



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Toni Stenman

HIRSIMÖKIN  
KÄYTTÖTARKOITUKSEN MUUTOS  
OMAKOTITALOKSI

Energian kulutuksen vähentäminen

Tekniikka  
2017

## TIIVISTELMÄ

|                    |   |
|--------------------|---|
| Tekijä             | Toni Stenman  |
| Opinnäytetyön nimi | Hirsimökin käyttötarkoituksen muutos omakotitaloksi |
| Vuosi              | 2017  |
| Kieli              | suomi   |
| Sivumäärä          | 34 + 1 liitettä                                     |
| Ohjaaja            | Heikki Paananen                                     |

---

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa tietoa hirsirakenteisen talon lisälämmöneristämisestä, ja näin toimia esimerkkinä ja ohjeena muille rakentajille. Työn tarkoituksena on osoittaa valittujen lisälämmöneristämiskäytösten toimivuus hirsirakenteisen talon lämpö- ja kosteusteknisessä toiminnassa. Opinnäytetyö keskittyy pääasiassa siihen, minkälaisia muutoksia lisälämmöneristäminen aiheuttaa alapohjan, ulkoseinien sekä katon lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan.

Tutkimalla erilaisia materiaalivaihtoehtoja sekä rakentamistapoja on pyritty löytämään mahdollisimman toimiva ratkaisu eri rakennusosien toteuttamiseen. DOF-Lämpö ohjelmalla on tutkittu rakenteiden U-arvoa, kosteus- ja lämpökäyttäytymistä, kondensaatiomäärää sekä energiankulutusta.

Tutkimuksessa havaittiin, että toteutetuilla ratkaisulla veden tiivistyminen rakenteisiin vaatisi äärimmäisen poikkeukselliset olosuhteet, ja näin ollen on erittäin epätodennäköistä. Valituilla ratkaisulla saatiin myös rakennuksen energiankulutusta vähennettyä huomattavasti.

## ABSTRACT

|                    |   |
|--------------------|---|
| Author             | Toni Stenman                                  |
| Title              | Alteration of a Log Cabin to a Detached House |
| Year               | 2017  |
| Language           | Finnish                                       |
| Pages              | 34 + 1 Appendices                             |
| Name of Supervisor | Heikki Paananen                               |

---

The aim of the thesis is produce information about insulating an old log cabin, and to be an example and a guideline to other builders. The aim is to demonstrate the workability of the chosen insulation solutions. The main focus of the thesis is on the physical changes (heat, moisture) the insulation causes to a base floor, outer walls and the roof.

The objective of the thesis was trying to find the best way to insulate different structures of a log cabin, by studying different kinds of material options, and ways of construction. A D.O.F. tech computer program was used to study the U-value, heat and moisture behavior, water condensation, and energy consumptions of the structures.

The result of the thesis was that the conditions would have to be very exceptional for the condensation of water inside the structures be possible, and so it would be highly improbable. Also the solutions that we have chosen were able to decrease the energy consumption of the building significantly.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO.....  | 8  |
| 2 | RAKENNUSFYSIKKA.....   | 9  |
|   | 2.1 Lämpöenergian siirtyminen johtumalla .....               | 9  |
|   | 2.2 U-arvo .....   | 10 |
|   | 2.3 Diffuusio .....  | 10 |
|   | 2.4 Konvektio.....   | 12 |
|   | 2.5 Kosteuskonvektio.....                                    | 13 |
|   | 2.6 Ilman suhteellinen kosteus .....                         | 13 |
|   | 2.7 Mikrobikasvu ja -vauriot rakenteissa.....                | 14 |
| 3 | ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN .....                        | 15 |
|   | 3.1 Ympäristöministeriön tavoite.....                        | 15 |
|   | 3.2 Energian kulutus .....                                   | 15 |
|   | 3.3 Rakentamismääräyskokoelman lämmöneristysvaatimukset..... | 16 |
|   | 3.4 Rakennusosakohtaiset vaatimukset.....                    | 16 |
|   | 3.5 Hirsirakenteen lisäeristäminen .....                     | 17 |
| 4 | KORJAUSTÖIDEN SISÄLTÖ.....                                   | 19 |
|   | 4.1 Kohteen esittely .....                                   | 19 |
|   | 4.2 Vesikatto .....  | 19 |
|   | 4.2.1 Vanhan rakenteen kuvaus .....                          | 19 |
|   | 4.2.2 Uuden rakenteen kuvaus .....                           | 20 |
|   | 4.3 Ulkoseinät .....   | 21 |
|   | 4.3.1 Vanhan rakenteen kuvaus .....                          | 21 |
|   | 4.3.2 Uuden rakenteen kuvaus .....                           | 22 |
|   | 4.4 Alapohja.....  | 23 |
|   | 4.4.1 Vanhan rakenteen kuvaus .....                          | 23 |
|   | 4.4.2 Uuden rakenteen kuvaus .....                           | 24 |
| 5 | TULOKSET .....   | 26 |
|   | 5.1 Rakennusosien pinta-alat .....                           | 26 |

|   |    |
|---|----|
| 5.2 Vesikatto .....                               | 26 |
| 5.3 Ulkoseinät .....                              | 28 |
| 5.3.1 Ikkunat ja ovet.....                        | 30 |
| 5.4 Alapohja.....                                 | 30 |
| 5.5 Muutoksista saatu kokonaisenergiansäästö..... | 32 |
| 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....                | 33 |
| LÄHTEET.....                                      | 34 |

## LIITTEET

**KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO**

|  |    |
|--|----|
| <b>Kuva 1.</b> Vesihöyryn diffuusion periaate. /8/                       | 11 |
| <b>Kuva 2.</b> Vanhan kattorakenteen pää- ja kerrostiedot.               | 20 |
| <b>Kuva 3.</b> Uuden kattorakenteen pää- ja kerrostiedot.                | 21 |
| <b>Kuva 4.</b> Vanhan seinärakenteen pää- ja kerrostiedot.               | 22 |
| <b>Kuva 5.</b> Uuden seinärakenteen pää- ja kerrostiedot.                | 23 |
| <b>Kuva 6.</b> Vanhan alapohjarakenteen pää- ja kerrostiedot.            | 24 |
| <b>Kuva 7.</b> Uuden alapohjarakenteen pää- ja kerrostiedot.             | 25 |
| <b>Kuva 8.</b> Vanhan kattorakenteen lämpöhäviön laskelmat.              | 27 |
| <b>Kuva 9.</b> Uuden kattorakenteen lämpöhäviön laskelmat.               | 28 |
| <b>Kuva 10.</b> Vanhan seinärakenteen lämpöhäviön laskelmat.             | 29 |
| <b>Kuva 11.</b> Uuden seinärakenteen lämpöhäviön laskelmat.              | 30 |
| <b>Kuva 12.</b> Vanhan alapohjarakenteen lämpöhäviön laskelmat.          | 31 |
| <b>Kuva 13.</b> Uuden alapohjarakenteen lämpöhäviön laskelmat.           | 32 |
| <br>   |    |
| <b>Taulukko 1.</b> Materiaalien lämmönjohtavuuksia. /4/                  | 10 |
| <b>Taulukko 2.</b> Materiaalikerrosten vesihöyrynvastuksia. /8/          | 12 |
| <b>Taulukko 3.</b> Eräiden rakennusmateriaalien ilmanläpäisevyyksiä. /8/ | 13 |
| <b>Taulukko 4.</b> Vesihöyryn kyllästyspitoisuus. /5/                    | 14 |

**LIITELUETTELO****LIITE 1. Pinta-alalaskelmat**

## 1 JOHDANTO

Korjaus- sekä perinnerakentamisen lisääntyessä tulee vanhan sekä uuden rakennustavan yhdistämisestä saada mahdollisimman suuri hyöty. Vanhoja hirsirakennuksia tulisi käyttää enemmän hyödyksi, koska ne kestävät hyvin aikaa. Lisäämällä oikealla tavalla lämmöneristeitä hirsirakenne säilyttää kykynsä vastaanottaa sekä luovuttaa kosteutta pitäen rakenteen terveenä.

Yhteistyökumppanina tutkimuksessa toimii yksityinen rakentaja. Esimerkkikohteena on noin sata vuotta vanha hirsirunkoinen rakennus. Omistajalla kesämökkikäytössä olleen rakennuksen käyttötarkoitus muutetaan peruskorjauksen yhteydessä ympärivuotiseen asumiseen tarkoitettuun omakotitalokäyttöön.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia rakennuksen fysikaalisen toiminnan muutoksia. Tärkeimmät kysymykset, joihin haetaan vastausta, ovat kuinka korjausrakentaminen vaikuttaa rakennuksen U-arvoon, tekijät jotka vaikuttavat rakennuksen fysikaaliseen toimintaan sekä rakennusmateriaalien valinnat ja niiden yhteensopivuus. Opinnäytetyön pääpaino on korjausrakentamisen vaikutuksessa rakennuksen kosteustekniseen toimintaan sekä energiatehokkuuteen rakennuksen U-arvoa parantamalla.



## 2 RAKENNUSFYSIKKA

Tässä luvussa tarkastellaan rakenteiden kosteus- ja lämpötekniistä toimintaa. Kun näitä ominaisuuksia tutkitaan, on paremmat mahdollisuudet saada rakenteet toimimaan kosteus- ja lämpöteknisesti mahdollisimman turvallisesti ja luotettavasti. Tutkimusmenetelmänä opinnäytetyössä käytettiin mm. käsin laskentaa sekä DOF-Lämpö ohjelmaa, jolla pystyttiin arvioimaan rakenteiden U-arvoa, kosteus- ja lämpökäyttäytymistä, kondensaatiomäärää sekä energiankulutusta. Ohjelman avulla myös voitiin nähdä, milloin on suurin riski siihen, että rakenteisiin tiivistyy kosteutta. Kaikissa DOF-Lämpö ohjelmalla tehdyissä kuvissa tarkasteluhetkenä toimii helmikuu.

### 2.1 Lämpöenergian siirtyminen johtumalla

Aina, kun materiaalin yli vaikuttaa lämpötilaero, tapahtuu lämpöenergian siirtymistä, jota kutsutaan lämpövirraksi. Siirtyminen johtumalla tapahtuu aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan. Lämpöenergian siirtymisen nopeus riippuu materiaalin ominaisuuksista (Taulukko 1). Metallit ovat hyviä lämmönjohteita, koska niissä on paljon vapaita elektroneja, jotka voivat kuljettaa lämpöenergiaa. Kaasut, kuten ilma, johtavat huonosti lämpöenergiaa, koska niiden hiukkasten väliset etäisyydet ovat suuria. Tästä syystä monet rakennusmateriaalit ovat hyviä lämmöneneristeitä. /3, s. 407–413/

Koska samalla rakennusaineella voi olla useita eri lämmönjohtavuuden arvoja, käytetään rakennusteknisissä laskelmissa niin sanottuja normaalisia lämmönjohtavuuksia. Näissä arvoissa otetaan huomioon kosteuden aiheuttamat muutokset lämmönjohtavuuksissa. Materiaalin lämmönjohtavuuden arvoon vaikuttaa esimerkiksi materiaalin käyttötapa, kosteus sekä tiheys. Normaalin lämmönjohtavuus saadaan, kun lämmönjohtavuuteen lisätään kosteuden, ilmanvirtausten, ikääntymisen sekä muiden vastaavien vaikutus. /3, s. 411/

Tässä opinnäytetyössä on käytetty pääasiassa materiaalivalmistajan arvoja normaalille lämmönjohtavuudelle. Osa normaalin lämmönjohtavuuden arvoista on

DOF-Lämpö ohjelmasta. Normaalit lämmönjohtavuusarvot, joita ei ole saatu materiaalivalmistajalta tai DOF-Lämpö ohjelmasta, ovat Suomen rakentamismääräyskokoelmasta C4.

**Taulukko 1.** Materiaalien lämmönjohtavuuksia. /4/

| Aine, tarvike         | Kuiva-<br>tiheys            | Lämmön-<br>johtavuus        | Kosteus-<br>pitoisuus         | Normaalinen<br>lämmön-<br>johtavuus |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
|                       | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | $\lambda_{10}$<br>W/(m · K) | $W_n$<br>% kuiva-<br>painosta | $\lambda_n$<br>W/(m · K)            |
| <b>RAKENNUSLEVYJÄ</b> |                             |                             |                               |                                     |
| kuitusementtilevy     | 1800                        | 0,40                        | 2                             | 0,60                                |
|                       | 800                         | 0,13                        | 4                             | 0,19                                |
|                       | 600                         | 0,12                        | 4                             | 0,18                                |
| kipsilevy             | 800                         | 0,20                        |                               | 0,21                                |
|                       | 900                         | 0,22                        |                               | 0,23                                |
| puukipsilevy          | 1200                        | 0,24                        |                               | 0,25                                |
| sementtilastulevy     | 1100                        | 0,21                        | 7                             | 0,23                                |
| lastulevy             | 600                         | 0,13                        | 9                             | 0,14                                |
| puukuitulevy          |                             |                             |                               |                                     |
| kova                  | 1000                        | 0,12                        | 8                             | 0,13                                |
| puolikova             | 800                         | 0,10                        | 9                             | 0,11                                |
| vaneri                |                             |                             |                               |                                     |
| koivuvaneri           | 700                         | 0,15                        | 8                             | 0,16                                |
| sekavaneri            | 600                         | 0,13                        | 8                             | 0,14                                |
| kuusivaneri           | 500                         | 0,12                        | 8                             | 0,13                                |

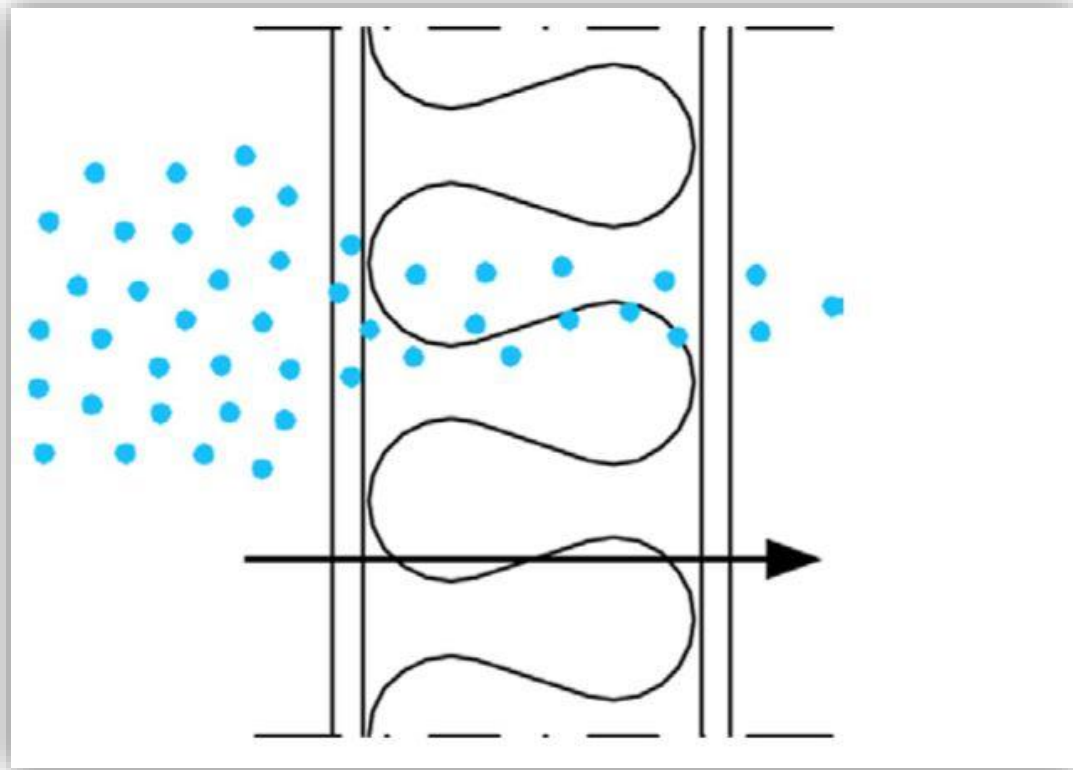
## 2.2 U-arvo

U-arvo on rakenteen vastakkaisten pintojen pintavastusten, sekä rakenteessa olevien tasapaksujen rakennekerrosten materiaalien lämmönvastusten summan käänteisluku. Suure U-arvo kuvaa hyvin suunnitellun sekä huolellisesti toteutetun rakenteen keskimääräistä kykyä läpäistä lämpövirtaa yhden neliömetrin alueelta rakennuksen suunnitellun käyttöiän ajan. /3, s. 415/

## 2.3 Diffuusio

Kosteuden siirtyminen diffuusiolla tarkoittaa sitä, että ilmassa olevat vesimolekyylit törmäilevät keskenään. Tämän seurausta on se, että ilmassa olevan vesihöyryn

pitoisuuserot pyrkivät tasaantumaan. Kuvasta 1 voimme nähdä, että vesimolekyylien määrä vasemmalla on suurempi kuin oikealla. Tästä syystä vesihöyryn diffuusion suunta on vasemmalta oikealle. Aivan kuten lämpöenergia siirtyy korkeammasta lämpötilasta kohti matalampaa, siirtyy kosteus suuremmasta vesihöyryn osapaineesta, tai vesihöyryn pitoisuudesta pienempään päin. /8, s. 113/



**Kuva 1.** Vesihöyryn diffuusion periaate. /8/

Diffuusiotarkasteluissa käytetään monesti materiaalikerroksen vesihöyrynvastusta. Materiaalien tiiveyseroista johtuen, myös materiaalien vesihöyrynvastukset vaihtelevat. Materiaalikerroksen läpi diffuusiolla siirtyvän vesihöyryn määrä on sitä pienempi, mitä suurempi on materiaalin vesihöyrynvastus. Taulukossa 2 on esitetty joidenkin materiaalikerrosten suuntaa antavia vesihöyrynvastuksia. /8, s. 114/

**Taulukko 2.** Materiaalikerrosten vesihöyrynvastuksia. /8/

| Materiaali            | Paksuus [mm] | Vesihöyrynvastus $Z_p$ [ $m^2sPa/kg$ ] |
|-----------------------|--------------|--|
| Kipsilevy             | 13           | $0,45 \times 10^9$                     |
| EPS-lämmöneriste      | 30           | $3...9 \times 10^9$                    |
| Kevytsorabetoniharkko | 200          | $8 \times 10^9$                        |
| Filmivaneri           | 12           | $63 \times 10^9$                       |
| PE-kalvo              | 0.2          | $100...500 \times 10^9$                |
| Kumibitumikermi       | 3            | $800...1\ 500 \times 10^9$             |

#### 2.4 Konvektio

Kun rakenteen yli vallitsevan ilman kokonaispaine-eron vaikutuksesta syntyy ilmavirtaus, sanotaan sitä konvektioksi. Paineen yksikkö on Pascal, Pa. Rakennukseen syntyvät painesuhteet johtuvat tuulen, ilman lämpötilaerojen ja ilmanvaihdon vaikutuksesta tai niiden yhteisvaikutuksesta. Ilma virtaa suuremmasta paineesta kohti pienempää painetta. Kuinka paljon ilmaa virtaa, riippuu paine-erosta, materiaalin ilmanläpäisevyydestä sekä rakenteessa olevien rakojen virtausvastuksesta. Sitä enemmän ilman virtausta tapahtuu, mitä huokoisempia rakennusmateriaalit ovat, ja mitä suurempia rakoja rakenteista löytyy. Joidenkin rakennusmateriaalien ilmanläpäisevyyksiä on taulukossa 3. Materiaalien ilmanläpäisevyyksissä on pääasiassa niiden tiheydestä johtuen suuria eroja. Esimerkiksi taulukossa 3 esitetyistä materiaaleista betoni läpäisee noin 900 000 kertaa vähemmän ilmaa kuin mineraalivilla. /8, s. 115/

**Taulukko 3.** Eräiden rakennusmateriaalien ilmanläpäisevyyksiä. /8/

| Materiaali       | Ilmanläpäisevyys [ $\text{m}^3/\text{msPa}$ ] |
|------------------|---|
| Tiili            | $0,005 \dots 0,05 \times 10^{-6}$             |
| Betoni           | $0,000005 \dots 0,0005 \times 10^{-6}$        |
| Mineraalivilla   | $15 \dots 800 \times 10^{-6}$                 |
| EPS-lämmöneriste | $30 \dots 500 \times 10^{-6}$                 |

### 2.5 Kosteuskonvektio

Kosteuskonvektio on sitä, kun kosteus siirtyy ilmavirran mukana. Kosteuskonvektion aiheuttamia kosteusvaurioriskejä arvioidaan lämpötilan ja suhteellisen kosteuden avulla. Silloin, kun ilmassa on kyllästysvajausta, tai ilma lämpenee virratessaan rakenteen läpi, on kosteuskonvektiolla rakennetta kuivattava vaikutus. /8, s. 115/

### 2.6 Ilman suhteellinen kosteus

Ilmassa on normaaliolosuhteissa aina kosteutta vesihöyrynä. Se, kuinka paljon vesihöyryä ilmaan mahtuu, riippuu ilman lämpötilasta (Taulukko 4). Kun ilman lämpötila laskee ja vesihöyryn määrä pysyy samana, niin jossain vaiheessa ilmassa vesihöyrynä oleva kosteus ei enää mahdu siihen, vaan tiivistyy nestemäiseksi vedeksi. /3, s. 398/

Suhteellinen kosteus on tutkimuksen kannalta olennaista vesihöyryn siirtyessä diffuusion ja konvektion vaikutuksesta rakennuksen seinän läpi sisältä ulos. Lämpötilan pysyessä vakiona ongelmaa ei synny, mutta lämpötilan laskiessa saattaa seinän sisällä tapahtua vesihöyryn tiivistymistä nestemäiseksi vedeksi. Opinnäytetyössä on tutkittu eri materiaalien vesihöyrynvastuksia sekä lämmönjohtavuuksia, tavoitteena selvittää rakenteiden kosteus- ja lämpöteknistä käyttäytymistä.

**Taulukko 4.** Vesihöyryn kyllästyspitoisuus. /5/

| t<br>°C | v <sub>k</sub><br>g/m <sup>3</sup> | p <sub>k</sub><br>Pa | t<br>°C | v <sub>k</sub><br>g/m <sup>3</sup> | p <sub>k</sub><br>Pa | t<br>°C | v <sub>k</sub><br>g/m <sup>3</sup> | p <sub>k</sub><br>Pa |
|---------|------------------------------------|----------------------|---------|------------------------------------|----------------------|---------|------------------------------------|----------------------|
| -20     | 0,87                               | 102                  | -3      | 3,89                               | 485                  | 14      | 12,10                              | 1602                 |
| -19     | 0,95                               | 111                  | -2      | 4,19                               | 524                  | 15      | 12,86                              | 1708                 |
| -18     | 1,04                               | 122                  | -1      | 4,51                               | 566                  | 16      | 13,65                              | 1820                 |
| -17     | 1,14                               | 135                  | 0       | 4,85                               | 611                  | 17      | 14,49                              | 1939                 |
| -16     | 1,25                               | 149                  | 1       | 5,21                               | 658                  | 18      | 15,37                              | 2064                 |
| -15     | 1,38                               | 164                  | 2       | 5,58                               | 708                  | 19      | 16,30                              | 2197                 |
| -14     | 1,52                               | 181                  | 3       | 5,98                               | 762                  | 20      | 17,28                              | 2337                 |
| -13     | 1,67                               | 200                  | 4       | 6,40                               | 818                  | 21      | 18,31                              | 2484                 |
| -12     | 1,83                               | 221                  | 5       | 6,84                               | 878                  | 22      | 19,40                              | 2640                 |
| -11     | 2,01                               | 242                  | 6       | 7,31                               | 941                  | 23      | 20,54                              | 2805                 |
| -10     | 2,20                               | 266                  | 7       | 7,80                               | 1008                 | 24      | 21,74                              | 2979                 |
| -9      | 2,40                               | 292                  | 8       | 8,32                               | 1079                 | 25      | 23,00                              | 3162                 |
| -8      | 2,61                               | 319                  | 9       | 8,87                               | 1154                 | 26      | 24,32                              | 3355                 |
| -7      | 2,84                               | 348                  | 10      | 9,45                               | 1234                 | 27      | 25,71                              | 3559                 |
| -6      | 3,08                               | 379                  | 11      | 10,06                              | 1318                 | 28      | 27,17                              | 3773                 |
| -5      | 3,33                               | 412                  | 12      | 10,71                              | 1408                 | 29      | 28,70                              | 3999                 |
| -4      | 3,60                               | 447                  | 13      | 11,38                              | 1502                 | 30      | 30,31                              | 4237                 |

## 2.7 Mikrobikasvu ja -vauriot rakenteissa

Koska mikrobeja ja niiden itiöitä on kaikkialla, voidaan sanoa, että ne ovat osa meidän normaalia elinympäristöä. Jos jossain rakennuksen osassa on alkanut kasvaa mikrobeja, saattaa asukkaille aiheutua mahdollista terveyshaittaa aiheuttava mikrobialtistus. Mikrobit tarvitsevat aina kasvaakseen kosteutta, lämpöä sekä ravinteita. Mikrobikasvun käynnistyminen ja nopeus riippuu siitä, kuinka korkea lämpötila on, kuinka paljon on ravinteita, ja kuinka korkea on vallitseva kosteuspitoisuus. Yleensä rakennuksen lämpöolosuhteet ovat suotuisat mikrobikasvulle, mutta tärkein mikrobikasvua rajoittava tekijä on kuitenkin kosteus, sillä mikrobit eivät voi kasvaa kuivissa rakenteissa. /8, s. 127/

Optimaaliset olosuhteet sille, että homeiden sekä muiden mikrobien kasvu on nopeinta, vallitsevat silloin kun lämpötila on + 20–30°C, ja suhteellinen ilmankosteus (RH) on 95–99 %. Rakennuksessa on harvoin normaaliolosuhteissa optimaaliset olosuhteet home- ja mikrobikasvustolle, mutta jotkin rakennuksissa kasvavat mikrobit vaativat kasvaakseen ainoastaan noin + 5 °C lämpötilan. Lähellä kosteusolosuhteiden sekä lämpötilan vähimmäisvaatimuksia homeiden kasvu on kuitenkin hidasta. Tällöin materiaalin homehtuminen ja mikrobivaurion kehittyminen saattaa vaatia käytännössä jopa kuukausia tai vuosia. /8, s. 130–131/

### **3 ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN**

Tässä luvussa esitetyt asiat keskittyvät pääasiassa Suomen rakentamismääräyskoelman ”ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä” oleviin määräyksiin rakennusosien energiatehokkuuden parantamisesta.

#### **3.1 Ympäristöministeriön tavoite**

Ympäristöministeriö on tehnyt asetuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostyössä, jonka tavoitteena on pienentää olemassa olevien rakennusten energiankulutusta noin 25 % ja hiilidioksidipäästöjä noin 45 % vuoteen 2050 mennessä. Säästöjä on tarkoitus synnyttää esimerkiksi lämpöhäviöiden vähentämisestä, tehokkaammista lämmön talteenottolaitteistoista sekä sähkön tehokkaammasta käytöstä ja uusiutuvien energialähteiden, kuten esimerkiksi maalämmön, käytön lisäämisestä. Lyhemmän aikavälin tavoitteena on vuoteen 2020 mennessä pienentää olemassa olevien rakennusten energiankulutusta noin 6 prosenttia. /2, s. 2/

#### **3.2 Energian kulutus**

Luonnollisesti yksi tehokkaimmista keinoista parantaa rakennuksen energiatehokkuutta, on vähentää rakennuksen energian kulutusta. Tämän opinnäytetyön esimerkkikohteessa rakennuksen energiankulutusta on päätetty vähentää pienentämällä rakennuksen rakenteiden lämpöhäviöitä. Tämä on toteutettu lisäämällä eristeitä rakenteisiin, sekä uusimalla vanhat huonokuntoiset ikkunat ja ovet. Vaikka tärkein asia on energian kulutuksen vähentäminen, niin rakennuksen energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet parantavat myös rakennuksen käyttömukavuutta, ja pienentävät käyttökustannuksia. Energiatehokkuuden parantamisella on myös merkitystä rakennusten säilyvyyteen, sillä rakennus säilyy parhaiten silloin, kun sille on olemassa järkevää, sekä myös taloudellisilla mittareilla perusteltua käyttöä. /2, s. 26/

### 3.3 Rakentamismääräyskokoelman lämmöneristysvaatimukset

Rakentamismääräyskokoelma määrää, että rakennuksen energiatehokkuutta on parannettava rakennuksen rakennus- tai toimenpideluvanvaraisen korjaus- ja muutostyön tai rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. /1/ Vaihtoehtoisia tapoja energiatehokkuuden parantamiselle korjausten yhteydessä on kolme. Rakentamismääräyskokoelma velvoittaa rakennushankkeeseen ryhtyvää valitsemaan niistä vähintään yhden, joka parantaa rakennuksen energiatehokkuutta ”ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä” kuvaamalla tavalla. /2, s. 37/

Ensimmäinen vaihtoehto on parantaa rakennusosien lämmöneristävyyttä määräyksien mukaiseen vertailuarvoon, ja tällä tavoin parantaa rakennuksen kokonaislämmöneristävyyttä, eli U-arvoa, jonka yksikkö on  $W/(m^2 \cdot K)$ . Toinen vaihtoehto on noudattaa asetettua rakennustyyppin mukaista energiankulutusvaatimusta, jonka lukuarvo on kWh/m<sup>2</sup>/vuosi. Tässä vaihtoehdossa taserajana käytetään rakennuksen energiankulutusta, ja laskennassa voidaan soveltaa uudisrakentamisen laskentaan tarkoitettuja ohjeita. Laskenta tehdään standardikäytölle ja lämmitetylle nettopinta-alalle. Lämmitetty nettopinta-ala on lämmitettyjen kerrostasoalojen summa sitä ympäröivien ulkoseinien sisäpintojen mukaan laskettuna. /2, s. 37/

Kolmas vaihtoehto on laskea rakennukselle ominainen energiankulutus E-lukuna ja pienentää sitä vaatimusten mukaisella määrällä. Laskennassa voidaan soveltaa samoja laskentavälineitä ja ohjeita kuin uudisrakentamisessa, ja taserajana käytetään rakennuksen kokonaisenergiankulutusta. Laskenta tehdään standardikäytölle. /2, s. 37–38/

### 3.4 Rakennusosakohtaiset vaatimukset

Koska kohderakennuksessa on valittu ensimmäinen vaihtoehto, tulee rakennuksen lämmöneristävyyttä parantaa. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennusosien lämmöneristeiden määrää lisätään niin, että rakennusosat täyttävät määräyksien mukaiset vertailuar-



vot. Vaatimusten täyttämiseksi tulee soveltaa rakentamismääräyskokoelman asetuksessa rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä olevia rakennusosakohtaisia vaatimuksia lämmönläpäisykertoimille.

Ulkoseinien alkuperäistä U-arvoa tulee parantaa viisikymmentä prosenttia, kuitenkin enintään  $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  asti. Koska kohderakennuksessa on kyseessä käyttötarkoituksen muutos, niin sen yhteydessä alkuperäistä U-arvoa tulee parantaa viisikymmentä prosenttia, kuitenkin vähintään  $0,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  asti. /2, s. 32/

Katon alkuperäistä U-arvoa tulee parantaa viisikymmentä prosenttia, kuitenkin enintään  $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  asti. Koska kohderakennuksessa on kyseessä käyttötarkoituksen muutos, niin sen yhteydessä alkuperäistä U-arvoa tulee parantaa viisikymmentä prosenttia, kuitenkin vähintään  $0,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  asti. Alapohjan energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan. /2, s. 32/

Uusien ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvojen tulee olla  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  tai parempi, ja vanhojen ikkunoiden sekä ulko-ovien korjauksen yhteydessä on lämmönpitävyyttä parannettava mahdollisuuksien mukaan /2, s. 32/. Ainoastaan energiansäästöyistä ei ole kannattavaa muuttaa painovoimaista tai koneellista poistoilmanvaihtoa tulo- ja poistoilmanvaihdoksi. Jos näin halutaan tehdä vaikkapa sisäilman laadun parantamiseksi, kannattaa silloin valita perusvaihtoehto tehokkaampi lämmöntalteenotto-tekniikka. /2, s. 49/

Rakentamismääräyskokoelman vaatimuksissa annetaan myös mahdollisuus kompensointiin. Tärkeintä on, että rakennuksen kokonaisenergian laskennallinen kulu toteutuu, vaikka jokin yksittäinen rakennusosa ei täyttäisikään vaatimuksia. Tämä tarkoittaa sitä, että jonkin toisen rakennusosan tulee olla riittävän paljon parempi lämmönpitävyydeltään kuin vaatimusten mukainen taso edellyttää. /2, s. 31/

### **3.5 Hirsirakenteen lisäeristäminen**

Ympäristöministeriön asetuksessa on vaatimuksia ja suosituksia hirsirakennuksen seinän eristämiseksi. Hirsirakennukset, joiden seinän paksuus on 180 millimetriä, täyttävät seinän osalta uudisrakentamiselle asetetut vaatimukset. Tällöin seinien lisäeristämiseen ei yleensä muodostu mitään pakkoa. /2, s. 38/

Ohuemmillä seinärakenteilla voidaan kompensoida U-arvoa muilla korjauksilla, jos se tapauskohtaisen harkinnan perusteella katsotaan tarkoituksenmukaiseksi. Yleensä ei hirsiseiniin muodostu velvollisuutta energiatehokkuuden parantamiseksi, koska niihin kohdistuvat korjaustoimenpiteet ovat sen laatuisia. Sama asia koskee rakennuksissa olevia massiivisia tiiliseinärakenteita, joiden alkuperäistä käyttötarkoitusta ei muuteta. /2, s. 38/

Rakennuksen käyttötarkoitusta muutettaessa vaativampaan suuntaan, asia täytyy selvittää luonnollisesti myös seinien osalta. Tämä siksi, että saadaan varmistus esimerkiksi siitä, että rakennuksen asumis- tai käyttöolosuhteet eivät ole terveydelle haitallisia. Mikäli kiinteistön omistaja niin haluaa, niin edellä mainittujen seinien lisälämmöneristäminen täytyy kuitenkin olla mahdollista, ellei kaavassa tai säädöksissä ole sille estettä. Kiinteistön omistajalla on mahdollisuus valita tässä menettelyssä eri toimenpiteiden väliltä. /2, s. 38/

Koska kohderakennuksen hirsiseiniä vahvuus on ainoastaan keskimäärin 140 millimetriä, eivät ne täytä uudisrakentamiselle asetettuja vaatimuksia. Vaikka kohderakennuksessa on kyseessä käyttötarkoituksen muutos, tulee ulkoseiniä U-arvoa silti parantaa vähintään  $0,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  asti. DOF-Lämpö ohjelmalla tehtyjen tutkimusten mukaan tämä vaatimus täyttyy, vaikka rakenteen U-arvo onkin alhainen  $0,55 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Tästä syystä rakenteen U-arvoa päätettiin parantaa, ja tutkimusten mukaan paras tapa toteuttaa tämä päätös oli lisätä lämmöneristeitä seinän ulkopinnalle.

## **4 KORJAUSTÖIDEN SISÄLTÖ**

### **4.1 Kohteen esittely**

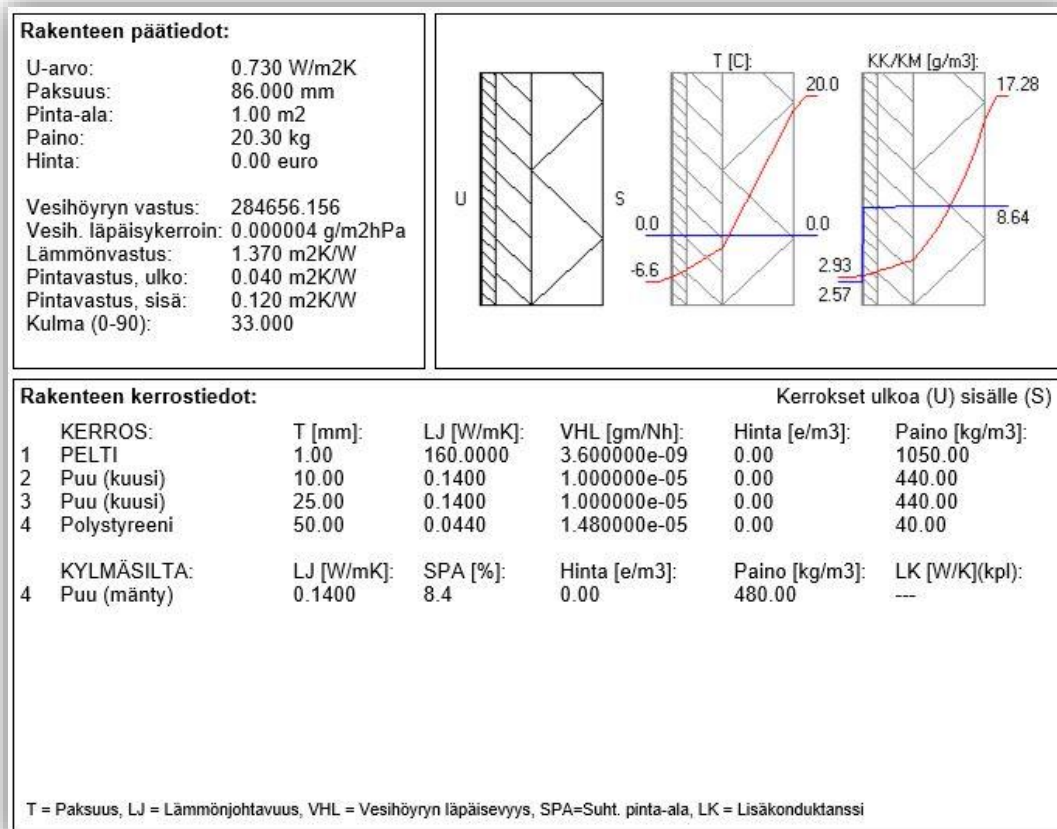
Kohdetalo on Maalahden kunnassa vuonna 1921 rakennettu hirsitalo. Tämänhetkellä omistajalla rakennus on ollut kesämökkikäytössä vuodesta 2005. Talossa on peltikatto, jonka alla on vanha pärekatto. Ulkoseinät ovat hirsirakenteiset, joiden paksuus on keskimäärin 140 millimetriä. Hirsirungon ulkopinnalla vuorauksena on lomalaudoitus. Talossa on multapenkin päälle rakennettu yksinkertainen lankkulattia, sekä painovoimainen ilmastointi. Lämmitystapana talossa on sähköpatterit sekä puulla lämpiävä lämmitysuuni.

### **4.2 Vesikatto**

#### **4.2.1 Vanhan rakenteen kuvaus**

Kuten kuvasta 2 voimme havaita, ei vanha vesikattorakenne ole toiminut kosteusteknisesti oikein. Katosta on puuttunut tuuletusrako, ja vesikaton rakenteisiin on suurella todennäköisyydellä päässyt tiivistymään vettä. Rakenteissa oleva vesi mahdollistaa home- ja mikrobikasvuston, joka aiheuttaa hajuhaittoja sekä terveysriskin.

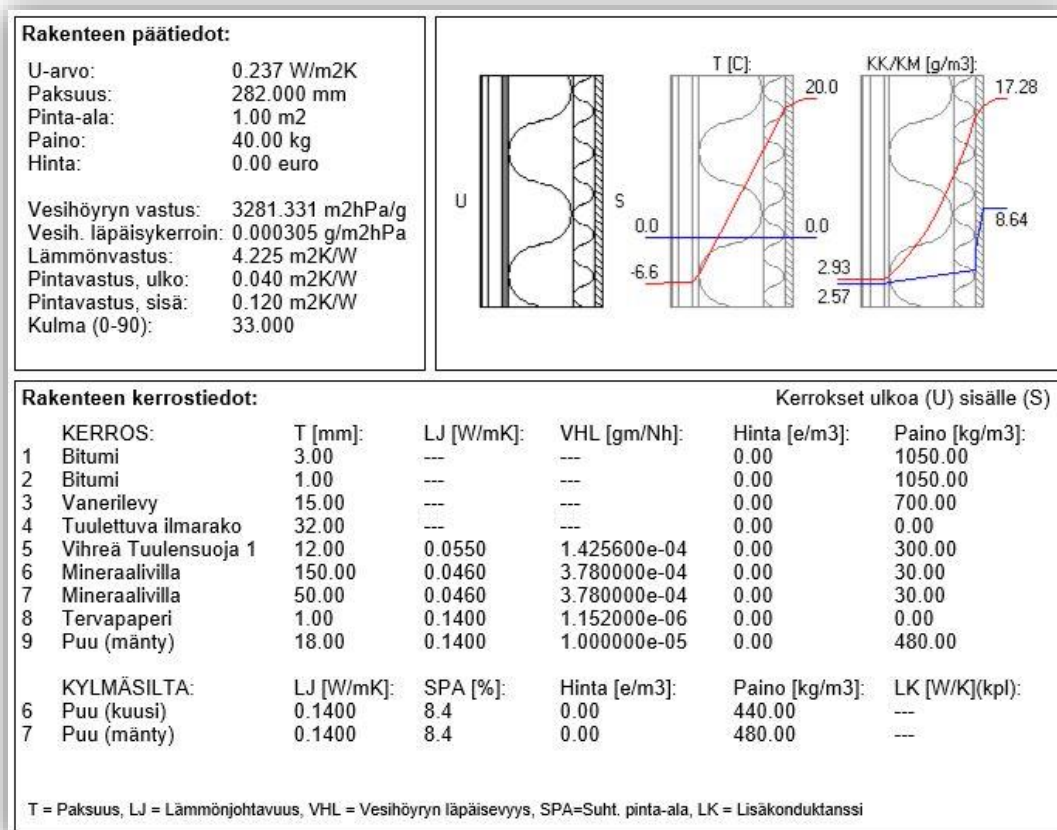
Lisäksi rakenteen U-arvo on huomattavasti alhaisempi kuin rakentamismääräyskoelman rakennusosakohtainen vaatimus ( $0,60 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ). Tästä syystä lämpöhäviöt ovat olleet suuret. Rakenteisiin todennäköisesti tiivistyneen kosteuden sekä rakenteen alhaisen U-arvon takia päädyimme omistajan kanssa siihen lopputulokseen, että kattorakenteen osalta paras vaihtoehto on purkaa vanha rakenne kokonaan pois, ja rakentaa katto alusta asti uudestaan.



**Kuva 2.** Vanhan kattorakenteen pää- ja kerrostiedot.

#### 4.2.2 Uuden rakenteen kuvaus

Kuvasta 3 voimme havaita, että uusi kattorakenne toimii kosteusteknisesti oikein. Kosteuden tiivistymistä ei tapahdu, ja kattorakenteen tuuletus on kunnossa. Rakenteen U-arvoa on pystytty parantamaan huomattavasti kasvattamalla kattorakenteen eristekerrosta, mikä taas vähentää lämpöhäviöitä, ja näin ollen säästää energiaa.



**Kuva 3.** Uuden kattorakenteen pää- ja kerrostiedot.

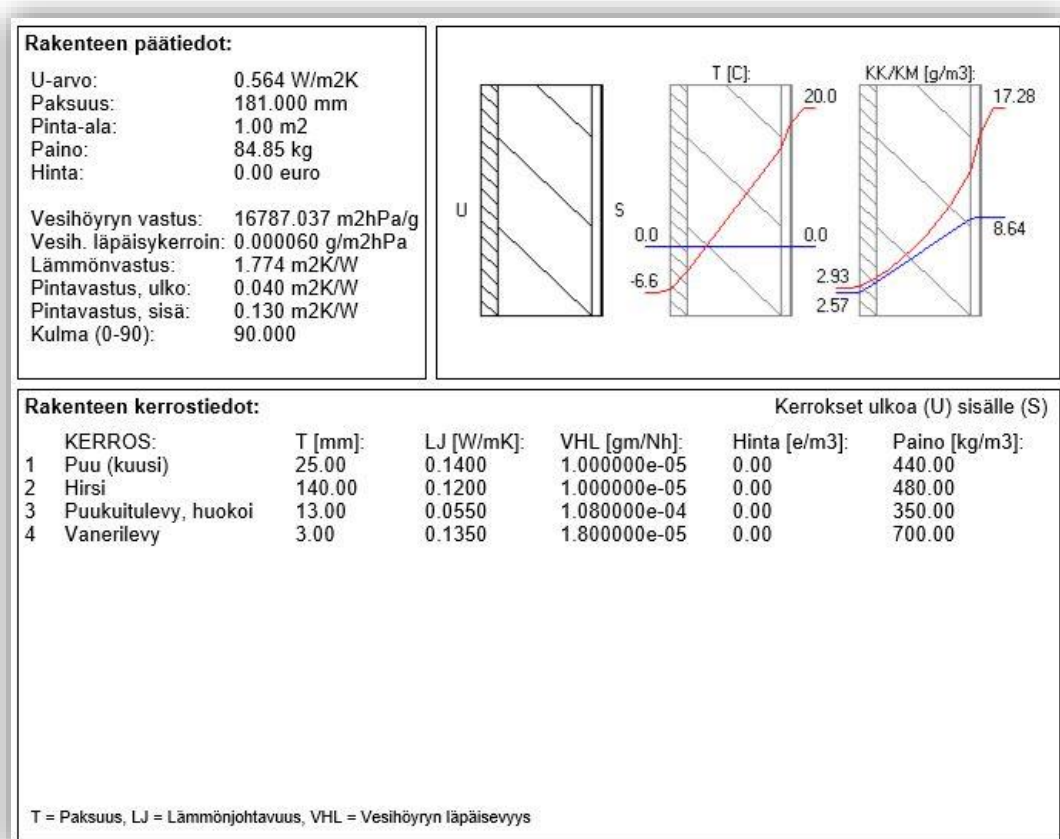
### 4.3 Ulkoseinät

#### 4.3.1 Vanhan rakenteen kuvaus

Kuten kuvasta 4 voimme havaita, niin vanhan seinärakenteen U-arvo oli ainoastaan 0,56 W/m<sup>2</sup>\*K. Vaikka U-arvo on nykypäivän mittapuulla alhainen, täyttää se siitä huolimatta rakentamismääräyskokoelman vaatimusten mukaisen arvon 0,60 W/m<sup>2</sup>\*K. Alhaisesta U-arvosta voimme päätellä, että lämpöhäviö seinän osalta on ollut suuri.

Kuvasta 4 voimme myös todeta, että vaikka rakennuksen seinä on ollut lämpöarvoltaan varsin heikko, on se silti kosteusteknisiltä ominaisuuksiltaan ollut niin hyvä, että rakennuksen seinään ei ole tarkasteluhetkellä päässyt tiivistymään kosteutta. DOF-Lämpö ohjelmalla tehdystä simulaatiosta voimme havaita, että vaikka

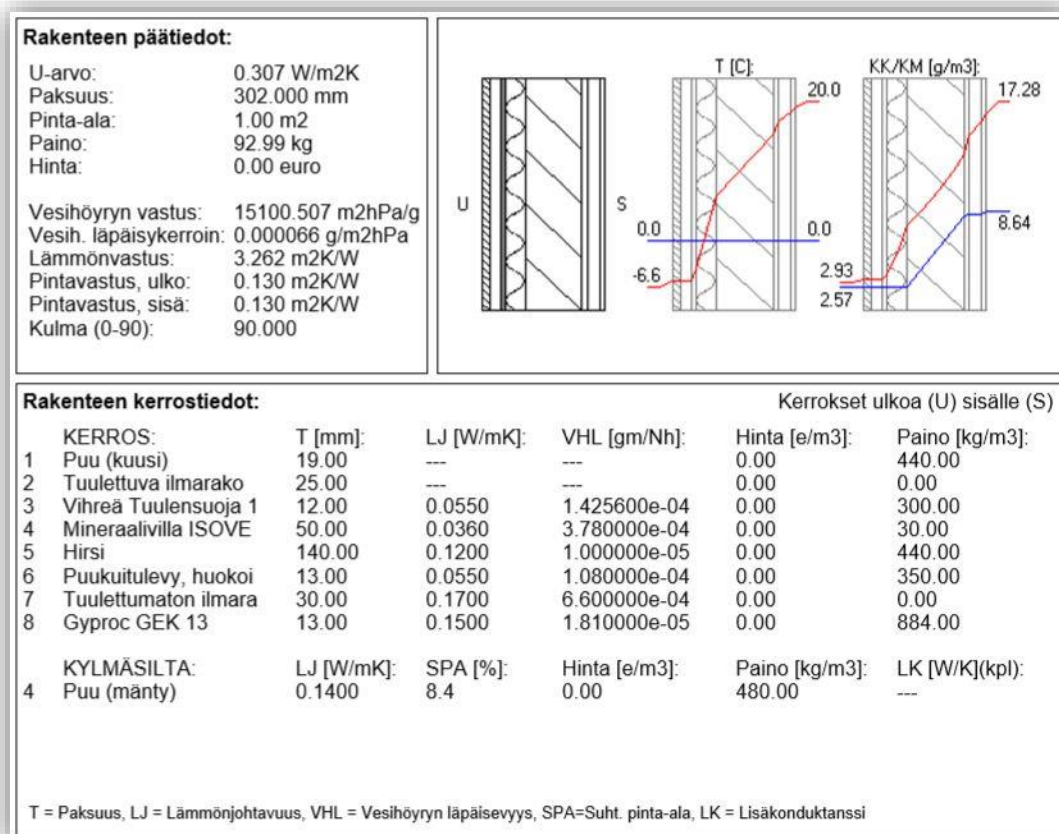
veden tiivistymistä rakenteeseen ei vielä pääsekään tapahtumaan, on tarkasteluhe-  
kellä hirren ulkopinnassa suhteellinen kosteus yli 75 %. Eli mahdollisuus homekas-  
vustolle on ollut olemassa. Kylmimpänä aikana suhteellinen kosteus on jopa ylittä-  
nyt 85 %, mikä taas on mahdollistanut lahovaurion.



**Kuva 4.** Vanhan seinärakenteen pää- ja kerrostiedot.

#### 4.3.2 Uuden rakenteen kuvaus

Vanhan seinärakenteen alhaisen U-arvon (0,56 W/m<sup>2</sup>\*K) johdosta rakennuttaja päätti lisätä ulkoseinärakenteen ulkopinnalle lämmöneristeitä. Samalla seinän julkisivuremontin yhteydessä seinään rakennettiin toimiva tuuletus. Uusi seinärakenne toimii kosteusteknisesti oikein, eikä seinän sisälle pääse tiivistymään kosteutta. Kuvasta 5 voimme havaita, että rakennuksen U-arvo ulkoseinän osalta on parantunut lähes 45 prosenttia.



**Kuva 5.** Uuden seinärakenteen pää- ja kerrostiedot.

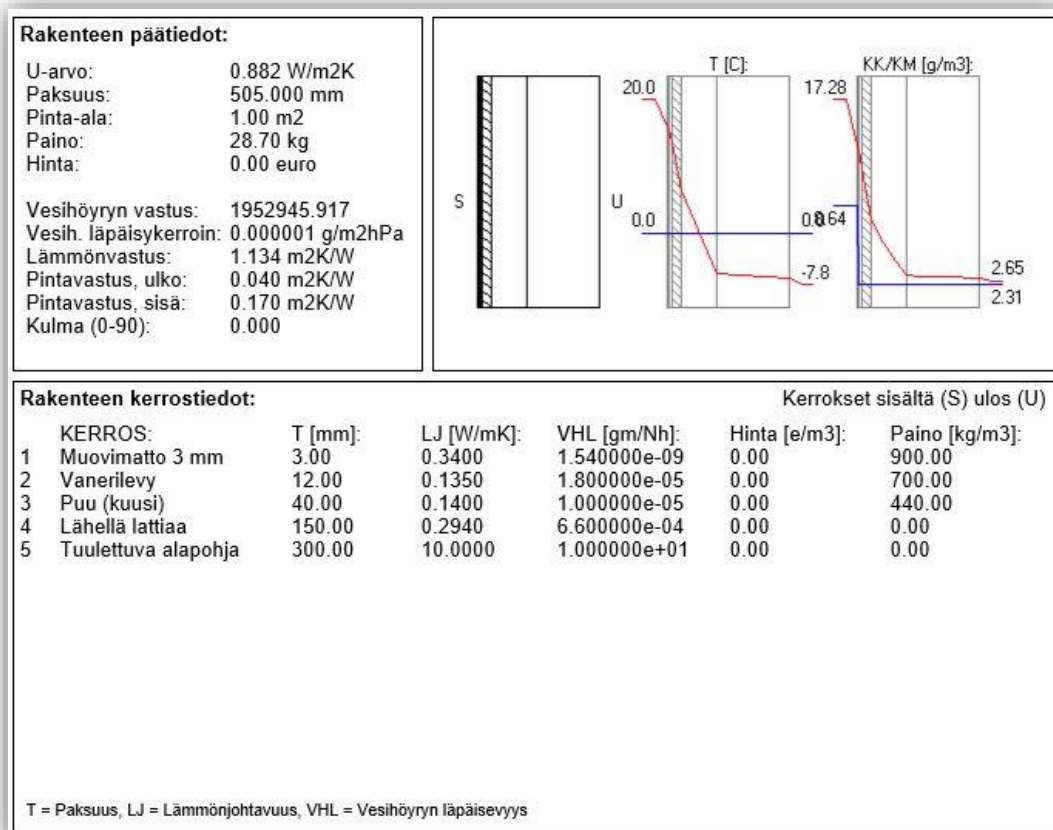
## 4.4 Alapohja

### 4.4.1 Vanhan rakenteen kuvaus

Vanhassa alapohjassa oli ainoastaan noin 0,4 metrin multapenkkirakenne, jonka päällä olivat lattianiskat. Alapohja oli tuuletettu. DOF-Lämpö ohjelmalla tehdyissä simuloinneissa on otettu huomioon eri ilmakerrosten vaikutus laskentaan, koska se on olennaista alapohjan lämpöhäviöitä laskettaessa.

Kuten kuvasta 6 voimme havaita, niin vanhan alapohjarakenteen U-arvo oli ainoastaan 0,882 W/m<sup>2</sup>\*K. U-arvo on nykypäivän mittapuulla aivan liian alhainen, ja siitä voimme päätellä, että lämpöhäviö alapohjan osalta on ollut erittäin suuri. Kuvasta 6 voimme myös todeta, että vaikka rakennuksen alapohja on ollut lämpöarvoltaan todella heikko, on se silti kosteusteknisiltä ominaisuuksiltaan ollut riittävän

hyvä pitääkseen rakenteen terveenä. Rakennuksen alapohja on suurella todennäköisyydellä toiminut oikein, sillä DOF-Lämpö ohjelmalla tehdystä simulaatiosta voimme havaita, että rakennuksen alapohjaan ei ole tarkasteluhetkellä päässyt tiivistymään kosteutta.



**Kuva 6.** Vanhan alapohjarakenteen pää- ja kerrostiedot.

#### 4.4.2 Uuden rakenteen kuvaus

Vanhan alapohjarakenteen erittäin alhaisen U-arvon (0,882 W/m<sup>2</sup>\*K), sekä vanhan aikaisen multapenkkirakenteen takia päädyimme omistajan kanssa siihen lopputulokseen, että alapohjarakenteen osalta paras vaihtoehto on purkaa vanha rakenne kokonaan pois. Alapohja suunniteltiin ja rakennettiin alusta asti uudestaan. Alapohjarakenne suunniteltiin paremmin tuulettuvaksi, ja siihen suunniteltiin riittävä määrä eristeitä lämpöhäviöiden vähentämiseksi. DOF-Lämpö ohjelmalla tehdystä





## 5 TULOKSET

Tässä luvussa on verrattu vanhojen ja uusien rakennusosien lämpöhäviöitä. Lämpöhäviöt on ilmoitettu kilowattitunteina. Tilastokeskuksen internet-sivulta on saatu sähkön hinta kuluttajatyypeittäin, ja sen avulla on laskettu euromääräinen hinta vuotuiselle energiansäästölle.

### 5.1 Rakennusosien pinta-alat

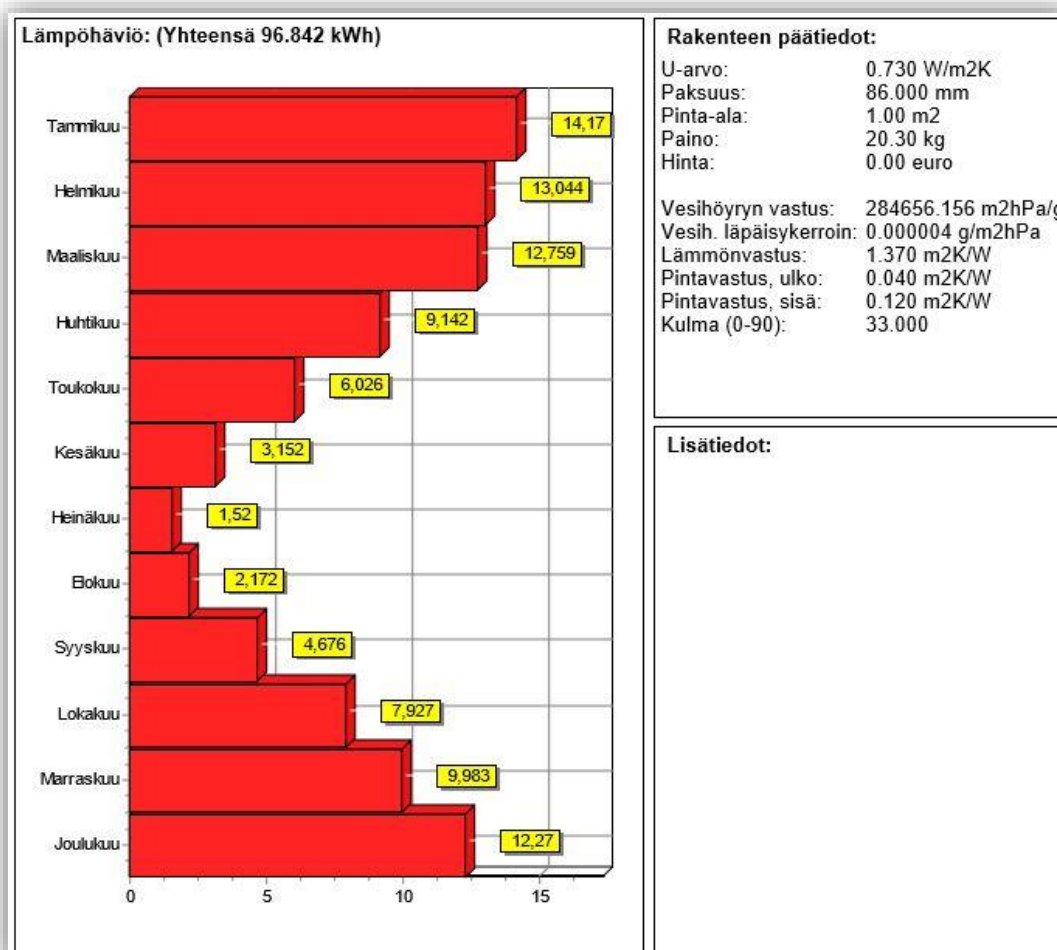
Rakennuksen rakennusosien pinta-alat on selvitetty paikan päällä käsin tehdyillä mittauksilla sekä Excel-taulukko-ohjelmalla tehdyistä laskelmista (Liite 1). Rakennuksen energiakulutuksen laskennassa tarvittavat rakennusvaipan eri rakennusosien pinta-alat on määritetty rakennuksen kokonaissisämittojen mukaan. Alapohjan pinta-ala on laskettu sisämittojen mukaan aukkojen ja rakenteiden aloja vähentämättä. Alapohjan läpivientien, kuten viemärien ja vesijohtojen läpivientien pinta-alaa ei ole vähennetty alapohjan pinta-alasta. /7/

Katon pinta-ala on laskettu ulkoseinien sisämittojen mukaisesti katon pinta-alasta hormin pinta-alaa vähentämättä. Ulkoseinien pinta-ala on laskettu sisämittojen mukaisesti alapohjan lattiapinnasta yläpohjan alapintaan ikkunoiden ja ovien pinta-alat vähentäen. Ikkunoiden ja ovien pinta-alat on laskettu karmirakenteen ulkomittojen mukaan. /7/

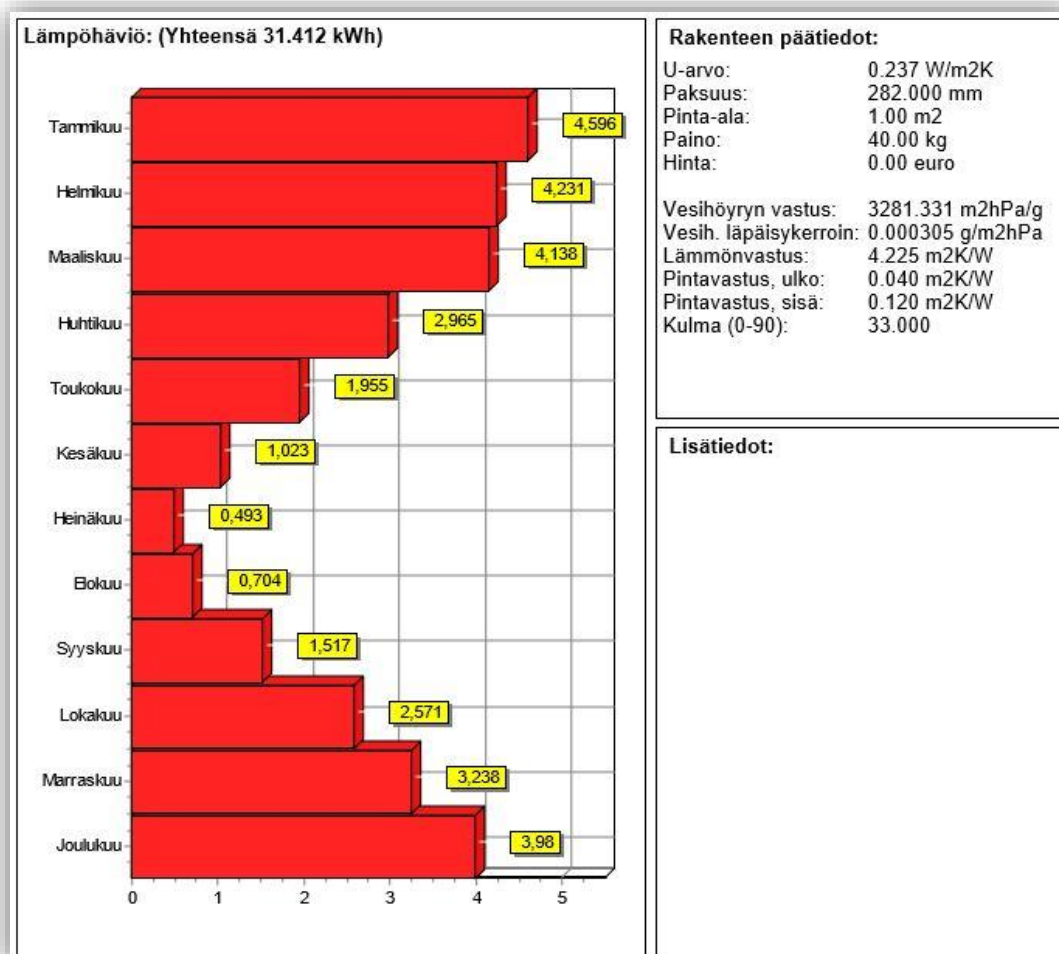
### 5.2 Vesikatto

Vanhan kattorakenteen lämpöhäviön laskelmista (Kuva 8) voimme havaita, että vanhan kattorakenteen lämpöhäviö on vuodessa ollut yhteensä 96.842 kWh/m<sup>2</sup>. Uuden kattorakenteen lämpöhäviön laskelmista (Kuva 9) voimme havaita, että uuden kattorakenteen lämpöhäviö on vuodessa ollut yhteensä 31.412 kWh/m<sup>2</sup>. Eli muutostöistä johtuvaa erotusta per neliö tulee  $(96.842 \text{ kWh/m}^2 - 31.412 \text{ kWh/m}^2)$  65.43 kWh/m<sup>2</sup>.

Kun kerromme tämän luvun katon kokonaispinta-alalla (39 m<sup>2</sup>), saamme vuotiseksi energiansäästökseksi katon osalta 2552 kWh. Tilastokeskuksen sivulta saadulla sähkön keskimääräisellä hinnalla pystymme laskemaan säästetyn energian arvoksi katon osalta 319 € per vuosi /9/.



**Kuva 8.** Vanhan kattorakenteen lämpöhäviön laskelmat.

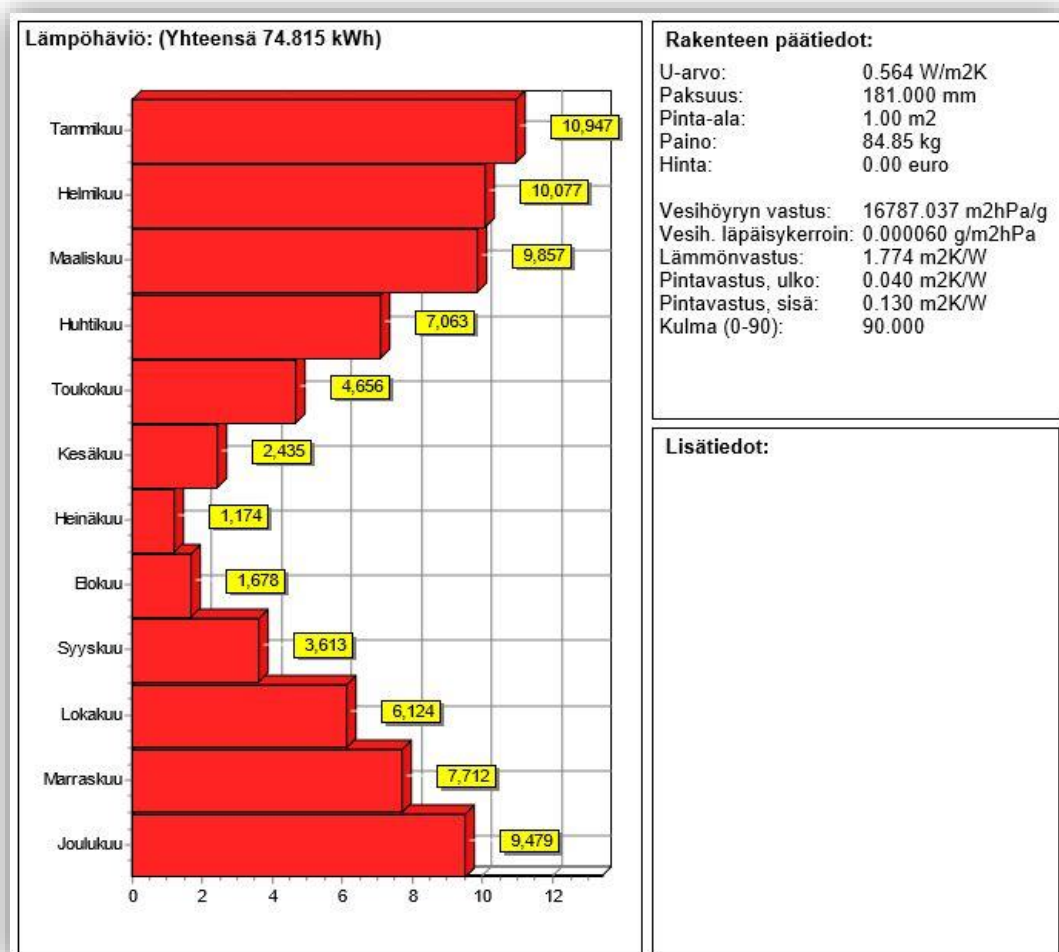


**Kuva 9.** Uuden kattorakenteen lämpöhäviön laskelmat.

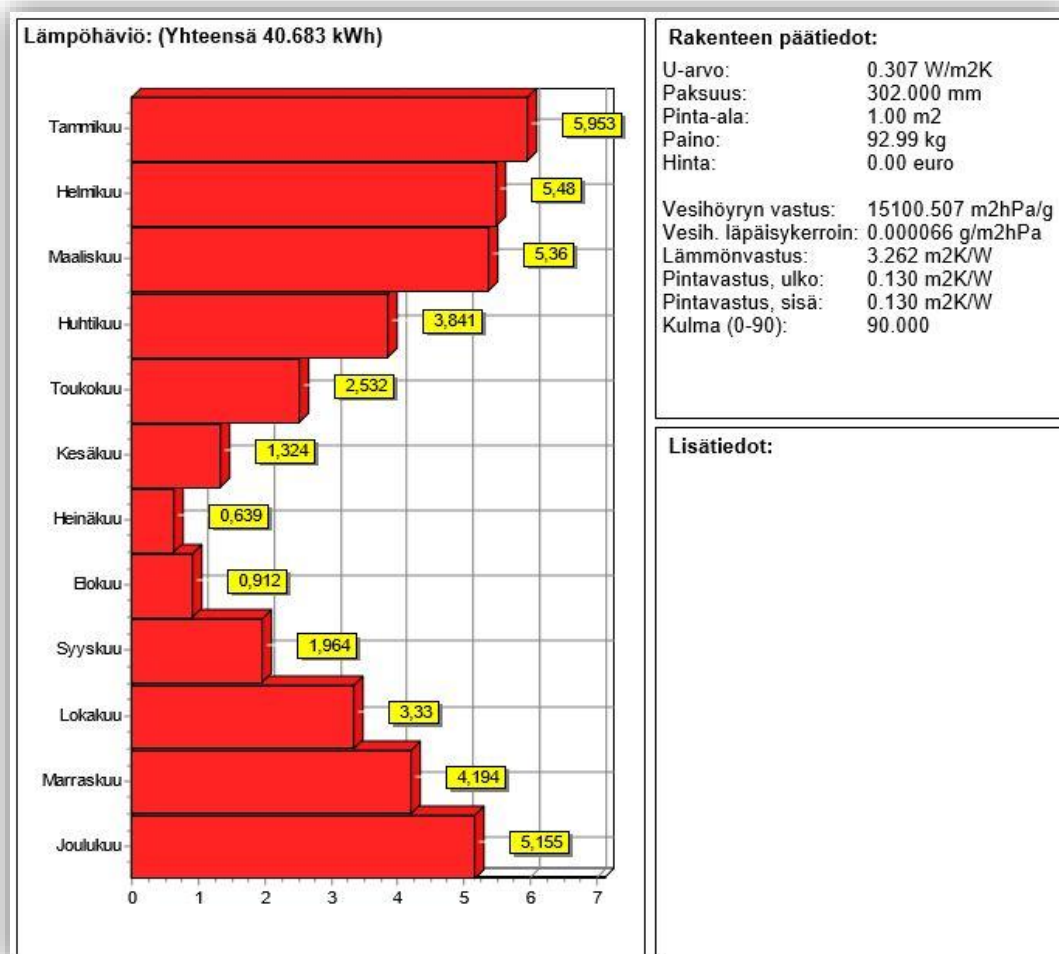
### 5.3 Ulkoseinät

Vanhan ulkoseinärakenteen lämpöhäviön laskelmista (Kuva 10) voimme havaita, että vanhan ulkoseinärakenteen lämpöhäviö on vuodessa ollut yhteensä 74.815 kWh/m<sup>2</sup>. Uuden seinärakenteen lämpöhäviön laskelmista (Kuva 11) voimme havaita, että uuden seinärakenteen lämpöhäviö on vuodessa ollut yhteensä 40.683 kWh/m<sup>2</sup>. Eli muutostöistä johtuvaa erotusta per neliö tulee (74.815 kWh/m<sup>2</sup> - 40.683 kWh/m<sup>2</sup>) 34.132 kWh/m<sup>2</sup>.

Kun kerromme tämän luvun ulkoseinien kokonaispinta-alalla (80 m<sup>2</sup>), saamme vuotuiseksi energiansäästökseksi ulkoseinien osalta 2723 kWh. Tilastokeskuksen sivulta saadulla sähkön keskimääräisellä hinnalla pystymme laskemaan säästetyn energian arvoksi katon osalta 340 € per vuosi /9/.



**Kuva 10.** Vanhan seinärakenteen lämpöhäviön laskelmat.



**Kuva 11.** Uuden seinärakenteen lämpöhäviön laskelmat.

### 5.3.1 Ikkunat ja ovet

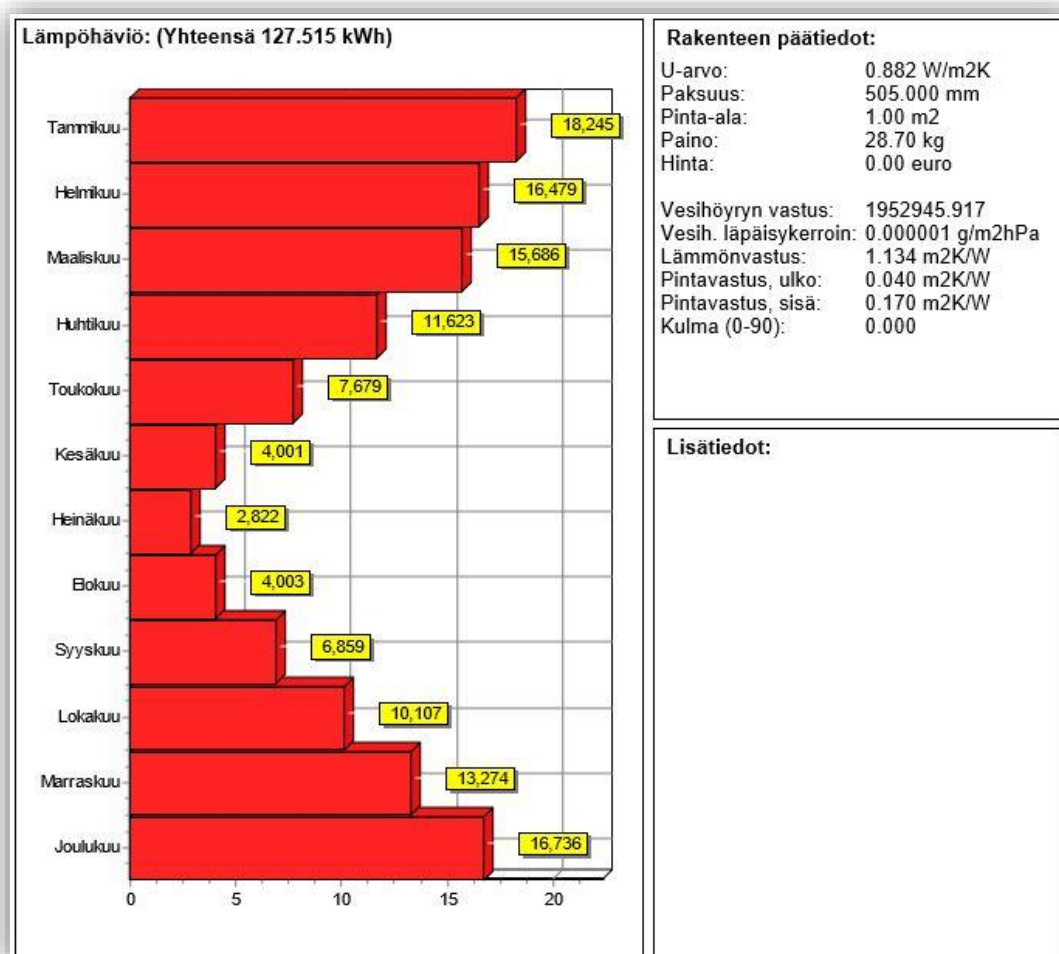
Vanhat ikkunat ja ovet olivat laadultaan niin heikkolaatuiset, että niiden U-arvoja oli lähes mahdoton määrittellä. Niiden karmeista puuttui eristys joko kokonaan tai karmien eristykset olivat huonosti toteutettu. Uusien ikkunoiden ja ovien U-arvot ovat 1.0 W/m<sup>2</sup>\*K. Voidaan vain todeta, että lämmöneristävyys ovien ja ikkunoiden osalta on parantunut huomattavasti.

### 5.4 Alapohja

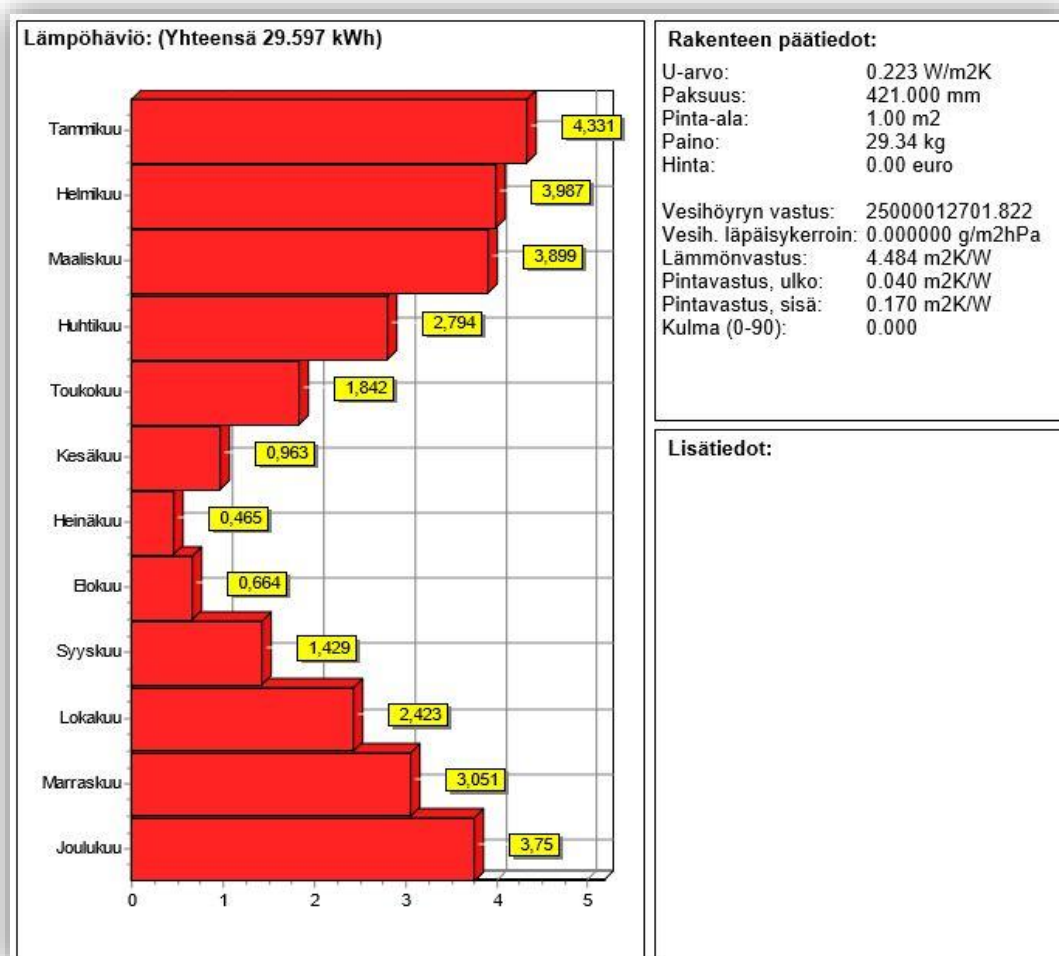
Vanhan alapohjarakenteen lämpöhäviön laskelmista (Kuva 12) voimme havaita, että vanhan alapohjarakenteen lämpöhäviö on vuodessa ollut yhteensä 127.515 kWh/m<sup>2</sup>. Uuden alapohjarakenteen lämpöhäviön laskelmista (Kuva 13) voimme

havaita, että uuden alapohjarakenteen lämpöhäviö on vuodessa ollut yhteensä 29.597 kWh/m<sup>2</sup>. Eli muutostöistä johtuvaa erotusta per neliö tulee (127.515 kWh/m<sup>2</sup>- 29.597 kWh/m<sup>2</sup>) 97.918 kWh/m<sup>2</sup>.

Kun kerromme tämän luvun alapohjan kokonaispinta-alalla (33 m<sup>2</sup>), saamme vuotuiseksi energiansäästökseksi alapohjan osalta 3274 kWh. Tilastokeskuksen sivulta saadulla sähkön keskimääräisellä hinnalla pystymme laskemaan säästetyn energian arvoksi lattian osalta 409 € per vuosi /9/.



**Kuva 12.** Vanhan alapohjarakenteen lämpöhäviön laskelmat.



**Kuva 13.** Uuden alapohjarakenteen lämpöhäviön laskelmat.

## 5.5 Muutoksista saatu kokonaisenergiansäästö

Kun lasketaan yhteen katon, ulkoseinien sekä alapohjan muutostöistä saatu energiainsäästö, saadaan kokonaisenergiansäästökseen vuodessa 8550 kWh. Tilastokeskuksen sivulta saadulla sähkön keskimääräisellä hinnalla pystymme laskemaan säästetyn kokonaisenergian arvoksi 1069 € per vuosi /9/.



## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tuloksista voimme todeta, että valitut eristämiskäytännöt toimivat lämpö- ja kosteusteknisesti oikein. DOF-Lämpö ohjelmalla tehdyissä simuloinneissa ei havaittu kosteuden tiivistymistä minkään rakennusosan tapauksessa. Uusien rakenteiden tuuletus rakennettiin toimivaksi, ja eristeitä lisättiin riittävästi, joten olosuhteet mikrobikasvustolle ovat epäsuotuisat.

Eri rakennusosien U-arvoa saatiin parannettua valituilla ratkaisuilla huomattavasti. Rakentamismääräyskokoelman rakennusosakohtaiset vaatimukset rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä tulivat täytetyiksi. Lisäksi lisälämmöneristäminen vaikuttaa olennaisesti asumismukavuuteen. Rakennuksen kokonaislämmöneristävyyden parannuksesta saadulla kokonaisenergian säästöllä saatiin merkittäviä rahallisia säästöjä, vaikka laskelmista puuttuvatkin säästöt ovien ja ikkunoiden osalta.

Mielestäni opinnäytetyössä osoitetaan rakennushankkeen taloudellinen kannattavuus sekä rakennusfysikaalisista muutoksista saatu hyöty. Toivon myös, että opinnäytetyö toimii esimerkkinä tulevaisuudessa rakentajille, jotka harkitsevat samankaltaiseen rakennushankkeeseen ryhtymistä.

## LÄHTEET

- /1/ Ympäristöministeriön verkkosivut. Viitattu 22.3.2017. [http://www.ymp.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskoelma/Energiatehokkuus](http://www.ymp.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskoelma/Energiatehokkuus)
- /2/ Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Viitattu 23.3.2017. <http://www.ymp.fi/download/no-name/%7B68E47600-2557-4AB7-BA69-8344D9D742CA%7D/3139>
- /3/ Inkinen, P., Tuohi, J. 2012. Momentti1. Insinöörifysiikka. Keuruu. Otava.
- /4/ C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Lämmöneristysohjeet 2003. Ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä.
- /5/ Rakennusosien rakennusfysikaalinen toiminta. Ralf Lindberg Professori, Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 27.3.2017. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK040302.pdf>
- /6/ G1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Asuntosuunnittelu. Määräykset ja ohjeet 2005
- /7/ Laskentaliite ympäristöministeriön asetuksen ”rakennuksen energia tehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä”.
- /8/ Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Toim. Miia Pitkäranta.
- /9/ Suomen virallinen tilasto (SVT): Energian hinnat [verkkajulkaisu]. ISSN=1799-7984. 4. vuosineljännes 2016, Liitekuvio 5. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin. Helsinki: Tilastokeskus. viitattu 11.4.2017. [http://www.stat.fi/til/ehi/2016/04/ehi\\_2016\\_04\\_2017-03-08\\_kuv\\_005\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehi/2016/04/ehi_2016_04_2017-03-08_kuv_005_fi.html)

## LIITE 1

| Pinta-alalaskelmat (m2)       |      |  |
|-------------------------------|------|--|
| <b>Pääty (itä)</b>            |      |  |
| $(4,4/2*1,215/2)*2$           | 2,7  |  |
| $3,500*4,400$                 | 15,4 |  |
| Ikkunat                       | 1,05 |  |
| Pääty yhteensä                | 17   |  |
| <b>Pääty (länsi)</b>          |      |  |
| $(4,4/2*1,215/2)*2$           | 2,7  |  |
| $3,500*4,400$                 | 15,4 |  |
| Ikkunat                       | 0,35 |  |
| Pääty yhteensä                | 18   |  |
| <b>Seinä (pohjoinen)</b>      |      |  |
| $3,500*7,600$                 | 26,6 |  |
| Ikkunat ja ovi                | 4,37 |  |
| Seinä yhteensä                | 22   |  |
| <b>Seinä (etelä)</b>          |      |  |
| $3,500*7,600$                 | 26,6 |  |
| Ikkunat ja ovi                | 3,84 |  |
| Seinä yhteensä                | 23   |  |
| <b>Kaikki seinät yhteensä</b> |      |  |
|                               | 80   |  |
| <b>Katto</b>                  |      |  |
| $2,540*7,600*2$               | 39   |  |
| <b>Alapohja</b>               |      |  |
| $4,400*7,600$                 | 33   |  |
| <b>Ikkunat yhteensä</b>       |      |  |
|                               | 5    |  |
| <b>Ovet yhteensä</b>          |      |  |
|                               | 4    |  |

