireilletulovuosi |        |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------------|---------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                 | -1969*                          | 1969-* | 1976- | 1978- | 1985- | 2003- | 2008- | 2010- | 2012- |
| Lämpimät tilat                  |                                 |        |       |       |       |       |       |       |       |
| Ulkoseinä                       | 0,81                            | 0,81   | 0,40  | 0,35  | 0,28  | 0,25  | 0,24  | 0,17  | 0,17  |
| Maavarainen alapohja            | 0,47                            | 0,47   | 0,40  | 0,40  | 0,36  | 0,25  | 0,24  | 0,16  | 0,16  |
| Ryömintätilainen ala-pohja      | 0,47                            | 0,47   | 0,40  | 0,40  | 0,40  | 0,20  | 0,20  | 0,17  | 0,17  |
| Ulkoilmaan rajoittuvat alapohja | 0,35                            | 0,35   | 0,35  | 0,29  | 0,22  | 0,16  | 0,16  | 0,09  | 0,09  |
| Yläpohja                        | 0,47                            | 0,47   | 0,35  | 0,29  | 0,22  | 0,16  | 0,15  | 0,09  | 0,09  |
| Ovi                             | 2,2                             | 2,2    | 1,4   | 1,4   | 1,4   | 1,4   | 1,4   | 1,0   | 1,0   |
| Ikkuna                          | 2,8                             | 2,8    | 2,1   | 2,1   | 2,1   | 1,4   | 1,4   | 1,0   | 1,0   |

\* Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry:n esittämät ohjearvot.

### 3.1.1 U-arvon laskenta

Tässä kohdassa käytettävä laskutyyli U-arvolle ei ota huomioon rakenteen eristävyttä heikentäviä seikkoja, kuten kylmäsiltoja, joita voivat olla runkotolpat, kiinnikkeet ja koolaukset. Laskennan tarkoitus on selvittää rakenteen eristävyys ehjältä osalta, missä häiriötekijöitä tulokseen ei ole. Tällä voi saada yleisen käsityksen rakenteiden eristävydestä ja sen pohjalta hanketta harkitseva voi tehdä päätöksiään, mitä rakenne osia lähdetään parantamaan.

Puuinfo.fi saatu puurakenteiden U-arvon määrittäyskaava on seuraava:

Rakenteen U-arvo lasketaan kaavalla (1):

$$U = \frac{1}{RT} \quad (1)$$

RT lasketaan kaavalla (2). RT on rakennusosan kokonaislämmönvastus (m<sup>2</sup> °C/W)

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_{se} \quad (2)$$

missä:

$R_{se}$  = ulkopinnan pintavastus (vakio SFS-EN ISO 6946:2017 ) ( $m^2C/W$ )

$R_{si}$  = sisäpinnan pintavastus (vakio SFS-EN ISO 6946:2017 ) ( $m^2C/W$ )

$R_1/R_2$  = ainekerrosten lämmönvastuksia.

$R_1/R_2$  ainekerrosten lämmönvastuksia lasketaan kaavalla (3):

$$R_1/R_2 = \frac{d}{\lambda U} \quad (3)$$

missä:

$d$  = ainekerroksen paksuus (m)

$\lambda U$  = ainekerroksen lämmönjohtavuuden arvo ( $\lambda$ -arvo saadaan esimerkiksi eristeiden tuotetiedoista tai ISO 10456 +AC standardin taulukon mukaisesti) ( $m^2C/W$ )

(Puuinfo.fi 24.9.2021)

### 3.2 Rakenteen kosteustekniikka

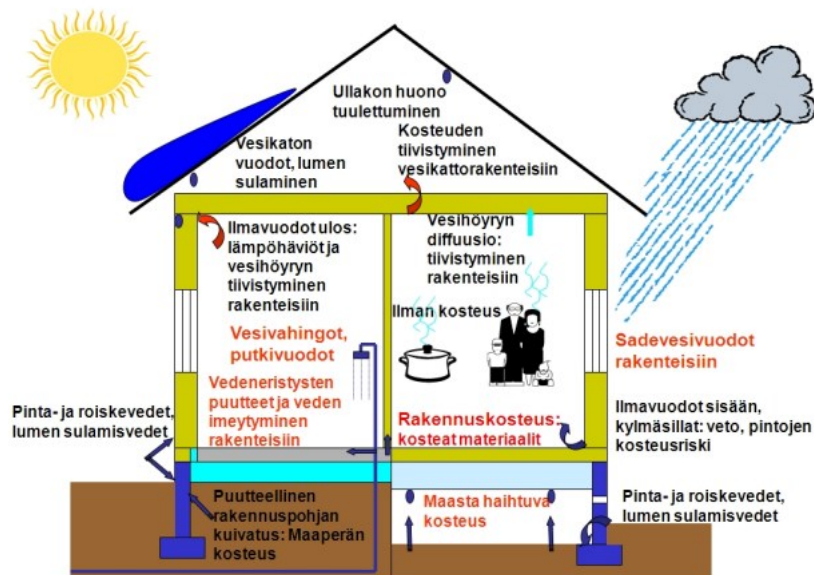
Yksi iso osatekijä rakenteen toiminnalle on kosteusteknillinen toiminta eristettävän rakenteen paksuuden kasvaessa. Kosteusteknillinen haaste rakenteille suoran vesirasituksen lisäksi on sisäilman kosteus, jota käyttäjä nostaa toiminnallaan. Esimerkiksi henkilömäärä, arkiset toimet kuten ruuanlaitto ja suihkun käyttö nostavat sisäilman kosteutta. Tätä pyritään hallitsemaan toimivilla lämmitys- ja ilmanvaihtoratkaisuilla. Talvikuukausina sisäilman suhteellisen kosteuden tulisi pysyä noin 25-40 prosentin välissä. (Sisäilmayhdistys ry. n.d.)

Sisäilman vesihöyryn osapaine on yleensä korkeampi, kuin ulkoilmassa. Tämä vesihöyry pyrkii kulkeutumaan diffuusion tai konvektion kautta rakenteisiin.

Ongelma syntyy, kun rakenteeseen kulkeutunut kosteus ei pääse poistumaan ja vuodenajan mukaan sään kylmetessä kosteus pyrkii tiivistyvään. Tästä syntyy kastepiste rakenteeseen. (Sisäilmayhdistys ry. n.d.)

Puurakenteisessa talossa tulisi rakenteeseen kulkeutuvaa sisäilmaa minimoida tekemällä rakenteen sisäpinnasta tiivis. Tiiviimpi sisäpuolen rakenne saadaan lisäämällä ilman- tai höyrynsulku. Rakennekerrosten tiiveys tulisi harventua ulospäin edetessä, jonka avulla tiiviimmän sisäkuoren läpi kulkeutunut kosteus poistuu rakenteesta. Ulkopintaan kuuluisi siis asentaa höyryä läpäisevä huokoinen materiaali, kuten tuulensuojalevy ja ulkoverhouksen taakse tulisi jättää tuuletusrako. (Sisäilmayhdistys ry. n.d.)

Kuvassa (1) tuodaan vielä visuaalisesti esille rakenteen kosteusrasituksia, joita ympäristö ja tilojen käyttö aiheuttaa.



KUVA 1. Rakenteen erilaiset kosteusrasitteet (Nieminen ym. 2013, 23)

### 3.3 Rakenteen tiiveys

Rakenteiden ja liitoskohtien läpi kulkeutuvaa ilmaa kutsutaan vuotoilmaksi. Sillä on iso merkitys rakennuksen energiankulutuksen kasvamisessa. Rakennuksen ilmatiiveyttä kuvataan  $n_{50}$ -luvulla. Luku kertoo kuinka monta kertaa sisäilman ilmatilavuus vuotaa rakenteiden läpi. Saatu tiiveyslukema ilmoitetaan 1/h (kertaa

tunnissa). Tiiveyttä saadaan mitattua erityislaitteistolla. Laitteiston avulla rakennuksen sisäilman ja ulkoilman välille luodaan paine-eroa, jonka tasaantuminen tapahtuu vuotoina. (Energiatehokas koti. 21.7.2020.)

Vuotoilmalla voi olla myös kosteusteknisiä vaikutuksia. Esimerkiksi vuotoilma, joka aiheutuu sisäpinnan tiiviin kerroksen vauriosta tai raoista, mahdollistaa vesihöyryn konvektion ulospäin kulkeutuvan ilmavirran mukana rakenteeseen. (Sisäilmayhdistys ry, n.d)

Konvektion vähentämistä ja ilmatiiveyden parantamista edesautetaan tekemällä rakenteen sisäosasta tiiviimpi esimerkiksi höyrynsulkumuovilla tai ilmansulkupaperilla, joka erottaa sisäilman ja rakenteen vaipan toisistaan. Sulun kerroksen tiiveydestä varmistutaan asentamalla sulkumateriaali ehjänä ja teippaamalla sen saumat ja läpiviennit tarkasti. Muita tiiveydelle haastavia kohtia ovat eri rakennesien liitoskohdat, kuten ikkunat, sekä seinän ja yläpohjan liitos. (Energiatehokas koti. 21.7.2020.)

## **4 LISÄERISTYSTYÖN SELVITYKSET**

### **4.1 Kuntotutkimus**

Koska lisälämmöneristyksen yhteydessä tullaan vanhaa rakennetta peittämään, olisi kannattavaa suorittaa kohteen kuntotutkimus. Vanhan rakenteen tutkimus tehdään avaamalla rakenteita tarkastelua varten, jolloin rakenteen tarkastelun lisäksi voidaan rakenteesta suorittaa kosteuden ja mikrobitasojen mittausta. Kosteusmittauksen toteutus voidaan tehdä pintamittauksella, rakenteen suhteellisen kosteuden mittauksella tai koepalojen ottamisella. (Nieminen ym. 2013, 97)

Perusteellisella kuntotutkimuksella saadaan kartoitettua rakenteen mahdolliset vauriot, vaurioiden syyt ja niiden laajuus. Nämä seikat tulevat vaikuttamaan korjaushankkeen laajuuteen ja käytettävien eristysmenetelmien valintaan suunnittelussa. (Nieminen & Virta 2016, 36.)

### **4.2 Haitta-aineet**

#### **4.2.1 Yleisesti**

Haitta-aineet ovat rakennusmateriaaleissa käytettyjä aineita, jotka on jälkeenpäin todettu haitalliseksi ympäristölle ja terveydelle. Haitta-aineiden vaaroista ja niiden kanssa toimimisesta olisi tärkeää olla perillä, kun työskennellään vanhempien talojen parissa. Ennen vuotta 1994 rakennettuihin taloihin tehtäessä korjaus- tai purkutöitä, tulisi kohteeseen suorittaa haitta-ainekartoitus. (Asbesti.info n.d) Tässä luvussa on nostettu esille muutama yleinen haitta-aine, jotka tulevat vastaan työskenneltäessä vanhojen kohteiden kanssa.

#### **4.2.2 Asbesti**

Asbesti on yleisnimitys kuitumaisille silikaattimineraaleille, jotka tulivat käyttöön rakennusalan materiaaleihin 1920-luvun aikana ja ovat yleisemmin olleet käytössä 60- ja 70-luvun aikana. Asbesti on terveydelle haitallista hengitettäessä ja aiheuttaa useita sairauksia kuten syöpää ja asbestoosia. Asbesti kiellettiin



vuonna 1994, joten tätä vanhempien talojen parissa työskenneltäessä tulisi olettaa asbestia olevan rakenteissa.

Asbestia on käytetty rakennusmateriaaleissa kuten

- ilmanvaihtokanavissa
- eristeissä
- rakennuslevyissä
- palokatkoissa
- sementtituotteissa
- vahoissa muovimatoissa.

Lisälämmöneristystyön kannalta huomioitavia edeltä mainituista ovat julkisivun levytuotteet kuten mineriittilevyt ja putkien, sekä hormien eristeet. (Asbesti.info n.d.)

Asbesti on vaarallinen etenkin purettaessa, koska irrotettavassa materiaalissa oleva asbesti päätyy ilmaan, kun rakenne rikkoutuu. Tämän takia asbestia sisältävän rakenteen purun tulisi suorittaa haitta-aineisiin erikoistunut ammattilainen ja purkutyöhön tulisi hakea erillistä asbestin purkutyölupaa. (Asbesti.info n.d.)

#### **4.2.3 Raskasmetallit**

Raskasmetallit ovat olleet käytössä talonrakentamisessa esimerkiksi vanhoissa sisä- ja ulkomaaleissa, sekä kyllästetyissä puutuotteissa. Materiaalien haitta-aineen sisältäminen todetaan rakenteista otettavan koepalan laboratorioanalyysillä. (Asbesti.info n.d.)

Raskasmetalliyhdisteet aiheuttavat terveyshaittoja joutuessaan hengitysteihin tai ihokontaktiin. Tämä voi aiheuttaa altistuneelle iho- ja keuhko-oireita, sekä vakavammassa tapauksissa sisäelinvaurioita ja syöpää. Käsiteltäessä tulisi siis huolehtia ihokontaktin estosta ja hengityssuojauksesta, sekä asianmukaisesta jätteenkäsittelystä. (Asbesti.info n.d.)

## **4.3 Energiaselvitys ja todistus**

### **4.3.1 Energiaselvitys**

Energiaselvitys on dokumentti, jota vaaditaan uusilta rakennuksilta, sekä luvanvaraisten korjaus- muutostöiden yhteydessä. Selvitys on osana aineistoja, joita tullaan toimittamaan rakennusviranomaiselle rakennuslupaa haettaessa ja sillä osoitetaan tehtävän rakennuksen energiatehokkuutta. Energiaselvitys sisältää seuraavat tiedot ja tarkastelut:

- rakennuksen E-luvun laskennan lähtötiedot ja tulokset
- rakennuksen lämpöhäviöiden selvitys ja määräysten mukaisuus
- ilmanvaihtojärjestelmän sähkötehon laskenta
- arvio rakennuksen lämmitystehontarpeesta
- arvio todellisesta rakennuksen energiankulutuksesta
- E-luku laskennalla
- energiatodistus.

Keskeisessä osassa energiaselvitystä oleva lämpöhäviön laskenta suoritetaan tasauslaskennalla. Tasauslaskentaan on olemassa ympäristöministeriön tasauslaskennanopas, jonka mukaisesti laskenta tulee suorittaa. Tasauslaskennan tarkoituksena on laskea lämpöhäviötä osatekijöihin jaettuna. Osatekijät ovat vaippa, vuotoilma ja ilmanvaihto. Yhden osatekijän lämpöhäviön ollessa vertailulämpöhäviötä suurempi, pitää se saada tasattua toisen osatekijän pienemmällä lämpöhäviöllä. (Tasauslaskentaopas 2018, 9)

### **4.3.2 Energiatodistus**

Energiaselvityksen yhtenä osana on vuonna 2013 alkaen myös pientaloja koskeva energiatodistus, jonka laatimisesta vastaa aina energiatodistusrekisterissä oleva henkilö. Todistus on dokumentti, mitä tullaan tarvitsemaan etenkin vanhoja pientaloja koskien myynti- ja vuokraustilanteessa ja sillä kuvataan rakennuksen energiatehokkuutta ja energiantarvetta, mihin käyttäjätottumuksella ei ole vaikutusta. Tämän avulla voidaan eri rakennuksien energiatehokkuutta vertailla kes-

kenään kauppojen ja vuokrauksen yhteydessä. Energiatodistuksessa myös energian kulutuksen arvioinnin lisäksi tullaan käymään läpi suositeltavia keinoja tehokkuuden parantamiseksi. (Energiatodistusopas 2018, 4)

Olemassa olevan rakennuksen energiatodistuksen laatimisessa tullaan rakennusta tarkastamaan paikan päällä tehtävällä havainnoinnilla, jonka suorittaa rekisteröity energiatodistuksen laatija. Paikan päällä tehtävässä tarkastuksessa pyritään keräämään rakennusta mahdollisimman hyvin kuvaavaa tietoa, jonka pohjalta tullaan raportoimaan kustannustehokkaista energiatehostamistoimenpiteistä ja niiden energiasäästöarvioista. Käytettävissä olevat ostoenergian tiedot tulee myös ilmoittaa. Paikan päällä tarkastuksessa keskitytään rakenteisiin ja energian kulutukseen vaikuttaviin asioihin kuten

- ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat, yläpohja- ja alapohjarakenteet
- lämmitysjärjestelmä ja käyttöveden lämmitys
- ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmä
- valaistus
- muut järjestelmät, joilla on vaikutusta energiatehokkuuteen.

Olemassa olevan rakennuksen energiatodistus on enintään voimassa 10 vuotta, tai siihen asti, kunnes uusi todistus laaditaan. (Energiatodistusopas 2018, 17–19)

Energiatodistuksen keskeisenä tuotoksena saadaan E-luku, joka kuvaa energian kulutusta kilowattitunteina neliölle vuodessa (KWh/m<sup>2</sup>a). E-lukua lähdetään laskemaan määrittämällä rakennuksen vakioituneeseen käyttöön perustuva ostoenergian kulutus sen eri muodoissa. Jokaiselle energiamuodolle on määritelty oma kerroin. Tämä tulos lasketaan yhteen ja lopuksi tulos ilmoitetaan rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden vuositasolla. (Energiatodistusopas 2018, 13–14)

Energiamuotojen kertoimet ovat seuraavat:

- kaukolämpö 0,5
- sähkö 1,2
- fossiiliset polttoaineet (esim. polttoöljy) 1,0
- Uusiutuvat polttoaineet (esim. puupelletti) 0,5
- Kaukojäähdytys 0,28.

Lausekkeeseen sijoitettuna laskenta tapahtuu kaavalla (5):

$$E = \frac{\text{kaukolämpö} \times 0,5 + \text{sähkö} \times 1,2 + \text{fossiiliset} \times 1,0 + \text{uusiutuvat} \times 0,5 + \text{kaukojäähdytys} \times 0,28}{A_{\text{netto}}} \quad (5)$$

Kaavasta saatu tulos luokitellaan luokkiin A-G missä A on energiatehokkain rakenne (taulukko 3.). Omakotitalojen osalta E-luvun tulokseen ja sillä saatavaan luokitukseen vaikuttaa rakennuksen pinta-ala. (Energiatodistusopas 2018, 13–14)

TAULUKKO 3. Energiatehokkuusluokat pientaloissa (Energiatodistusopas 2018, 52)

| Rakennuksen energiatehokkuusluokka  |  |                |               |                |                |                |                |            |  |  |
|---|--|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|--|--|
| Käytetty E-luvun luokitteluasteikko   | Pienet asuinrakennukset  |                |               |                |                |                |                |            |  |  |
| Luokkien rajat asteikolla   | <table border="1"> <tr> <td>A: ... 80</td> <td>B: 81 ... 126</td> <td>C: 127 ... 163</td> </tr> <tr> <td>D: 164 ... 243</td> <td>E: 244 ... 373</td> <td>F: 374 ... 443</td> </tr> <tr> <td>G: 444 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | A: ... 80      | B: 81 ... 126 | C: 127 ... 163 | D: 164 ... 243 | E: 244 ... 373 | F: 374 ... 443 | G: 444 ... |  |  |
| A: ... 80   | B: 81 ... 126  | C: 127 ... 163 |               |                |                |                |                |            |  |  |
| D: 164 ... 243  | E: 244 ... 373   | F: 374 ... 443 |               |                |                |                |                |            |  |  |
| G: 444 ...  |  |                |               |                |                |                |                |            |  |  |
| Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka  | B  |                |               |                |                |                |                |            |  |  |
| <p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jotta eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p> |  |                |               |                |                |                |                |            |  |  |

Kun rakennuksen energiatehokkuutta lähdetään parantamaan, sen suunnittelu ja toteutus perustuu E-luvun pienentämiseen. Ympäristöministeriön asetuksessa koskien rakennusten energiatehokkuuden parantamista korjaus- ja muutostöissä, on pientalojen osalta seuraavan kaavan 4 mukainen:

$$E\text{-vaadittu} \leq 0,8 \times E\text{-laskettu} \quad (4)$$

(Jyrki Kauppinen YM. 27.2.2013).

## 5 ESIMERKKIRAKENTEITA

### 5.1 Seinärakenteet purueristeisissä taloissa.

Seinien esimerkkirakenteiden ratkaisuissa on pyritty vähintään suositeltavaan alkuperäisen U-arvon puolittamiseen.

1950-luvun pientalorakentamiselle tyypillinen rakenneratkaisu on puurunkoinen ja sahanpurulla eristetty rakenne. Tällä menetelmällä toteutettu seinärakenne on yleensä tuulettumaton, ja sen vinolaudoituksen ja eristeen väliin on asennettu tervapaperi. (Nieminen & Virta 2016,19) Rakenne on tuulettumaton, koska julkisivulaudoitus on suoraan kiinnitetty ulkopuolen vinolaudoitukseen (kuva 2).



KUVA 2. Yleinen purueristeinen seinärakenne (Nieminen & Virta 2016, 19)

Alkuperäinen purueristetty ulkoseinärakenne on lähtökohtaisesti toimiva rakenne sellaisenaan kosteustekniseltä kannalta. Ongelman rakenteeseen usein aiheuttaa purun painuminen, jonka takia syntyy eristämättömiä kylmäsiltoja ja paikalli-

sesti rakenteen sisäpuolen lämpötila laskee. Tämä yhdistettynä sisäilman kosteuteen, joka siirtyy rakenteeseen voi aiheuttaa veden kondensoitumista seinän sisälle. (Nieminen & Virta 2016, 20.)

Liitteessä (1) on laskettuna alkuperäisen yleisen purueristeseinän U-arvo ja kosteuskäyrät. Näissä nähdään, kuinka alkuperäisessä rakenteessa lämpötila laskee alas purueristekerroksen sisällä, sekä kuinka kovalla pakkasella ja sisäilman kosteuden ollessa korkealla voi kosteus tiivistyä eristeisiin.

Lisäeristys ulkopuolelle tehtynä nostaa vanhan rakenteen lämpötilaa myös paikoista missä purueriste on painunut ja sitä kautta vähentää kondensoitumisen riskiä. Sisäpuolelle tehtävissä rakenteiden muutosten yhteydessä olisi pyrittävä sisäpinnan vesihöyrynvastuksen kasvattamiseen. Sisäpinnan vesihöyrynvastuksen tulisi olla 5–10 kertainen verrattuna lisälämmöneristyksen vastukseen verrattuna. (Nieminen & Virta 2016, 20.)

Purueristeisen seinän lisäeristys voidaan tehdä purkamalla vanha julkisivumateriaali ja lisäämällä vinolaudoituksen päälle koolaus ja koolauksen väleihin 5 senttimetrin paksuudelta esimerkiksi mineraalivillaa. Vanha purueriste voidaan halutessa tai viallisuuden takia poistaa ja korvata mineraalivillalla. Tämä kuitenkin vaatii ulkopuolen vinolaudoituksen purkua.

Uuden eristekerroksen päälle asennetaan huokoinen tuulensuojalevy. Tuulensuojalevyn päälle tulee vielä ennen uutta julkisivumateriaalia lisätä rimoitus, jotta uuden rakenteen tuulettuvuus toteutuu (kuva 3). (Nieminen & Virta 2016, 20)

Liitteessä (2) on todennettu lisäeristyksen vaikutusta rakenteeseen ja U-arvon puolitusta, jota esimerkkimetodilla tavoiteltiin. Liitteestä myös voidaan huomioida, miten vanhan rakenteen lämpötila nousee ja mahdollinen kastepiste siirtyy uuden rakenteen ulkopintaan.



KUVA 3. Lisälämmöneristetty seinärakenne (Nieminen & Virta 2016, 19)

Kun lisälämmöneristys toteutetaan (kuva 3) esitetyn tavan mukaisesti, saadaan toimiva rakenne. Lisättyjen rakennekerrosten vesihöyrynläpäisevyys on suurempi verraten vanhaan rakenteeseen, joten sisäilmasta rakenteeseen kulkeutuva kosteus ei pääse kertymään uuteen rakenteeseen. Myös vanhan puruseinän ulkopinnassa oleva tervapaperi, joka on tiiviimpi rakenneosana ei aiheuta kosteuden kertymistä, sillä sen lämpötila rakenteessa nousee. Kun lisäeristys tehdään hyvin vesihöyryä läpäisevillä eristeillä ja tulensuojalevyillä, saadaan rakenteesta kuivumiskykyinen. (Nieminen & Virta 2016, 20.)

Uuden korjatun seinärakenteen ollessa tuulettuva ja mahdollisen sisäpuolen rakenteen tiivistämisenkin jälkeen pitää sisäpuolelta tulevien kosteuskuormitusten pysyä maltillisella tasolla. Kosteuskuormitusta nostaa muiden käyttöön liittyvien seikkojen lisäksi etenkin ilmanvaihdon puutteellisuus tai riittämättömyys. Vanhemmissa taloissa, kuten purueristetaloissa ilmanvaihto on lähtökohtaisesti painovoimainen, ellei siihen ole tehty muutoksia aikaisemmissa korjauksissa. Ra-

kanteiden korjausten yhteydessä tulisi muutoksia tehdä ilmanvaihtoon, tai varmistua alkuperäisen painovoimaisen ilmavaihdon riittävydestä ja toiminnasta. (Nieminen & Virta 2016, 20.)

## 5.2 Hirsiseinän lisäeristys

Hirsirakenne on monessa mielessä samojen ehtojen sisällä toimiva rakenne veratessa purueristeiseen rakenteeseen. Senkin kohdalla suositeltava eristysmenetelmä on ulkopuolinen lisälämmöneristys, jolla alkuperäisen rakenteen lämpötila tulee kasvamaan. Esimerkiksi tuotevalmistajan Parocin ehdotetun (kuva 4) tavan mukaisesti voidaan saada toimiva rakenne, kun lämpötila rakenteessa kasvaa.



KUVA 4. Hirsirakenteen ulkopuolinen eristys (Paroc, n.d.)

Vanhan Hirsiseinän hirsien välit ja halkeilut olisi hyvä tilkitä tilkitsemiseen sopivilla villasuikaleilla. Tämä ensisijaisesti parantaa rakenteen ilmatiiveyttä. Jos tiiveydestä halutaan varmistua, voidaan uuden ja vanhan rakenteen väliin lisätä ilmansulkupaperi. Hirsiseinän ulkopuolelle lisätään puurankarakenne, jonka välit täytetään eristeellä. Jos seinää suoristetaan työn ohella, kannattaa pehmeä villamateriaali valita hieman rankarakennetta paksumpana, jolloin suoristettaviin osuuksiin ei jää tyhjää ilmatilaa. Eristekerroksen päälle asennetaan huokoinen tuulensuojalevy ja levyjen saumat teipataan. Ulkuvuorauksen ja tuulensuojalevyn väliin



tulee jättää tuuletusrako, joka voidaan tehdä esimerkiksi 22 mm rimalaudalla.  
(Paroc, n.d.)

### 5.3 Yläpohjarakenteita

#### 5.3.1 Vино yläpohjarakenne

Vanhoille omakotitaloille yleinen yläpohjaratkaisu on harjakattoinen tuulettumaton tai heikosti tuulettuva purueristeinen rakenne (kuva 5). Vesikatemateriaalit ovat yleensä kohteissa tiili- ja ohutlevykatteita. Vesikatteen puolelta kuvaten vanha rakenne on:

- vesikate
- ruodelaudoitus
- rakennuspaperi
- eristekerros
- ilmansulkupaperi
- alapuolinen laudoitus.

Mahdollisesti tuulettuvan rakenteesta tekee purueristeen painuminen, joka avaa ilmatilaa ruodelaudoituksen välissä. (Nieminen & Virta 2016, 24)

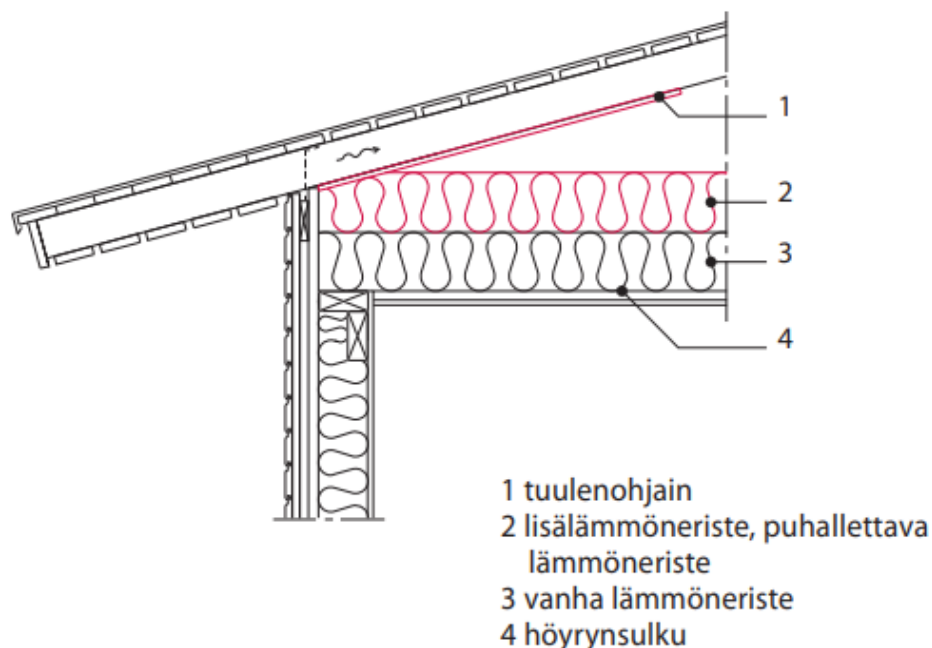


KUVA 5. Vesikatteen suuntainen eristys (Nieminen & Virta 2016, 24)

Rakennetta korjattaessa ja eristävyyttä parannettaessa purueristys poistetaan ja tilalle asennetaan esimerkiksi mineraalivilla. Tällä tavoin eristeen ja rakenteen paksuus ei kasva, mutta lämmöneristävyys paranee. Lämmöneristeiden vaihdon yhteydessä tulee varmistua, että uusi rakenne on tuulettuva ja että tuulettuvan tilan ilman kierto ulkoilmaan on riittävä. Paras lähtökohta on tehdä eristeiden vaihto kattoremontin yhteydessä. Tällöin asennus saadaan tehtyä hyvin ja tuuletusrako pystytään toteuttamaan kunnolla. Eristeen päälle tulee tuulensuoja levytuote tai ilmansulkupaperi. Uuden tuuletusvälin ja ruodelaudoituksen väliin tulee lisätä aluskate, joka ohjaa vesikatteen kondensoitunutta vettä hallitusti seinälinjan ulkopuolelle. (Nieminen & Virta 2016, 24)

### 5.3.2 Tuulettu tilainen yläpohja

Myös yleinen yläpohjamalli on tuulettu tilainen yläpohja, jossa eristeet makaavat huonetilan välikaton päällä (kuva 6). Tätä eristysmallia on lähtökohtaisesti käytetty, kun kohde on yksikerroksinen tai ullakkotilaa ei ole otettu käyttöön. Tuulettuvan tilan ilman kierto tapahtuu vanhoissa rakenteissa alaräystäältä. Tällaisen yläpohjan lisäeristys on usein kaikista lisälämmöneristyskeinoista helpoin toteuttaa ja myös parantaa koko rakenteen U-arvoa hyvin verraten sen kustannukseen. (RT 83-11161)



KUVA 6. Tuulettu tilainen yläpohjan lisäeristys (RT 83-11161)

Lisäeristystä tehdessä tulee huomioida tuuletuksen toiminta alaräystäältä, sillä noussut eristepinta saattaa ahtaissa tiloissa tukkia ilmankierron. Ilmankierrosta voidaan varmistua lisäämällä tuulenohjainlevyt, jotka kiinnittyvät kattorakenteisiin ja pitävät tuuletusraon auki. Käytettäessä puhallusvillaa ohjaimet myös estävät ilmavirtaa nostattamasta eristettä seinän vieriltä pois. Lisäeristeen valinnassa tulee huomioida huokoisuuden kasvaminen vanhaan eristeeseen nähden, jolloin yläpohjan kuivuminen onnistuu. (RT 83-11161.)

Ilmanvaihtoa tulisi myös lisätä uuteen rakenteeseen alaräystään lisäksi esimerkiksi lisäämällä harjakattoisen talon päätykolmioihin venttiilit tai katolle tuuletuskanava. Jos vesikatteeseen ollaan tekemässä muutoksia, olisi hyvä muuttaa katteen harjarakenne tuulettuvaksi. Uuden eristyksen jälkeen tuuletusväliksi tulisi jäädä vähintään 100 mm matalimmissa kohdissa. (RT 83-11161.)

## 6 ESIMERKKIKOHTTEEN TARKASTELU

### 6.1 Kohteen esittely

Esimerkki kohteeksi opinnäytteeseen otetaan jo valmistunut kohde, jonka toteutuksessa oltiin mukana käytettävien menetelmien valinnoissa, sekä rakennustyön suorittamisesta vastaavana osapuolena. Tarkoituksena on peilata, miten kohde on onnistunut verraten opinnäytetyössä käsiteltyihin teoriapohjaisiin ratkaisuihin ja menetelmiin nähden.

Kohteeksi tähän opinnäytetyöhön valikoitui laajan korjausrakentamisen kohteena ollut 1920-luvulla alun perin rakennettu hirsitalo. Taloa ei oltu useampaan vuosikymmeneen käytetty asumistarkoitukseen, joten koko rakenteen vaippa, vesikatteet ja tekniikka tulivat päivitettäväksi. Korjauksen yhteydessä haluttiin parantaa talon energiatehokkuutta ja asumismukavuutta lisälämmöneristyksellä. Vanhaa hirsipintaa ei kohteessa jätetty näkyviin, joten eristystä toteutettiin vanhan rakenteen molemmille puolille. Hirsiseinien lisäksi kohteen rakenteet olivat luonnonkivijalkainen tuulettuva alapohja ja tuulettuva yläpohja harjakatolla.

### 6.2 Ulkoseinät

Ulkoseiniin eristystä toteutettiin lisäämällä seinän sisäpuolelle tulevan levytyksen taakse selluvillaa ruiskutuksella. Eristyksen paksuus vaihteli laudalla tehdyn koolauksen ja sen suoristelun mukaan keskimäärin noin 40 mm. Selluvillaeristeen lisäksi levytyksen alle laitettiin ilmansulkupaperi, jolla pyrittiin tasaamaan kosteuden kulkeutumista ja virtauksia rakenteisiin. Sisäpuolelle tehty lisärakenne myös mahdollisti sähköistysten lisäämisen seinän sisälle ja pintavedoilta välttyttiin. Ulkopuolelle lisättiin 25 mm paksu huokoinen bitumi pintainen tuulensuojalevytys ja tuuletusvälillinen ulkovuoraus puupaneelilla. Kuvassa (7) nähdään sisäpuolen koolaus ennen eristystä ja ilmansulkupaperia.



KUVA 7. sisäseinien lautakoolaus (Kuva: Aapo Saksa)

Liitteessä (3) ja (4), on DOF-lämpöohjelmalla tutkittu alkuperäistä ja uutta rakennetta. Tutkinnalla saatiin selville, että seinärakenteen U-arvo puolittui, mutta sisäpuolinen eristeen lisääminen toi mahdollisen kosteusteknisen haitan, kun laskennassa tutkittiin rakennetta 40 asteen lämpöeron vallitessa. Lämpöero oli -20 ulkona ja sisällä +20 astetta, sekä korkean sisäilman kosteuden vaikuttaessa. On kuitenkin huomioitavaa, että talviolosuhteissa ei tällaisiin kosteustasoihin päästä normaalin käytön ja toimivan ilmanvaihdon yhdistelmällä. Tämä huomio kannattaa kuitenkin pistää merkille ja suosia jatkossa teoriaosuudessa läpikäytyjä eristystapoja, jossa lisäeristys tulee vanhan rakenteen ulkopuolelle.

### 6.3 Ylä- ja alapohja

Kohteessa oli vintillä kylmä huonetila, jota ei uudessa rakenteessa otettu käyttöön, jotenka tuulettuvalle yläpohjalle oli hyvin tilaa. Alkuperäiset hiekalla painotetut turve- ja sammaleristeet poistettiin koko pohjan alalta ja tällä varmistuttiin yläpohjan rakenteiden kunnosta ja kuivuudesta, sekä eristyksen kosteusteknillisestä toiminnasta (kuva 8).



KUVA 8. Poistetut yläpohjaeristykset (Kuva: Aapo Saksa)

Uutena eristeenä kohteessa käytettiin puhallettavaa selluvillaa, jota puhallettiin 600–700 mm paksuudelta. Tällä huomioitiin puhallusvillan painumista, kun tavoittepaksuus oli noin 500 mm (kuva 9). Tällä eristepaksuudella saatiin yläpohjan U-arvoksi  $0,02 \text{ Wm}^2, \text{K}$ , jolla alitettiin rakennusmääräyskokoelma yläpohjan vähimmäisarvo  $0,09 \text{ Wm}^2, \text{K}$ .

Yläpohjan tuuleuksesta varmistuttiin jättämällä alaräystäälle tuuletusrakoa ja uuden vesikaterakenteen lisäyksen yhteydessä vesikatteen harjarakenteesta tehtiin tuulettuva. Katteen yhteydessä lisättiin myös aluskate, jolla katteen alapintaan kondensoitua vesi ohjataan seinälinjan ulkopuolelle. Tällä vähennetään uusien eristeiden kastumisen riskiä.



KUVA 9. Tuulettuva yläpohja uudella eristeellä (Kuva: Aapo Saksa)

Tuulettuvan alapohjan osalta vanha runko poistettiin kokonaan, jolloin voitiin varmistua uuden alapohjan kestävydestä ja suoruudesta. Alapohjaan myös lämmöneristeeksi valittiin puhallettava selluvilla. Kuvassa (10) nähdään alapohjaraakenne ja puhallusvillan asennus, jota käytettiin myös yläpohjassa.



KUVA 10. Uusi alapohja (Kuva: Aapo Saksa)

## 6.4 Ovet ja ikkunat

Kohteeseen myös uusittiin kaikki ikkunat ja ovet nykyaikaisten arvojen täyttävillä tuotteilla. Uudet ikkunat asennettiin rakenteen lämpimälle puolelle eli sisäpinnan mukaan. Ikkunan pellitykset tehtiin 30-asteen kanssa, jolloin riittävät kaadot toteutuivat. Valmistajan ilmoittamana ikkunoiden U-arvo oli 0,8 W/m<sup>2</sup>K ja lasillisten ulko-ovien arvo 0,9 W/m<sup>2</sup>K. Näillä alitettiin rakentamismääräyskokoelman mukainen minimi vaatimus, joka on 1,0 W/m<sup>2</sup>K.

## 6.5 Ilmanvaihto

Aikaisemmin tarvittava ilmanvaihto rakenteeseen on toteutunut vuotavista rakenteista, kuten ikkunat ja ovet, sekä painovoimaisen ilmanvaihdon alipaineesta on vastannut kaakeliuuni.

Uudessa rakenteessa rakenteen tiiveyden lisääntyminen huomioitiin varustamalla uudet ikkunat korvausilmaventtiileillä ja uuni säilytettiin uuden hormin avulla käyttökuntoisena. Tämä mahdollistaa sen käytön painovoimaisen ilmanvaihdon alipaineistajana, sekä talvikuukausina lisälämmitysmuotona. Uudet kosteusrasitukset, kuten suihkutilat ja keittiö huomioitiin lisäämällä koneellinen ilmanvaihto huippuimureilla pesutilaan ja liesituulettimeen.

Kohteessa käytettyjä ratkaisuja voidaan pitää toimivina, sillä sisäilmaa mitattaessa talven lämmityskaudella suhteellinen kosteusprosentti on pysynyt 20-30 prosentin välissä sisätilojen ollessa noin 20-21 asteen välissä. Liitteenä olevissa DOF-lämpö laskuissa sisäilman kosteus on määritetty yläkanttiin, jolloin rakenteen toimivuutta voidaan todentaa myös poikkeuksellisen rasitteen vallitessa, esimerkiksi tilanteessa, jossa ilmanvaihto on häiriintynyt.



## 7 POHDINTA

Opinnäytteeseen peilaten voidaan todeta lisälämmöneristyksen tekemisen olevan monen asian summa. Kun lähdetään parantamaan rakenteen energiatehokkuutta eristävyydellä, tullaan vaikuttamaan myös moneen muuhun asiaan asuinmukavuuden ja energiankulutuksen vähenemisen lisäksi.

Hankkeeseen ryhtyvällä olisi oman etunsa kannalta suotavaa koota perusymmärrys hankkeen laajuudesta ja rakenteen toiminnasta tai vähintään huolehtia, että hankkeeseen tullaan valitsemaan suunnittelija- ja työjohto-osastolle henkilöitä, joiden ammattitaito on kohteeseen nähden vähintäänkin riittävä. Näillä lähtökohdilla, kun lähdetään parantamaan rakennetta ja sen toimivuutta, ei tulla tekemään väärillä ratkaisuilla päinvastaista lopputulosta, jossa toimivasta talosta tehdään riskirakenne.

Kun pohditaan esimerkkikohteen onnistumista, voidaan eristävyyden parantamista pitää onnistuneena vaipan osalta, kun eri rakenneosien vaaditut U-arvot saavutettiin selkeästi. Tarkastellessa liitteissä olevaa materiaalia ja sen pohjalta tehtäviä päätelmiä rakenteen kosteustekniikan osalta, pitää kuitenkin suhtautua pienellä varauksella sisäpuolisen eristeen lisäämiseen tulevien hankkeiden osalta.

Opinnäyte kokonaisuutena ei tuonut esille mitään uutta ja mullistavaa, mutta sen sisältämän tiedon ymmärtäminen on jo hyvä lähtökohta hanketta harkitsevalle tai toteutuksesta vastaavalle, niin kuin opinnäytteen kirjoittajalle itsellekin. Keskeisinä keinoina toimivan rakenteen toteutukseen voidaan pohdinnan lopussa pitää vanhan rakenteen lämpötilan kasvatusta, sisäpuolen tiiveyttä, ulkopuolen huokoisuutta ja toimivaa ilmanvaihtoa.

## LÄHTEET

Asbesti.info n.d. Viitattu: 11.3.2024 Saatavana: <https://www.asbesti.info/asbestia-rakennuksessa>

Energiatehokas koti. 21.7.2020. Rakennuksen suunnittelu. Viitattu 8.3.2024. saatavana:<https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen-suunnittelu/ilmanpitavyys>

Energiatodistusopas 2018. Rakennuksen energiatodistus ja E-luvun määrittäminen. Ympäristöministeriö.

Jyrki Kauppinen YM. 27.2.2013. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä

Nieminen J. & Virta J. 2016. Rakennusten lisälämmöneristäminen. Helsinki: Hansaprint Oy

Nieminen J., Kouhia I., Ojanen T. & Knuuti A. 2013. Kosteusteknisesti toimivia korjausrakentamisen periaateratkaisuja Espoo: VTT

Paroc.com Hirsiseinän ulkopuolinen lisälämmöneristys. n.d. Viitattu 1.4.2024. Saatavana: <https://fi.paroc.com/kayttokohteet/rakennusten-eristaminen/korjausrakentaminen/>

Puuinfo.fi 24.9.2021 U-arvon määrittäminen. Viitattu 20.3.2024 saatavana: <https://puuinfo.fi/suunnittelu/mitoitustyokalu/puurakenteen-u-arvon-maarittaminen/>

RT 83-11161. 2014 Yläpohjan Lisälämmöneristäminen Helsinki. Rakennustieto Oy. Viitattu 25.3.2024 Vaatii käyttöoikeuden <https://www.rakennustieto.fi/>

RT 11-10781. 2002 Luvan hakeminen rakentamiseen. Helsinki. Rakennustieto Oy. Viitattu 1.3.2024 Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.rakennustieto.fi/>

SFS-EN ISO 6946:2017. 2021–12. Building components and building elements. Thermal resistance and thermal transmittance. Calculation methods. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Sisäilmayhdistys.ry. n.d. Kosteustekninen toiminta Viitattu 22.3.2024 saatavana: [https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekni-  
nen-toiminta](https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekni-<br/>nen-toiminta)

Tasauslaskentaopas 2018. 31.3.2017 Ympäristöministeriön ohje rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden osoittaminen.

YM5/601. Ympäristöministeriön ohje rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta. Helsinki 12.3.2015

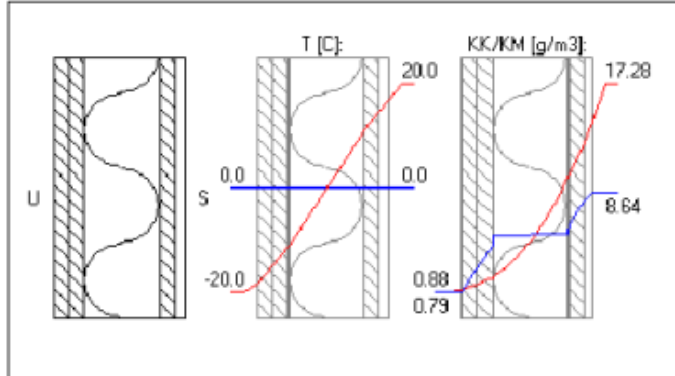
## LIITTEET

Liite 1. Purueristeinen seinärakenne ennen lisäeristystä.

|  |                      |                               |
|--|----------------------|-------------------------------|
| Rakennuskohde:<br>Alkuperäinen puruseinä | Sisältö:<br>seinä    |                               |
| Suunnittelija:<br>Aapo Saksa             | Päiväys:<br>5.4.2024 | Tunnus:<br><b>alkuperäine</b> |

**Rakenteen päätiedot**

|                        |                               |
|------------------------|-------------------------------|
| U-arvo:                | 0.626 W/m <sup>2</sup> K      |
| Paksuus:               | 174.000 mm                    |
| Pinta-ala:             | 1.00 m <sup>2</sup>           |
| Paino:                 | 51.92 kg                      |
| Hinta:                 | 0.00 euro                     |
| Vesihöyryn vastus:     | 8554.293 m <sup>2</sup> hPa/g |
| Vesih. läpäisykerroin: | 0.000117 g/m <sup>2</sup> hPa |
| Lämmönvastus:          | 1.598 m <sup>2</sup> K/W      |
| Pintavastus, ulko:     | 0.070 m <sup>2</sup> K/W      |
| Pintavastus, sisä:     | 0.130 m <sup>2</sup> K/W      |
| Kulma (0-90):          | 90.000                        |

**Rakenteen kerrostiedot**

|                 |            |            |                            |                             |                             | Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S) |  |
|-----------------|------------|------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--|
| KERROS:         | T [mm]:    | LJ [W/mK]: | VHL [gm/Nh]:               | Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:  | Paino [kg/m <sup>3</sup> ]: |                                 |  |
| 1 ulkovaoraus   | 20.00      | 0.1400     | 1.000000e-05               | 0.00                        | 480.00                      |                                 |  |
| 2 umpilaudoitus | 20.00      | 0.1400     | 1.000000e-05               | 0.00                        | 480.00                      |                                 |  |
| 3 Tervapaperi   | 1.00       | 0.1400     | 1.152000e-06               | 0.00                        | 0.00                        |                                 |  |
| 4 Sahanpuru     | 100.00     | 0.1100     | 6.600000e-04               | 0.00                        | 160.00                      |                                 |  |
| 5 Tervapaperi   | 1.00       | 0.1400     | 1.152000e-06               | 0.00                        | 0.00                        |                                 |  |
| 6 umpilaudoitus | 20.00      | 0.1400     | 1.000000e-05               | 0.00                        | 480.00                      |                                 |  |
| 7 Lastulevy     | 12.00      | 0.1300     | 1.800000e-05               | 0.00                        | 700.00                      |                                 |  |
|                 |            |            |                            |                             |                             | KYLMA-SILTA:                    |  |
|                 | LJ [W/mK]: | SPA [%]:   | Hinta [e/m <sup>3</sup> ]: | Paino [kg/m <sup>3</sup> ]: | LK [W/K](kpl):              |                                 |  |
| 2 raot          | 1.0000     | 5.0        | 0.00                       | 0.00                        | ---                         |                                 |  |
| 4 runko         | 0.1400     | 5.0        | 0.00                       | 0.00                        | ---                         |                                 |  |

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA = Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

**Lämpötilat ja kosteudet:**

|        |        |                         |                         |         |                        | 3:n päivän kylmin (0.0 h) |  |  |  |  |
|--------|--------|-------------------------|-------------------------|---------|------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Piste: | T [C]: | KK [g/m <sup>3</sup> ]: | KM [g/m <sup>3</sup> ]: | SK [%]: | C [g/m <sup>2</sup> ]: |                           |  |  |  |  |
| U      | -20.00 | 0.88                    | 0.79                    | 90.0    | 0.00                   |                           |  |  |  |  |
| 1      | -18.30 | 1.01                    | 0.79                    | 77.8    | 0.00                   |                           |  |  |  |  |
| 2      | -14.82 | 1.40                    | 2.62                    | 100.0   | 0.00                   |                           |  |  |  |  |
| 3      | -11.35 | 1.95                    | 4.46                    | 100.0   | 0.00                   |                           |  |  |  |  |
| 4      | -11.17 | 1.98                    | 5.26                    | 100.0   | 0.00                   |                           |  |  |  |  |
| 5      | 10.94  | 10.03                   | 5.40                    | 53.8    | 0.00                   |                           |  |  |  |  |
| 6      | 11.12  | 10.14                   | 6.19                    | 61.1    | 0.00                   |                           |  |  |  |  |
| 7      | 14.59  | 12.55                   | 8.03                    | 64.0    | 0.00                   |                           |  |  |  |  |
| 8      | 16.84  | 14.35                   | 8.64                    | 60.2    | 0.00                   |                           |  |  |  |  |
| S      | 20.00  | 17.28                   | 8.64                    | 50.0    | 0.00                   |                           |  |  |  |  |

**Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)**

T=Lämpötila, KK=Kyllästy mskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

**Lisätiedot**

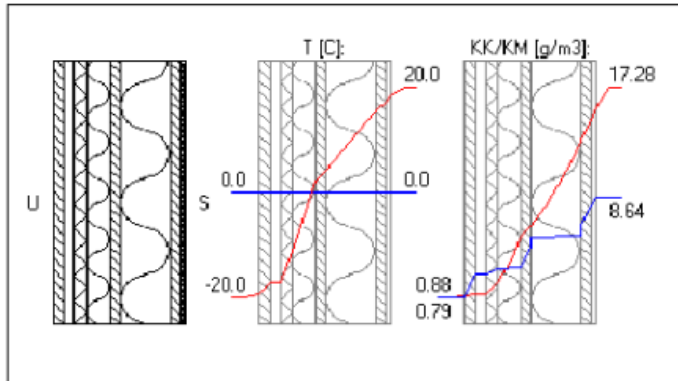
## Liite 2. Purueristetty seinä lisäeristysten kanssa.

|   |                       |               |
|---|-----------------------|---------------|
| Rakennuskohde:<br>Lisäeristetty puruseinä | Sisältö:<br>Seinä     |               |
| Suunnittelija:<br>Aapo Saksä              | Päiväys:<br>16.4.2024 | Tunnus:<br>US |

**Rakenteen päätiedot**

U-arvo: 0.318 W/m<sup>2</sup>K  
Paksuus: 272.000 mm  
Pinta-ala: 1.00 m<sup>2</sup>  
Paino: 63.09 kg  
Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 9352.067 m<sup>2</sup>hPa/g  
Vesih. läpäisykerroin: 0.000107 g/m<sup>2</sup>hPa  
Lämmönvastus: 3.142 m<sup>2</sup>K/W  
Pintavastus, ulko: 0.070 m<sup>2</sup>K/W  
Pintavastus, sisä: 0.130 m<sup>2</sup>K/W  
Kulma (0-90): 90.000

**Rakenteen kerrostiedot**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

| KERROS:               | T [mm]: | LJ [W/mK]: | VHL [gmVnh]: | Hinta [e/m <sup>3</sup> ]: | Paino [kg/m <sup>3</sup> ]: |
|-----------------------|---------|------------|--------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 Julkisivupaneli     | 23.00   | 0.1400     | 1.000000e-05 | 0.00                       | 440.00                      |
| 2 Tuulettuva ilmarako | 20.00   | 10.0000    | 1.000000e+01 | 0.00                       | 0.00                        |
| 3 Puukuitulevy, huok. | 25.00   | 0.0500     | 6.840000e-05 | 0.00                       | 350.00                      |
| 4 Mineraalivilla      | 50.00   | 0.0460     | 3.780000e-04 | 0.00                       | 30.00                       |
| 5 Umpilaudoitus       | 20.00   | 0.1400     | 1.000000e-05 | 0.00                       | 480.00                      |
| 6 Tervapaperi         | 1.00    | 0.1400     | 1.152000e-06 | 0.00                       | 0.00                        |
| 7 Sahanpuru           | 100.00  | 0.1100     | 6.600000e-04 | 0.00                       | 160.00                      |
| 8 Tervapaperi         | 1.00    | 0.1400     | 1.152000e-06 | 0.00                       | 0.00                        |
| 9 Umpilaudoitus       | 20.00   | 0.1400     | 1.000000e-05 | 0.00                       | 480.00                      |
| 10 Lastulevy          | 12.00   | 0.1300     | 1.800000e-05 | 0.00                       | 700.00                      |

| KYLMÄSILTA: | LJ [W/mK]: | SPA [%]: | Hinta [e/m <sup>3</sup> ]: | Paino [kg/m <sup>3</sup> ]: | LK [W/K](kpl): |
|-------------|------------|----------|----------------------------|-----------------------------|----------------|
| 4 Koolaus   | 0.1400     | 5.0      | 0.00                       | 0.00                        | ---            |
| 7 Runko     | 0.1400     | 5.0      | 0.00                       | 0.00                        | ---            |

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA = Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

**Lämpötilat ja kosteudet:****3:n päivän kylmin (0.0 h)****Lisätiedot**

| Piste: | T [C]: | KK [g/m <sup>3</sup> ]: | KM [g/m <sup>3</sup> ]: | SK [%]: | C [g/m <sup>2</sup> ]: |
|--------|--------|-------------------------|-------------------------|---------|------------------------|
| U      | -20.00 | 0.88                    | 0.79                    | 90.0    | 0.00                   |
| 1      | -19.14 | 0.94                    | 0.79                    | 83.8    | 0.00                   |
| 2      | -17.12 | 1.13                    | 2.72                    | 100.0   | 0.00                   |
| 3      | -17.10 | 1.13                    | 2.72                    | 100.0   | 0.00                   |
| 4      | -10.95 | 2.02                    | 3.03                    | 100.0   | 0.00                   |
| 5      | 2.41   | 5.75                    | 3.14                    | 54.6    | 0.00                   |
| 6      | 4.16   | 6.47                    | 4.82                    | 74.4    | 0.00                   |
| 7      | 4.25   | 6.51                    | 5.55                    | 85.2    | 0.00                   |
| 8      | 15.42  | 13.19                   | 5.67                    | 43.0    | 0.00                   |
| 9      | 15.51  | 13.26                   | 6.40                    | 48.3    | 0.00                   |
| 10     | 17.27  | 14.73                   | 8.08                    | 54.9    | 0.00                   |
| 11     | 18.40  | 15.75                   | 8.64                    | 54.9    | 0.00                   |
| S      | 20.00  | 17.28                   | 8.64                    | 50.0    | 0.00                   |

**Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)**

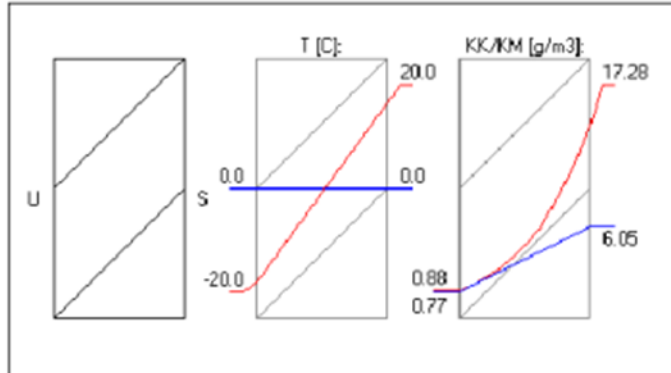
T=Lämpötila, KK=Kylästä mskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

## Liite 3. Hirsiseinä ilman lisäeristystä.

|                                  |                      |                         |
|----------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Rakennuskohde:<br>Esimerkkikohde | Sisältö:<br>seinä    |                         |
| Suunnittelija:<br>Aapo Saksa     | Päiväys:<br>5.4.2024 | Tunnus:<br>vanha rakenn |

**Rakenteen pää tiedot**

|                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| U-arvo:                | 0.673 W/m <sup>2</sup> K       |
| Paksuus:               | 180.000 mm                     |
| Pinta-ala:             | 1.00 m <sup>2</sup>            |
| Paino:                 | 86.40 kg                       |
| Hinta:                 | 0.00 euro                      |
| Vesihöyryn vastus:     | 18000.000 m <sup>2</sup> hPa/g |
| Vesih. läpäisykerroin: | 0.000056 g/m <sup>2</sup> hPa  |
| Lämmönvastus:          | 1.486 m <sup>2</sup> K/W       |
| Pintavastus, ulko:     | 0.070 m <sup>2</sup> K/W       |
| Pintavastus, sisä:     | 0.130 m <sup>2</sup> K/W       |
| Kulma (0-90):          | 90.000                         |

**Rakenteen kerrostiedot**

| KERROS:      | T [mm]: | LJ [W/mK]: | VHL [gm/Nh]: | Hinta [e/m <sup>3</sup> ]: | Paino [kg/m <sup>3</sup> ]: |
|--------------|---------|------------|--------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 Hirsiseinä | 180.00  | 0.1400     | 1.000000e-05 | 0.00                       | 480.00                      |

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

**Lämpötilat ja kosteudet:****Tammikuu (744.0 h)**

| Piste: | T [C]: | KK [g/m <sup>3</sup> ]: | KM [g/m <sup>3</sup> ]: | SK [%]: | C [g/m <sup>2</sup> ]: |
|--------|--------|-------------------------|-------------------------|---------|------------------------|
| U      | -20.00 | 0.88                    | 0.77                    | 88.0    | 0.00                   |
| 1      | -18.12 | 1.03                    | 0.77                    | 74.9    | 0.00                   |
| 2      | 16.50  | 14.07                   | 6.05                    | 43.0    | 0.00                   |
| S      | 20.00  | 17.28                   | 6.05                    | 35.0    | 0.00                   |

**Lisätiedot**

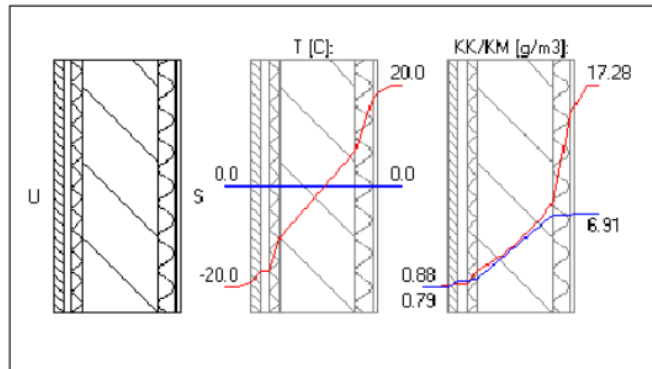
T=Lämpötila, KK=Kyllästysniskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

## Liite 4. Hirsiseinä lisäeristysellä.

|   |                        |                        |
|---|------------------------|------------------------|
| Rakennuskohde:<br>Esimerkkikohde lisäeristyksellä | Sisältö:<br>seinä      |                        |
| Suunnittelija:<br>Aapo Saksa                      | Päiväys:<br>6. 4. 2024 | Tunnus:<br><b>UUSI</b> |

**Rakenteen päätiedot**

|                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| U-arvo:                | 0.340 W/m <sup>2</sup> K       |
| Paksuus:               | 301.000 mm                     |
| Pinta-ala:             | 1.00 m <sup>2</sup>            |
| Paino:                 | 121.91 kg                      |
| Hinta:                 | 0.00 euro                      |
| Vesihöyryn vastus:     | 21512.061 m <sup>2</sup> hPa/g |
| Vesih. läpäisykerroin: | 0.000046 g/m <sup>2</sup> hPa  |
| Lämmönvastus:          | 2.941 m <sup>2</sup> K/W       |
| Pintavastus, ulko:     | 0.070 m <sup>2</sup> K/W       |
| Pintavastus, sisä:     | 0.130 m <sup>2</sup> K/W       |
| Kulma (0-90):          | 90.000                         |

**Rakenteen kerrostiedot**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

| KERROS:                | T [mm]:    | LJ [W/mK]: | VHL [gm/Nh]:               | Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:  | Paino [kg/m <sup>3</sup> ]: |
|------------------------|------------|------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 julkisivu paneli     | 23.00      | 0.1400     | 1.000000e-05               | 0.00                        | 480.00                      |
| 2 Tuulettuva ilmarako  | 20.00      | 10.0000    | 1.000000e+01               | 0.00                        | 0.00                        |
| 3 Tuulensuojalevy, huo | 25.00      | 0.0490     | 6.840000e-05               | 0.00                        | 350.00                      |
| 4 Hirsiseinä           | 180.00     | 0.1400     | 1.000000e-05               | 0.00                        | 480.00                      |
| 5 selluvilla           | 40.00      | 0.0500     | 3.780000e-04               | 0.00                        | 35.00                       |
| 6 ilmansulkupaperi     | 1.00       | 0.1400     | 7.000000e-01               | 0.00                        | 0.00                        |
| 7 Kipsilevy            | 12.00      | 0.2400     | 1.620000e-05               | 0.00                        | 1200.00                     |
| KYLMÄSILTA:            | LJ [W/mK]: | SPA [%]:   | Hinta [e/m <sup>3</sup> ]: | Paino [kg/m <sup>3</sup> ]: | LK [W/K](kpl):              |
| 5 koolaus              | 0.1400     | 6.0        | 0.00                       | 0.00                        | --                          |

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA = Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

**Lämpötilat ja kosteudet:****3:n päivän kylmin (0.0 h)**

| Piste: | T [C]: | KK [g/m <sup>3</sup> ]: | KM [g/m <sup>3</sup> ]: | SK [%]: | C [g/m <sup>2</sup> ]: |
|--------|--------|-------------------------|-------------------------|---------|------------------------|
| U      | -20.00 | 0.88                    | 0.79                    | 90.0    | 0.00                   |
| 1      | -19.07 | 0.95                    | 0.79                    | 83.4    | 0.00                   |
| 2      | -16.90 | 1.15                    | 1.44                    | 100.0   | 0.00                   |
| 3      | -16.87 | 1.15                    | 1.44                    | 100.0   | 0.00                   |
| 4      | -10.11 | 2.17                    | 1.55                    | 71.2    | 0.00                   |
| 5      | 6.92   | 7.76                    | 6.67                    | 85.9    | 0.00                   |
| 6      | 17.52  | 14.95                   | 6.70                    | 44.8    | 0.00                   |
| 7      | 17.62  | 15.03                   | 6.70                    | 44.6    | 0.00                   |
| 8      | 18.28  | 15.63                   | 6.91                    | 44.2    | 0.00                   |
| S      | 20.00  | 17.28                   | 6.91                    | 40.0    | 0.00                   |

**Lisätiedot****Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)**

T=Lämpötila, KK=Kylästä mskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus