Harri Tekoniemi

Asuinrakennuksen energiatehokkuuden parantaminen

Opinnäytetyö
Kevät 2015
SeAMK Tekniikka
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

SeAMK
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Tekijä: Harri Tekoniemi

Työn nimi: Asuinrakennuksen energiatehokkuuden parantaminen

Ohjaaja: Olli Isopahkala

Vuosi: 2015 Sivumäärä: 42 Liitteiden lukumäärä: 7

Suomi otti uuden askeleen rakennusten energiatehokkuuden parantamisessa, kun ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä julkaistiin.

Asetuksessa annettiin käyttöön erilaiset mittarit joiden mukaan tulee toimia silloin, kun rakennuksiin suunnitellaan korjauksia, jotka parantavat rakennuksen energiatehokkuutta.

Energiatehokkuuden parantaminen ei ole kaikissa rakennuksissa taloudellisesti toteutettavissa samalla tavalla. Asetus on joustava ja jokainen kohde voidaan suunnitella ja toteuttaa kohteeseen parhaiten sopivalla tavalla.

Energiatehokkuutta parantavia töitä suunniteltaessa ja toteutettaessa on ensiarvoisen tärkeää, että töihin käytetään ammattitaitoisia henkilöitä. Pätevät henkilöt voivat tehdä korjauksista kustannusarvion, jonka avulla korjauksen kannattavuus voidaan arvioida.

Työn tekeminen osoittautui erittäin mielenkiintoiseksi, mutta samalla haastavaksi tehtäväksi. Huomioonotettavia asioita on todella paljon ja kohteet ovat todellakin erilaisia.

Avainsanat: lämmöneristys, kannattavuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Management

Author: Harri Tekoniemi

Title of thesis: Improving the energy efficiency of a house

Supervisor: Olli Isopahkala

Year: 2015 Number of pages: 42 Number of appendices:7

In Finland the energy efficiency of new buildings has been monitored for years, but there has not been any regulations for older buildings.

In 2013 Finnish Ministry of the Environment released a regulation that provides information on what kinds of improvements need to be done and what kinds of methods can be used when dealing with older buildings and energy efficiency.

There are four different methods that can be used. In all cases the most important thing to do is to find a person who can plan and supervise all stages needed for a building. To find a competent person for the job is vital for each project.

Improving the energy efficiency of a building can be expensive, but the price can also be reasonable. The most important thing is to make the most suitable decisions for each building.

In each case it is very important to calculate the costs of energy efficiency improvement in advance. When the cost estimate is available, it is possible to calculate a rough estimate for the repayment period of the investments. The shorter the repayment period is, the more worthwhile it will be to improve energy efficiency of a building.

Keywords: energy efficiency, repayment period

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä 2
Thesis abstract 3
SISÄLTÖ 4
Kuvio- ja taulukkoluettelo 6
Käytetyt termit ja lyhenteet 7
1 JOHDANTO 8
2 TAUSTA 9
2.1 Lainsäädäntö 9
2.2 Rakennuskanta 10
2.3 Rakennusfysiikka 11
2.4 Rakennuksen kosteuskuormat 12
3 TIILIVERHOILTU OMAKOTITALO 14
3.1 Ulkoseinärakenne 15
3.2 Sisäpuolinen lisälämmöneristäminen 17
3.2.1 Kosteustekninen toiminta 18
3.2.2 Kustannukset 19
3.2.3 Takaisinmaksuaika 20
3.3 Ulkopuolinen lisälämmöneristäminen 21
3.3.1 Kosteustekninen toiminta 22
3.3.2 Kustannukset 23
3.3.3 Takaisinmaksuaika 24
3.4 Yläpohja 25
3.4.1 Lisälämmöneristetty yläpohjarakenne 26
3.4.2 Kosteustekninen toiminta 27
3.4.3 Kustannukset 28
3.4.4 Takaisinmaksuaika 29
4 PUUVERHOILTU RINTAMAMIESTALO 31
4.1 Ulkoseinärakenne 32
4.2 Uusi ulkoseinärakenne 33
4.2.1 Kustannukset 36

4.2.2 Takaisinmaksuaika 37
5 JOHTOPÄÄTÖKSET ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI 38
5.1 Tiiliverhoiltu omakotitalo 38
5.2 Rintamamiestalo 39
6 POHDINTA 40
LÄHTEET 42
LIITTEET 43

Kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuvio 1. Suomen rakennuskanta 11

Kuvio 2. Rakennuksen kosteuslähteet 12

Kuvio 3. Asuinrakennuksen pohjapiirustus. 14

Kuvio 4. Tiiliverhoillun talon alkuperäinen ulkoseinärakenne. 15

Kuvio 5. DOF -lämpö 2.2-ohjelmalla laskettu lämpö- ja kosteuskäyrä. 16

Kuvio 6. Sisäpuolelta lisälämmöneristetty ulkoseinärakenne. 17

Kuvio 7. Sisäpuolelta lisälämmöneristetyn ulkoseinän kosteustekninen toiminta. 19

Kuvio 8. Tiiliverhoillun talon ulkopuolelta lisälämmöneristetty rakenne. 22

Kuvio 9. Ulkopuolelta lisälämmöneristetyn ulkoseinän kosteuskuvaaja. 23

Kuvio 10. Tiiliverhoillun talon alkuperäinen yläpohjarakenne. 26

Kuvio 11. Tiiliverhotun talon lisälämmöneristetty yläpohja. 27

Kuvio 12. Lisälämmöneristetyn yläpohjan kosteustekninen tarkastelu..... 28

Kuvio 13. Rintamamiestalon 1. kerroksen pohjakuva. 31

Kuvio 14. Rintamamiestalon alkuperäinen ulkoseinärakenne. 32

Kuvio 15. Lisälämmöneristetyn rakenteen 1, kosteustekninen toiminta. 34

Taulukko 1. Ulkoseinän lisälämmöneristämisen kustannukset. 20

Taulukko 2. Ulkopuolisen lisälämmöneristämisen kustannukset..... 24

Taulukko 3. Yläpohjan lisälämmöneristyksen kustannukset 29

Taulukko 4. Ulkoseinien lisälämmöneristämisen kustannukset..... 37

Käytetyt termit ja lyhenteet

Diffuusio Kosteuden siirtymistä vesihöyryn osapaine-erojen vaikutuksesta alemman pitoisuuden suuntaan.

E-luku Energiamuotojen kertoimilla painotettu ostoenergian laskennallinen ominaiskulutus.

Kastepiste Ilman lämpötila, jossa ilman sisältämän vesihöyryn tiivistyminen alkaa.

Konvektio Lämmön kulkeutumista nesteessä tai kaasussa lämmön tai paine-erojen aiheuttamien virtausten mukana.

Lambda-arvo Lämpövirran tiheys jatkuvuustilassa pituusyksikön paksuisen tasa-aineisen ainekerroksen pintojen läpi, kun lämpötilaero ainekerrosten välillä on yksikön suuruinen.

Takaisinmaksuaika Aika, jona investointi maksaa hintansa takaisin.

U-arvo Lämmönläpäisykerroin, joka ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aihe on energiatehokkuuden parantaminen lisälämmöneristämällä pientaloissa. Lisälämmöneristämistä pidetään kannattavana tai liian kalliina, paljolti lähteestä riippuen. Etenkin eristevalmistajat mainostavat lisälämmöneristyksen kannattavuutta ja lyhyitä takaisinmaksuaikoja. Lisälämmöneristämisellä onkin mahdollista saada huomattavia säästöjä rakennuksen käyttökuluihin ja ennen kaikkea asumisviihtyvyyteen. Lisälämmöneristämisen hyödyllisyyttä epäilevät tahot keskittyvät yleensä lisälämmöneristämisen korkeisiin kustannuksiin.

Hyvällä suunnittelulla myös lisälämmöneristämisen kustannuksiin on saatavissa merkittäviä helpotuksia. Esimerkiksi kotitalousvähennyksen avulla lisälämmöneristämisen työkustannuksia voi alentaa merkittävästi.

Suomen rakennuskanta muodostuu useilla eri vuosikymmenillä rakennetuista rakennuksista. Rakennustapoja ja rakennuksia on hyvin erilaisia. Tästä syystä energiatehokkuuden parantamista ei ole kannattavaa toteuttaa kaikkiin kohteisiin samalla tavalla.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan kahden erilaisen asuinrakennuksen lisälämmöneristämistä. Opinnäytetyössä selvitetään laskennallisesti, mikä on tarvittava työmäärä ja lisälämmöneristämisen kustannus.

Opinnäytetyössä tutkitaan laskennallisin menetelmin vaihtoehtoja, joilla rakennusten rakenteet saataisiin ympäristöministeriön asetuksen rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä edellyttämälle tasolle.

2 TAUSTA

2.1 Lainsäädäntö

Rakennusten energiatehokkuus on huomioitu uudisrakentamisessa jo pitkään, mutta korjausrakentaminen ei ole aikaisemmin ollut säätelyn piirissä.

Ympäristöministeriön asetuksen rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä perustelumuistion mukaan tavoitteeksi on asetettu 25 %:n säästö energian kulutuksessa ja 45 %:n säästö hiilidioksidipäästöissä vuoteen 2050 mennessä. Lyhyen aikavälin tavoite on rakennusten energiankulutuksen pienentäminen kuudella prosentilla vuoteen 2020 mennessä. (Kauppinen 2013, 1.)

Kaikki olemassa olevat rakennukset eivät tule säätelyn alaisiksi. Asetus koskee ainoastaan korjaus- ja muutostöitä, joihin vaaditaan rakennuslupa tai toimenpidelupa. Rakennuslupaa vaativia toimenpiteitä ovat kaikki rakennuksen energiataloudellisuutta parantavat muutokset. (A 4/13 2013, 1.)

Rakennusluvan tarpeellisuus selviää parhaiten paikallisesta rakennusvalvonnasta. Paikallisesta rakennusvalvonnasta saa tarvittaessa ohjausta myös luvan hakuprosessiin.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (A 4/13 2013) antaa kolme vaihtoehtoehtoa siihen, kuinka rakennusten energiatehokkuuden paraneminen voidaan todeta.

Yksi vaihtoehto on parantaa rakennusosan U-arvoa. Seinien ja yläpohjan U-arvo tulee puolittaa tai saavuttaa uudisrakentamisen taso. Ikkunoiden ja ovien U-arvon tulee olla 1,0 W/m^2K tai parempi. Alapohjan energiataloudellisuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan. (A 4/13 2013, 2.)

Toinen vaihtoehto on rakennuksen standardikäytön mukaisen energiankulutuksen pienentäminen. Asetus rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus-

ja muutostöissä määrittää rakennusluokkakohtaiset maksiarvot. Esimerkiksi pientalon standardinmukainen energiankulutuksen maksimiarvo on 180 kWh/m^2. (A 4/13 2013, 3.) Keinoja energiankulutuksen pienentämiseen ovat esimerkiksi lämpöhäviöiden pienentäminen ja teknisten järjestelmien parantaminen.

Kolmas vaihtoehto on laskennallisen E-luvun pienentäminen lähtötilanteesta. E-luvun laskennassa huomioidaan kulutetun energian lisäksi luonnonvarojen käyttöä energiamuodon kertoimen avulla. Pientaloissa uuden E-luvun tulee olla 80 % lasketusta E-luvusta. (A 4/13 2013, 3.)

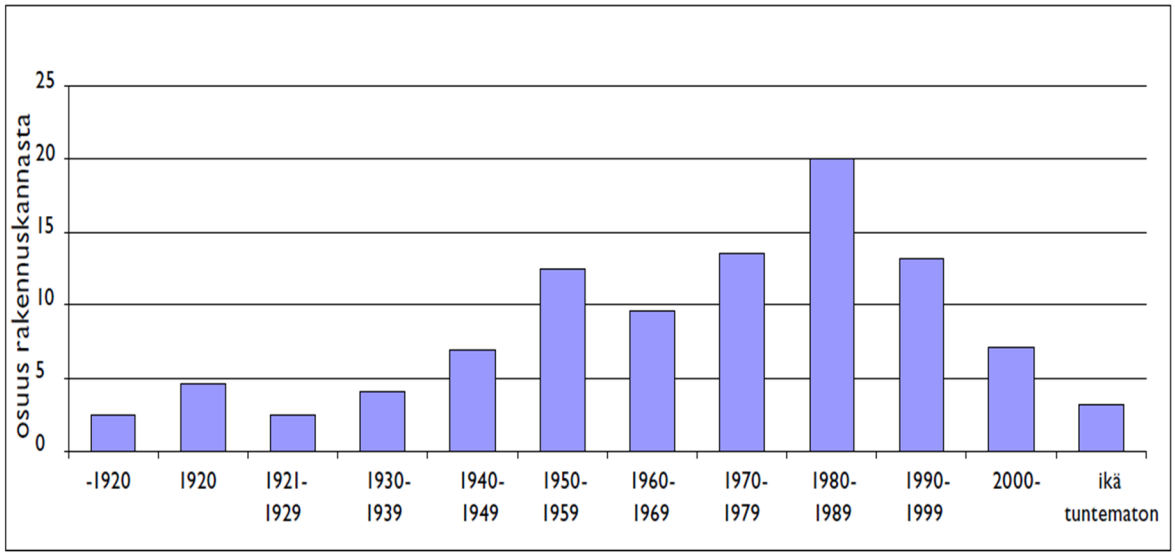
Rakennusten energiatehokkuutta voidaan parantaa myös teknisiä järjestelmillä, kuten lämmön talteenottoa tai lämmitysjärjestelmää parantamalla. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen on oltava vähintään 45 %. (A 4/13 2013, 2.)

Korjausrakennuskohteisiin tulisi ennen korjausten aloitusta laatia pitkän tähtäimen suunnitelma (A 4/13 2013, 3). Pitkän tähtäimen suunnitelman tulisi perustua kohteessa toteutettuun kuntoarvioon tai energiakatselmukseen. Tällä pyritään varmistamaan se, että pätevät henkilöt ottavat kaikki tarvittavat asiat huomioon ennen korjausten aloitusta. Kohteeseen sopivilla toimenpiteillä varmistetaan rakennuksen oikea toiminta pitkälle tulevaisuuteen myös muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa.

Kaikissa vaihtoehdoissa erittäin tärkeää on se, että kohde suunnitellaan kokonaisuutena vaikka toteutus tehtäisiin vaiheittain. Suunnittelun lisäksi myös korjausten toteutus on suoritettava huolellisesti.

2.2 Rakennuskanta

Kuviossa 1 esitetään Suomen rakennuskanta rakentamisvuoden perusteella. Merkittävä osa Suomen nykyisestä rakennuskannasta on rakennettu vuosina 1950–1989. Rakennusten peruskorjausikänä voidaan pitää 35–40 vuotta, jonka osa Suomen rakennuskannasta on jo saavuttanut. (Ympäristöministeriön raportteja 28/2007 2007, 9–10).



Kuvio 1. Suomen rakennuskanta
(Ympäristöministeriön raportteja 28/2007 2007, 9).

2.3 Rakennusfysiikka

Rakennusfysiikan tuntemus on tärkeää kaikessa korjausrakentamisessa. Riittämätön rakennusfysiikan ymmärrys saattaa johtaa vääriin rakenneratkaisuihin, jotka eivät sovellu nykyisiin tai tuleviin ilmasto-olosuhteisiin.

Korjausrakentamisen suunnittelussa ja toteutuksessa tulee ottaa huomioon muun muassa konvektiolla ja diffuusiolla rakenteisiin siirtyvät ja mahdollisesti tiivistyvät kosteuskuormat.

Lisälämmöneristettäessä lämpövuodot rakenteen läpi yleensä vähenevät. Lämpövirtauksilla on saattanut olla merkittävä vaikutus rakenteen kuivumiseen. Lämpövirtausten pieneneminen tulee korjauskohteissa ottaa huomioon muun muassa varmistamalla rakenteen tuuletuksen toimivuus.

Korjausrakentamisessa on huomioitava myös ääneneristävyys. Hyvällä ääneneristyksellä on merkittävä vaikutus asumisviihtyvyyteen. Rakenteen energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet saattavat vaikuttaa rakenteen ääneneristykseen.

2.4 Rakennuksen kosteuskuormat

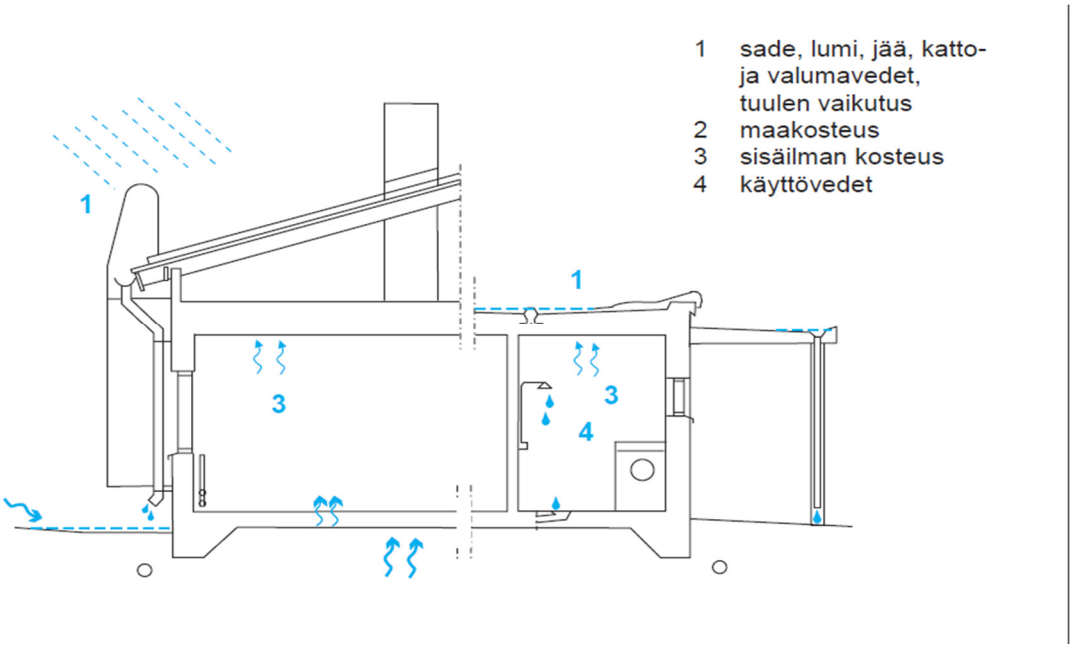
Rakennuksen kosteuskuormat muodostuvat rakennuksen ulkopuolisista ja sisäpuolisista kuormituksista. Rakennukseen vaikuttavia kosteuskuormia esitetään kuviossa 2.

Ulkoapäin rakennukseen tavallisimmin vaikuttavia kosteuskuormia ovat

- sade, lumi, roiskevedet
- maaperästä kapillaarisesti nouseva kosteus, pohjavesi
- valumavedet, vajovesi.

Sisällä kosteuskuormaa tyypillisesti aiheutuu

- ihmisistä
- ruuanlaitosta
- pyykinpesusta ja peseytymisestä
- rakennekosteudesta
- diffuusiosta.



Kuvio 2. Rakennuksen kosteuslähteet
(RT 05-10710 1999, 1).

Kaikki rakennukset joutuvat alttiiksi kosteuskuormille ja siksi on tärkeä ottaa kosteuskuormat huomioon rakennuksien suunnittelussa ja toteutuksessa.

Korjauskohteiden kosteuskuormien hallinta saattaa olla jopa haastavampaa, koska vanhat rakenneratkaisut eivät aina ole nykyisen tiedon mukaan oikein rakennettuja.

Sekä korjaus- että uudiskohteissa joudutaan huomioimaan muuttuvat ilmasto-olosuhteet ja asumistottumukset. Ilmaston lämpeneminen lisää viistosateiden määrää lumisateiden vaihtuessa vesisateiksi. Pidemmät sadejaksot puolestaan lisäävät ulkopuolista kosteuskuormaa ja mahdollisesti hidastavat rakenteiden kuivumista. Sademäärät tulevat lisääntymään pitkällä aikavälillä etenkin talvisin, kun ilmaston lämpenemisen seurauksena sateet saadaan lumen sijasta vetenä. (Jylhä 2012, 19.)

3 TIILIVERHOILTU OMAKOTITALO

Tutkittava rakennus sijaitsee Jalasjärvellä Puskanmäen asuntoalueella. Rakennus on rakennettu vuonna 1982 alueelle, jossa on paljon samaan aikaan ja samalla rakennustyylillä rakennettuja omakotitaloja.

Rakennuksen huoneistoala on 105 m^2 ja rakennusala 163,5 m^2. Huoneistoalan rajaamaa ulkoseinää rakennuksessa on 42,6 metriä ja huonekorkeus rakennuksessa on 2500 mm. Ulkoseinäneliöitä on sisämittojen mukaan 95,5 m^2. Kuviossa 3 on esitetty rakennuksen pohjapiirustus.

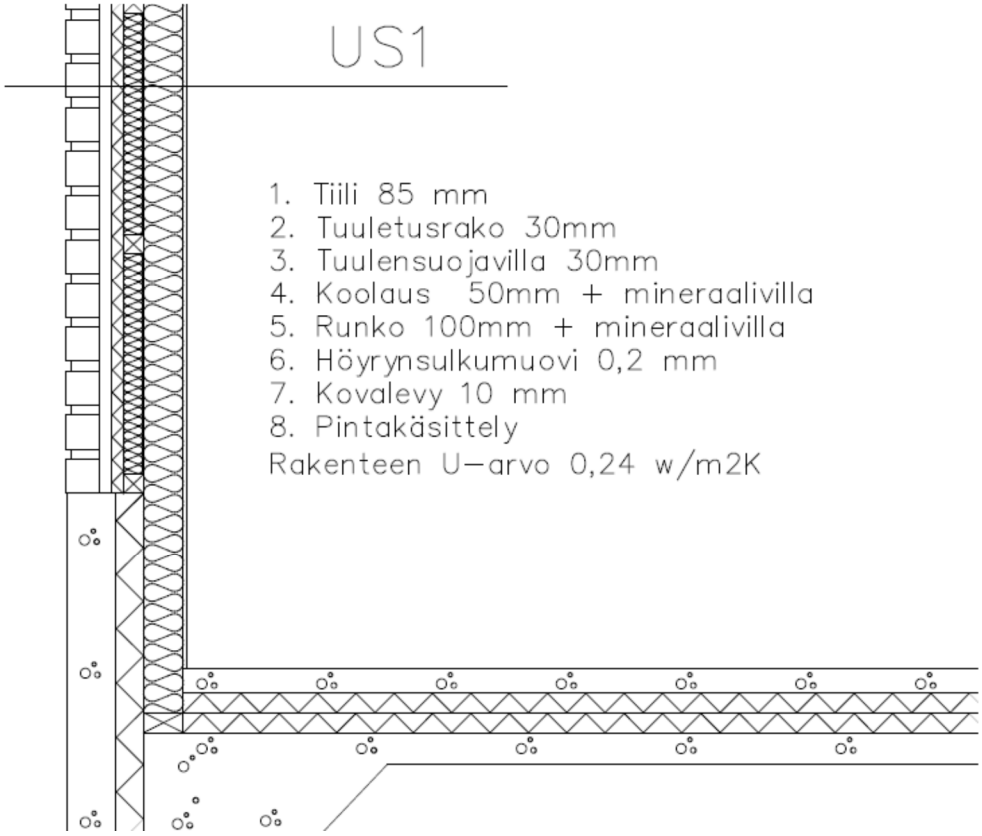
Rakennuksessa on maanvarainen alapohja, jonka lisälämmöneristäminen ei ole käytännössä mahdollista ilman suurempia purkutöitä. Tämän vuoksi alapohjan lisälämmöneristämistä ei tässä työssä käsitellä.

Kuvio 3. Asuinrakennuksen pohjapiirustus.

3.1 Ulkoseinärakenne

Vuonna 1982 rakennetun omakotitalon alkuperäisten suunnitelmien mukainen ulkoseinän rakenne on kuvion 4 mukainen. Rakenteelle laskettiin U-arvo Puuinfon internetsivuilta löytyvällä laskurilla, joka kertoi rakenteen U-arvoksi 0,24 W/m^{2}K (Liite 1).

Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä määrittää ulkoseinän U-arvo vaatimuksen. Rakennusosakohtaisessa tarkastelussa ulkoseinän uuden rakenteen tulee U-arvon olla 0,5 x alkuperäinen U-arvo tai enintään 0,17 W/m^{2}K (A 4/13 2013,2). Tutkittavassa kohteessa tulee siis suunnitella rakenne, jonka U-arvo on 0,17 W/m^{2}K.

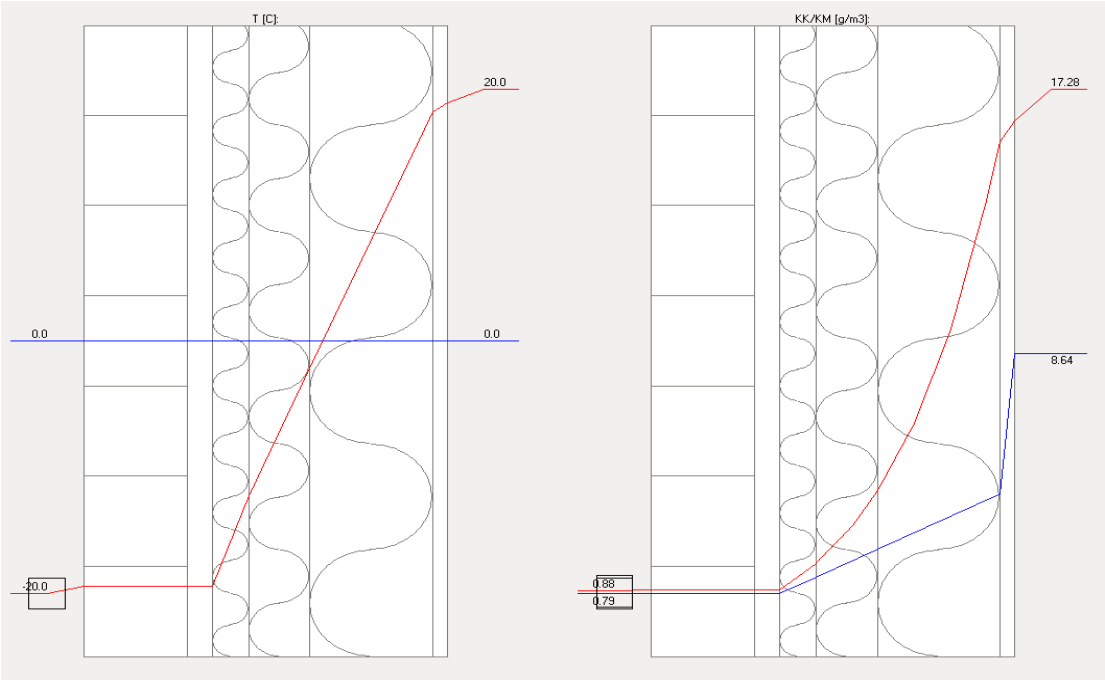


Kuvio 4. Tiiliverhoillun talon alkuperäinen ulkoseinärakenne.

Laskennallisen tarkastelun perusteella olemassa olevassa rakenteessa ei kosteuden tiivistymistä tapahdu (Kuvio 5). Kuviossa 5, oikeanpuoleisessa kuvaajassa punainen viiva kuvaa vesihöyryn osapainetta rakenteen eri kohdissa. Sininen viiva taas kertoo kastepisteen sijainnin. Viivojen risteäminen kertoisi mahdollisesta kosteuden tiivistymisestä rakenteessa.

Kuviossa 5, vasemmanpuoleisen kuvaajan punainen viiva kertoo lämpötilan rakenteessa. Kuvaaja esittää lämpötilan rakenteessa tilanteessa, jossa sisälämpötila on +20 °C ja ulkolämpötila -20 °C.

Laskennallinen tulos perustuu olettamukseen, että asennus tehdään huolellisesti. Virheet esimerkiksi höyrynsulkumuovin asennuksessa saattavat johtaa kosteuden tiivistymiseen rakenteessa.

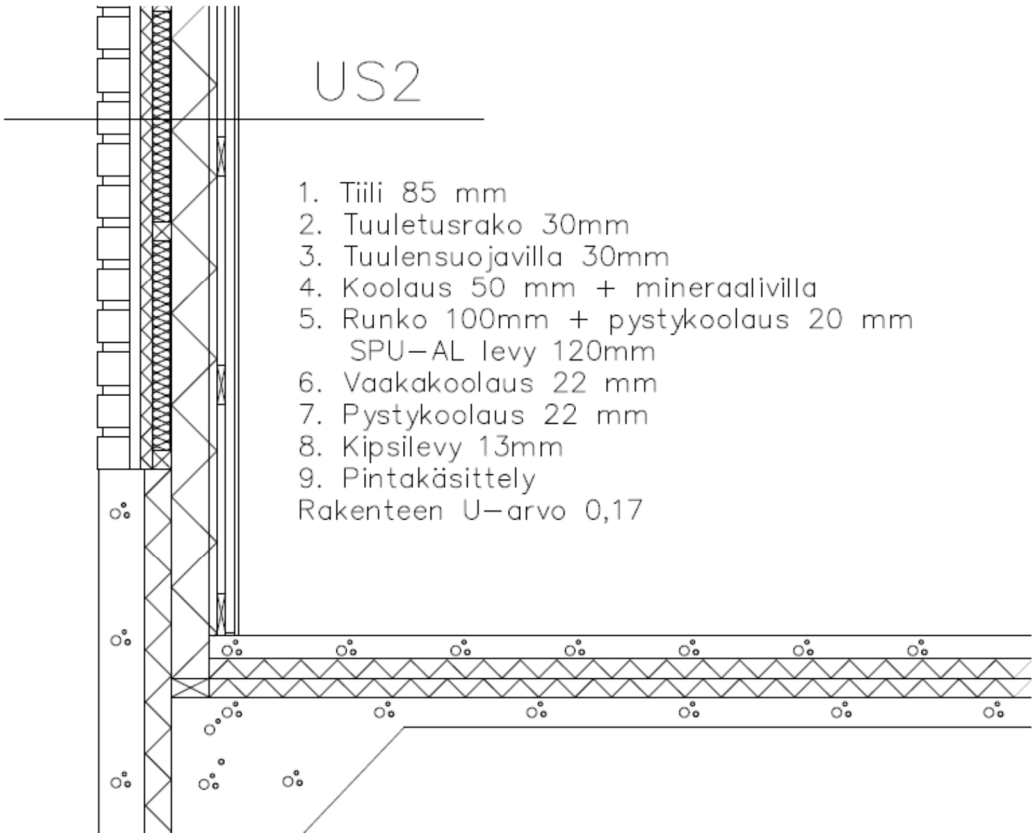


Kuvio 5. DOF -lämpö 2.2-ohjelmalla laskettu lämpö- ja kosteuskäyrä.

3.2 Sisäpuolinen lisälämmöneristäminen

Kohteessa tutkitaan aluksi sisäpuolisen lisälämmöneristämisen mahdollisuus. Suurimpana syynä tähän on tiilimuuraus, joka on edelleen lähes uudenveroisessa kunnossa.

Kuvion 6 mukaisella rakenteella saavutetaan asetuksen rakennusten energiatehokkuuden parantaminen korjaus- ja muutostöissä (A 4/13 2013) mukainen lämmöneristävyys. Vaatimuksen mukaan U-arvon tulee olla 0,5 x alkuperäinen U-arvo tai enintään 0,17 W/m^{2}K (A 4/13 2013, 2). Suunnitellun rakenteen U-arvo on 0,17 W/m^{2}K (Liite 2).



Kuvio 6. Sisäpuolelta lisälämmöneristetty ulkoseinärakenne.

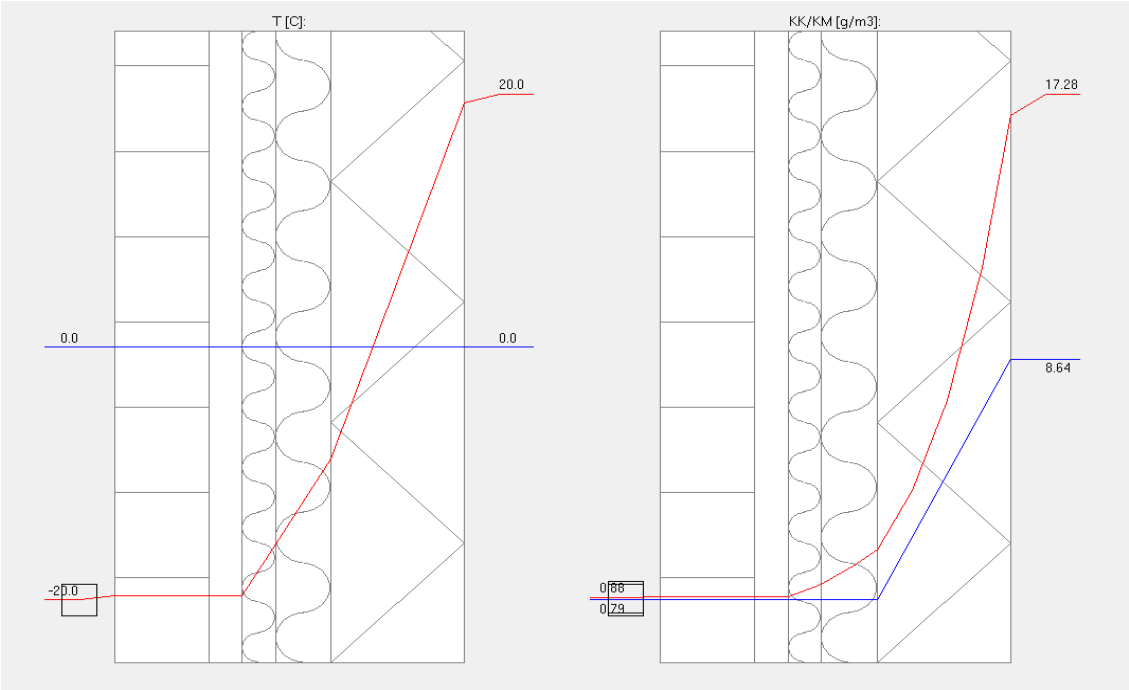
3.2.1 Kosteustekninen toiminta

Rakenteen kosteusteknistä toimintaa tarkastellaan DOF -lämpö 2.2 -ohjelmalla, joka on yksi markkinoilla olevista kyseiseen tarkoitukseen soveltuvista tuotteista. Ohjelmalla tehty laskelma osoittaa, että laskennallisesti kosteuden tiivistymistä ei tapahdu rakenteen missään kohdassa.

Kuviossa 7, oikeanpuoleinen kuvaaja esittää vesihöyryn osapaineen ja kastepisteen käyttäytymistä rakenteessa. Kuvaajassa viivat eivät kohtaa, mistä voidaan päätellä, ettei rakenteessa tapahdu kosteuden tiivistymistä.

Kuviossa 7, vasemmanpuoleisen kuvaajan punainen viiva kertoo lämpötilan rakenteessa. Kuvaaja esittää lämpötilan rakenteessa tilanteessa, jossa sisälämpötila on +20 °C ja ulkolämpötila -20 °C.

Laskennallinen malli perustuu olettamukseen, että asennustyö tehdään huolellisesti. Virheet esimerkiksi höyrynsulkumuovin asennuksessa saatavat johtaa kosteuden tiivistymiseen rakenteessa.



Kuvio 7. Sisäpuolelta lisälämmöneristetyn ulkoseinän kosteustekninen toiminta.

3.2.2 Kustannukset

Ulkoseinän sisäpuolisen lisälämmöneristämisen kustannuksia laskettaessa otettiin huomioon luonnollisesti kaikki tarvittavat rakennusmateriaalit. Lisäksi aika, joka kuluu vanhan rakenteen purkamiseen, uuden asentamiseen ja viimeistelyyn, huomioidaan kustannuksissa.

Kustannusten laskennassa otetaan huomioon myös se, että asunto ei ole asukkaiden käytettävissä korjauksen aikana. Kustannuksia syntyy myös väliaikaisesta majoituksesta.

Ulkoseinän lisälämmöneristämisen kustannukset on esitetty liitteessä 3. Laskelmasta nähdään, että kulut jakaantuvat lähes tasan rakennusmateriaalien ja työn kesken. Työtunnin hinnaksi arvioidaan 40 €/tunti ja rakennusmateriaalien yksikköhinnat ovat rautakaupan hinnastosta saatuja 24.2.2015. Lisälämmöneristämisen kustannusten yhteenveto on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Ulkoseinän lisälämmöneristämisen kustannukset.

Työ- ja materiaalikustannukset	Yhteensä euroa
Purkutyöt	2427 €
Purkujätteen käsittely	500 €
Väliaikainen majoitus	500 €
Asennustyöt	4695 €
Tarvikkeet	6975 €
Kustannukset yhteensä	**15097 €**

3.2.3 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaikaa laskettaessa on huomioitava se, kuinka suuri osa kustannuksista aiheutuu varsinaisesta lisälämmöneristämisestä ja kuinka paljon korjauksia olisi jouduttu tekemään ilman lisälämmöneristämistäkin.

Lisälämmöneristämisestä johtuvia kustannuksia arvioidaan olevan noin 58,9 % kokonaiskustannuksista eli 8892 €.

Ulkoseinärakenteen U-arvo muuttuu eristemateriaalien vaihtamisella arvosta 0,24 W/m^{2}K arvoon 0,17 W/m^{2}K. Kun muutos rakenneosan U-arvoon tiedetään, muutos energiahukkaan saadaan laskettua kaavan (1) avulla.

$$Q = \frac{U*A*\Delta T*\Delta t}{1000} \qquad (1)$$

- U on säästynyt U-arvo [W/m^{2}C].
- A on seinän pinta-ala.
- ΔT on lämmitystarveluku.
- Δt on ajanjakson pituus.

Sijoittamalla arvot kaavaan (1) voidaan laskea energiahukan muutos:

$$Q = \frac{0{,}07\frac{W}{m^2{}^\circ C}*95{,}5\ m^2*4424^\circ C*24h}{1000}$$

= 710 kWh

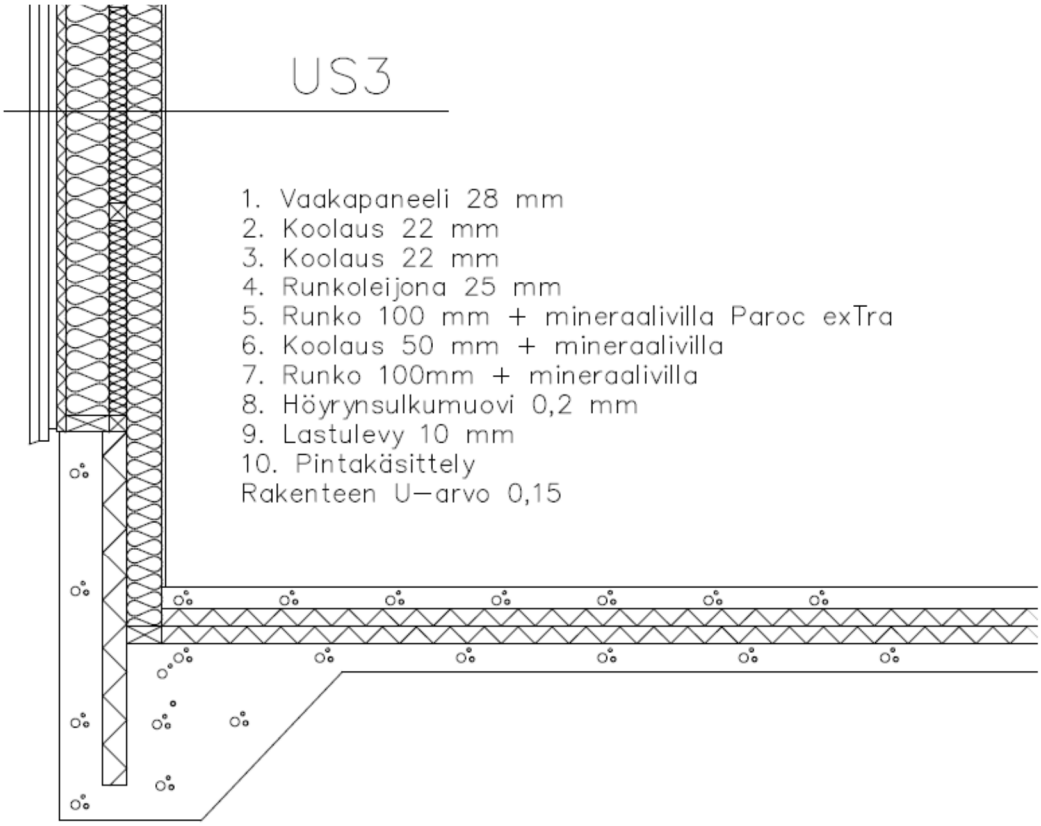
Rakennusosan U-arvo parani muiden suureiden pysyessä ennallaan. Parannus U-arvossa tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että muutos energiahukassa on säästöä.

Lämmitysenergian hinnan arvioidaan olevan 13 c/kWh, jolloin vuosittainen säästö on noin 92 €. Takaisinmaksuajaksi 92 euron vuotuisella säästöllä tulee noin 96 vuotta.

3.3 Ulkopuolinen lisälämmöneristäminen

Ulkoseinän ulkopuolinen lisälämmöneristäminen on vaihtoehdoista vähemmän todennäköinen. Tärkeimpänä perusteena tähän on lähes uudenveroisessa kunnossa oleva julkisivumuuraus. Julkisivumuurauksen hyvästä kunnosta huolimatta päätettiin laskennallisesti tutkia myös ulkoseinän lisälämmöneristäminen ulkopuolelta. Korjauksen yhteydessä julkisivumateriaali vaihdetaan lautaverhoukseksi.

Kuvion 8 mukaisella rakenteella saavutetaan asetuksen rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä mukainen U-arvo. Rakenteen uuden U-arvon tulee olla 0,5 x alkuperäinen U-arvo tai enintään 0,17 W/m^{2}K (A 4/13 2013, 2). Suunnitellun rakenteen U-arvo on 0,15 W/m^{2}K, joka alittaa ympäristöministeriön asetuksen vaatimuksen.



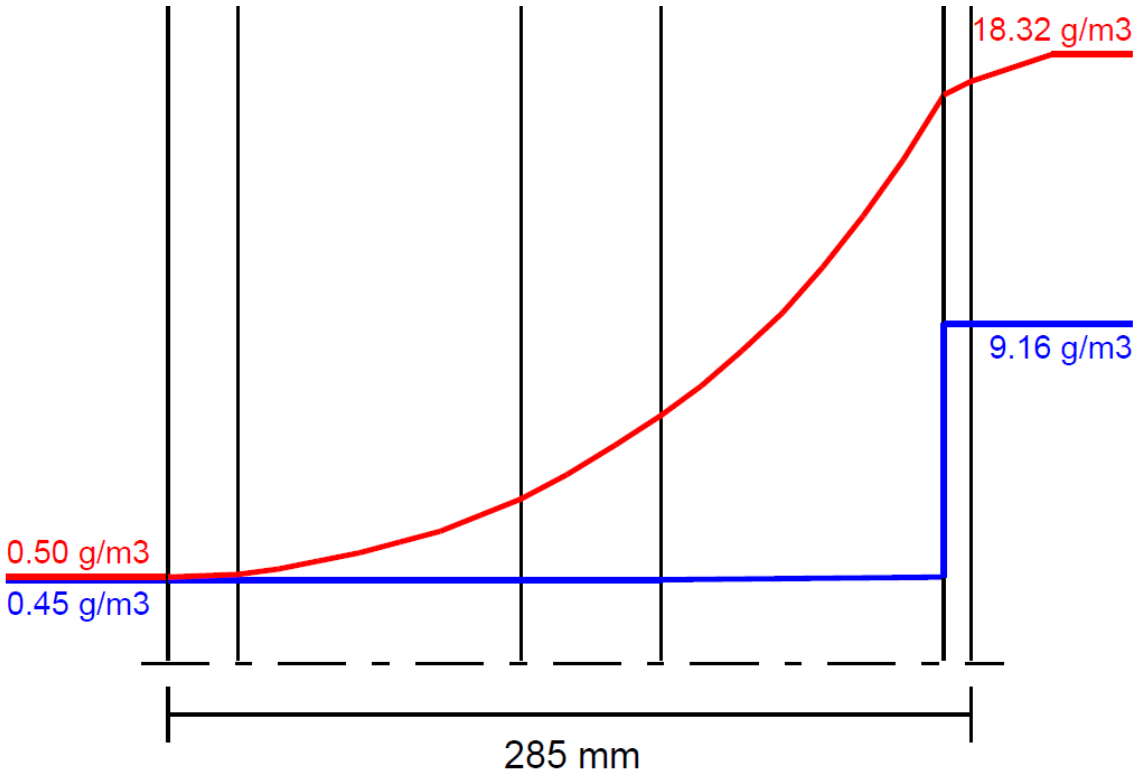
Kuvio 8. Tiiliverhoillun talon ulkopuolelta lisälämmöneristetty rakenne.

3.3.1 Kosteustekninen toiminta

Suunnitellun rakenteen kosteustekninen toiminta tutkittiin laskennallisin keinoin DOF -lämpö 3.0-ohjelman avulla. Kyseinen ohjelma on vastaava kuin aiemmin käytetty DOF-lämpö 2.2, mutta versio 3.0 on käytettävissä selainpohjaisessa sovelluksessa.

Kuvio 9 esittää uuden rakenteen kosteusteknistä toimintaa. Kuvaajasta voidaan päätellä, ettei laskennallisen mallin mukaan rakenteen sisällä tapahdu kosteuden tiivistymistä. Suunnitellun kaltainen rakenne voitaisiin kohteessa toteuttaa.

Laskennallinen malli perustuu olettamukseen, että asennus tehdään huolellisesti. Virheet esimerkiksi höyrynsulkumuovin asennuksessa saattavat johtaa kosteuden tiivistymiseen rakenteessa.



Kuvio 9. Ulkopuolelta lisälämmöneristetyn ulkoseinän kosteuskuvaaja.

3.3.2 Kustannukset

Ulkopuolisessa lisälämmöneristämisessä merkittävä osa kustannuksista tulee vanhan kuorimuurauksen purkamisesta ja poiskuljettamisesta. Tiiliverhouksen nykyinen kunto on niin hyvä, ettei sen kunnostamiseen olisi mitään muuta syytä kuin lisälämmöneristäminen. Kuorimuurauksen purkamisesta aiheutuvat kustannukset huomioidaan lisälämmöneristämisen kustannusten laskennassa.

Ulkopuolisesta lisälämmöneristämisestä aiheutuvat kustannukset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Ulkopuolisen lisälämmöneristämisen kustannukset.

Työ- ja materiaalikustannukset	Yhteensä euroa
Kuorimuurauksen purku	3342 €
Purkujätteen hävittäminen	800 €
Lisärungon asennus, eristäminen, tuulensuojan ja ulkoverhouksen asennus	5287 €
Ulkomaalaus	510
Työt yhteensä	*9939 €*
Runkomateriaalit	1175 €
Lämmöneriste	1109 €
Koolaus	285 €
Tuulensuojalevy	990 €
Julkisivuverhous	2125 €
Materiaalit yhteensä	*5684 €*
Lisälämmöneristämisen kustannus yhteensä	**15623 €**

3.3.3 Takaisinmaksuaika

Ulkopuolisen lisälämmöneristyksen muutos U-arvoon on aavistuksen suurempi, kuin mitä sisäpuolisella lisälämmöneristämisellä saavutettiin. Kaavalla (1) laskettu säästetty energiahukka on 1014 kWh. Energian hinnan arvioidaan olevan 0,13 €/kWh, jolloin vuotuinen säästö on 132 € vuodessa.

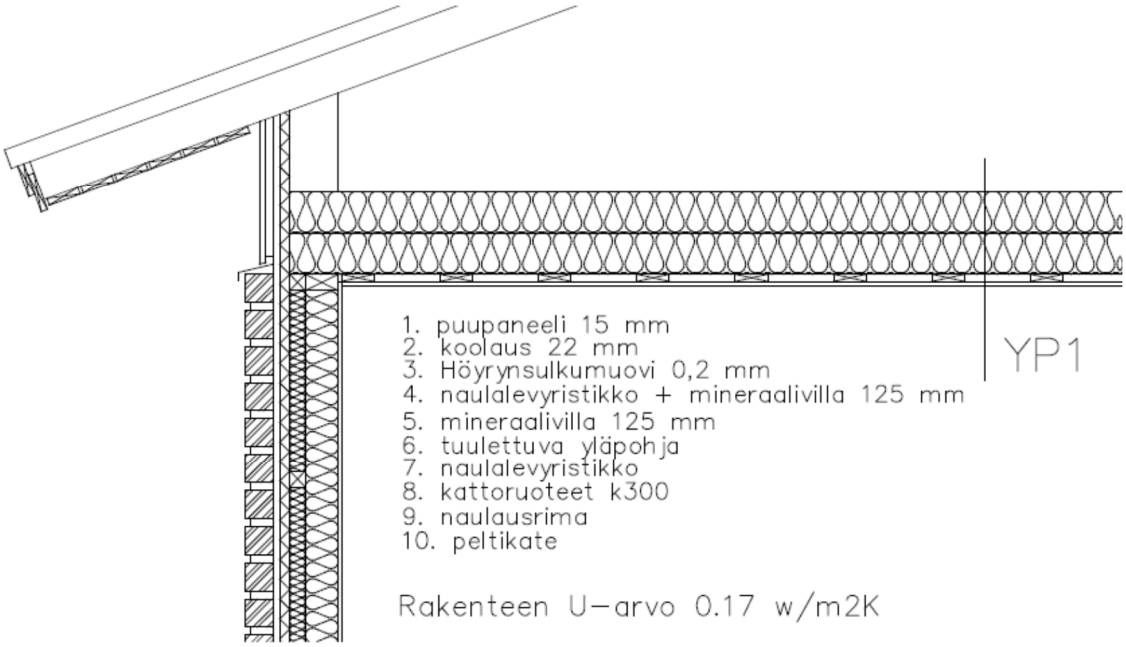
Ulkopuolisen lisälämmöneristyksen takaisinmaksuaika on pidempi kuin sisäpuolisen lisälämmöneristämisen. Ulkopuolisen lisälämmöneristämisen kustannuksiin huomioidaan kaikki kulut takaisinmaksuaikaa laskettaessa. Vuotuisella säästöllä laskettuna takaisinmaksuaika on noin 118 vuotta.

3.4 Yläpohja

Talon yläpohjaan on suunniteltu kuvion 10 mukainen rakenne. Eristeenä on 250 mm mineraalivillaa asennettuna niin, että päällekkäisissä kerroksissa samansuuntaisten saumojen määrä on mahdollisimman vähäinen.

Puuinfo.fi-internetsivustolta löytyvällä ’Puurakenteen U-arvon määrittäminen 1.03’-laskurilla laskettiin olemassa olevan rakenteen U-arvo ja tulokseksi saatiin 0,173 W/m^{2}K (liite 4).

Asetus rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (A 4/13 2013) määrää, kuinka paljon rakenneosan U-arvon tulee parantua. Rakenneosan energiatehokkuutta muutettaessa yläpohjan uusi U-arvo tulee olla 0,5 x alkuperäinen U-arvo tai enintään 0,09 W/m^{2}K. (A 4/13 2013, 2.) Esimerkkinä olevan rakennuksen kohdalla se tarkoittaa yläpohjarakennetta, jonka U-arvo on enintään 0,09 W/m^{2}K.



Kuvio 10. Tiiliverhoillun talon alkuperäinen yläpohjarakenne.

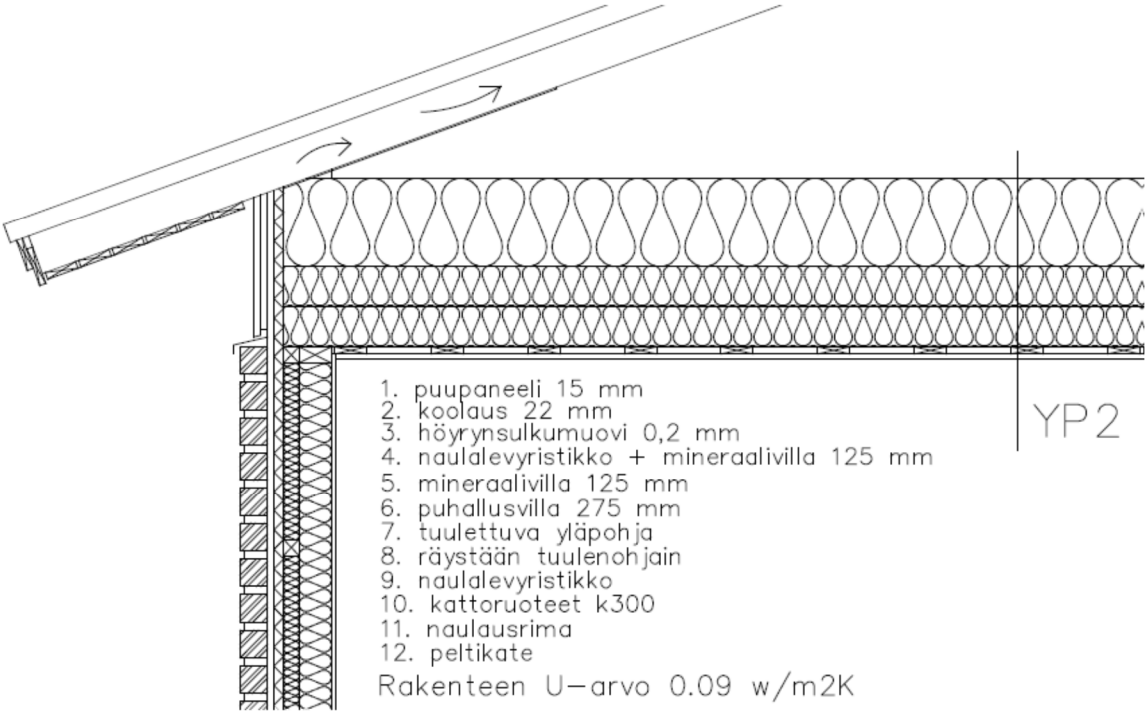
3.4.1 Lisälämmöneristetty yläpohjarakenne

Tiiliverhoillun talon yläpohjan lisälämmöneristys on nopeinta ja edullisinta suorittaa puhallettavalla eristeellä.

Saavuttaakseen asetuksen rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (A 4/13 2013) vaatimustaso yläpohjaan tarvitaan 275 mm:n kerros puhallettavaa eristettä. Asennettavan puhallettavan eristeen lämmönjohtavuuden tulee olla enintään 0,041 W/mK (liite 5). Lisäeristetty yläpohjarakenne on esitetty kuviossa 11.

Aavistuksen parempi U-arvo saavutetaan esimerkiksi mineraalivillalla, jonka lämmönjohtavuus on 0,035 W/mK ja kerroksen paksuus 225 mm.

Puhallettavaan eristeeseen verrattuna levymäisen lämmöneristeen käyttäminen nostaa kustannuksia. Lisäkustannukset syntyvät levymäisen villan korkeammista asennuskustannuksista.



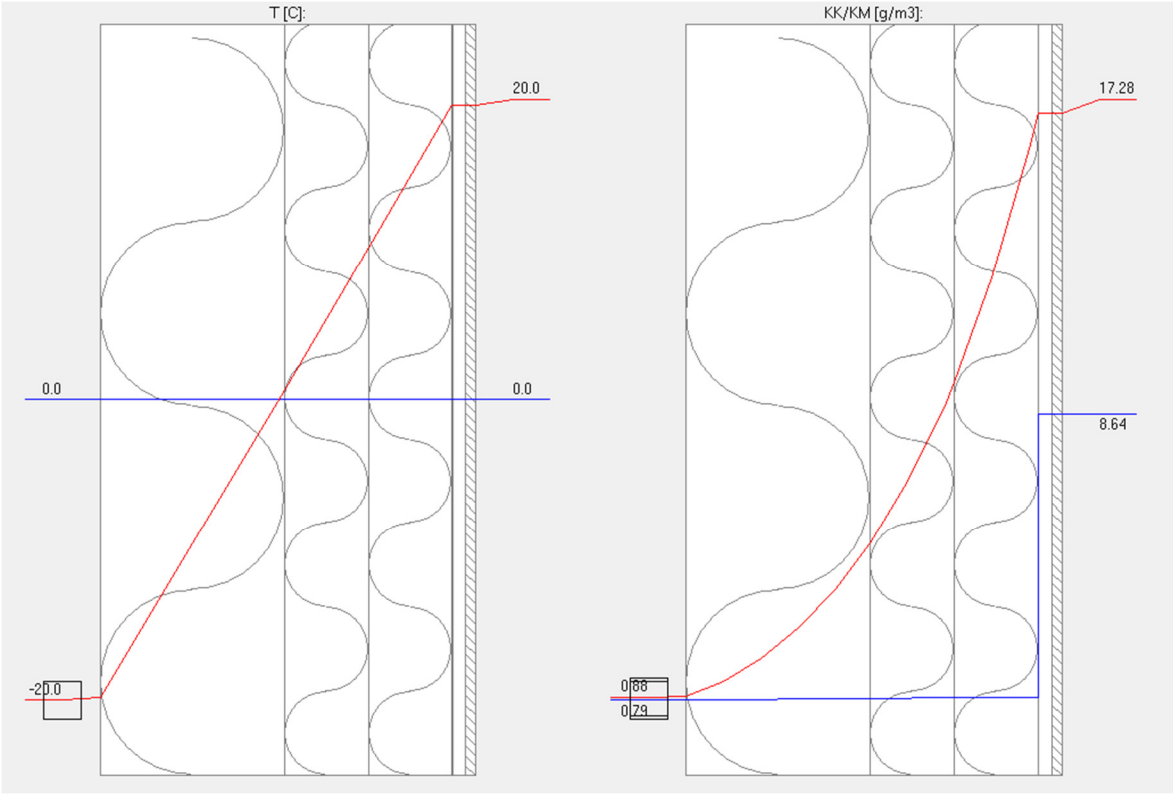
Kuvio 11. Tiiliverhotun talon lisälämmöneristetty yläpohja.

3.4.2 Kosteustekninen toiminta

Yläpohjan kosteusteknisen toiminnan laskennallinen tarkastelu suoritettiin DOF-lämpö 2.2 -ohjelman avulla. Kuviossa 12, oikeanpuoleinen kuvaaja esittää vesihöyryn osapaineen ja kastepisteen käyttäytymistä rakenteessa. Kuvaajassa viivat eivät kohtaa, mistä voidaan päätellä, ettei rakenteessa tapahdu kosteuden tiivistymistä.

Kuviossa 12, vasemmanpuoleisen kuvaajan punainen viiva kertoo lämpötilan rakenteessa. Kuvaaja esittää lämpötilan rakenteessa tilanteessa, jossa sisälämpötila on +20 °C ja ulkolämpötila -20 °C.

Laskennallinen malli perustuu olettamukseen, että asennus tehdään huolellisesti. Virheet esimerkiksi höyrynsulkumuovin asennuksessa saattavat johtaa kosteuden tiivistymiseen rakenteessa.



Kuvio 12. Lisälämmöneristetyn yläpohjan kosteustekninen tarkastelu.

3.4.3 Kustannukset

Yläpohjan lisälämmöneristettävä alue on noin 115 m^2, mikä tarkoittaa 275 mm:n eristevahvuudella 31,63 m^3 ja pyöristettynä 32 kuutiota puhallettavaa eristettä.

Ennen puhallettavan eristeen asennusta kohteeseen tulee asentaa tuulenohjeimet. Tuulenohjaimet ohjaavat ilmavirtoja räystäillä niin, ettei ilmavirta kuljeta lämmöneristettä mennessään. Toisaalta tuulenohjeimet myös suojaavat räystäitä tukkeutumiselta puhallettavan lämmöneristeen asennuksen yhteydessä.

Lisälämmöneristämisen tarvikkeiden hintatiedot saatiin rautakaupasta. Tuulenohjainten asennuksessa käytettiin opinnäytetyön laatijan omakohtaista kokemusta tarvittavasta ajasta.

Yläpohjan lisälämmöneristämisestä aiheutuvat kustannukset on eritelty taulukossa 3.

Taulukko 3. Yläpohjan lisälämmöneristyksen kustannukset

Työ- ja materiaalikustannukset	Yhteensä euroa
Lisälämmöneriste	1165 €
tuulenohjeimet	285 €
tuulenohjainten asennus	350 €
Kustannukset yhteensä	**1800 €**

3.4.4 Takaisinmaksuaika

Lisälämmöneristämisen takaisinmaksuajan selvittämiseksi tulee ensin selvittää muutos energiahukan määrässä. Tämä saadaan selville kaavan (1) avulla.

Tarkasteltavassa kohteessa yläpohjan U-arvo parani arvosta 0,17 W/m^{2}K arvoon 0,09 W/m^{2}K. Parantunut U-arvo tarkoittaa pienempää lämpövirtausta rakenteen läpi. Parannusta lämmöneristävyyteen on 0,0854 W/m^{2}K.

$$Q = \frac{0{,}0854\frac{W}{m^2{}^\circ C} * 115{,}0\ m^2 * 4424^\circ C * 24h}{1000} = 1043\ kWh$$

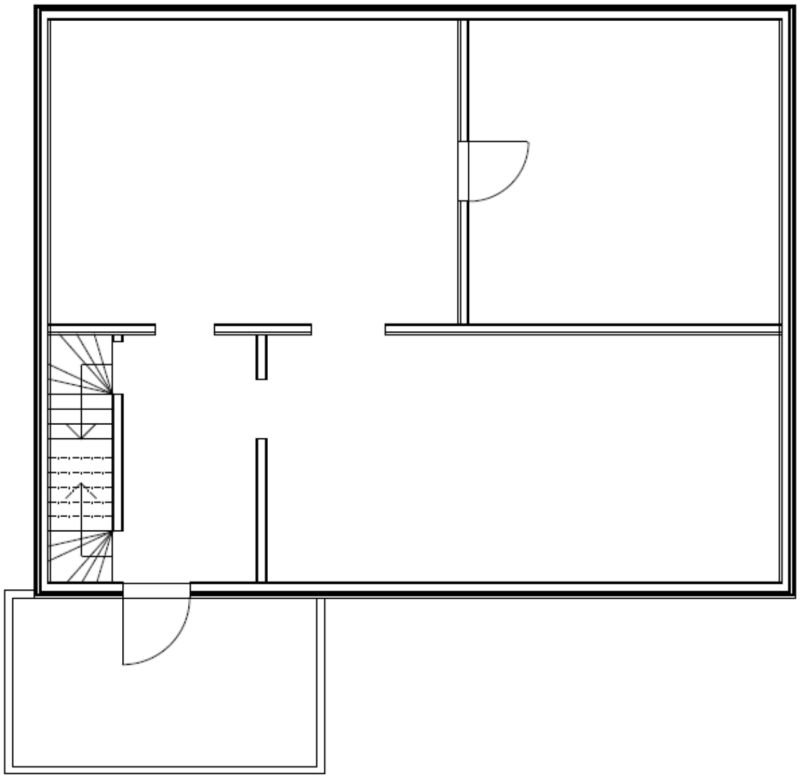
Rakenteen uusi U-arvo on alkuperäistä pienempi. Pienempi U-arvo tarkoittaa pienempää lämpövirtausta rakenteen läpi. U-arvon pienentyessä voidaan kaavalla (1) laskea säästynyt energiahukka. Sijoittamalla kaavaan (1) tarvittavat parametrit, säästyväksi energiahukaksi saadaan1043 kWh vuodessa. Laskelmassa käytettiin energian hinnalle arvoa 13 c/kWh, jolloin yhden vuoden aikana säästöä tulee 136 €.

Yläpohjan lisälämmöneristämisen takasinmaksuajaksi tässä tapauksessa saatiin noin 13,3 vuotta.

4 PUUVERHOILTU RINTAMAMIESTALO

Toinen tutkimuskohde on vuonna 1956 valmistunut 1½-kerroksinen, kellarillinen omakotitalo. Asumiskäytössä rakennuksesta on kaksi ylintä kerrosta ja kellarissa sijaitsivat pesu- ja varastotilat.

Ensimmäisessä kerroksessa kerrosneliöiden määrä on noin 80 m^2 ja toisessa kerroksessa noin 40 m^2. Ulkoverhouksen pinta-ala on 185,9 m^2. Asuinrakennuksessa on tällä hetkellä ulkoverhouksena lomalaudoitus.



Kuvio 13. Rintamamiestalon 1. kerroksen pohjakuva.

4.1 Ulkoseinärakenne

Puuverhoillun talon ulkoseinän nykyinen rakenne (US4) on nähtävissä kuviossa 14. Ulkoseinän rakenteen U-arvoksi laskettiin 0,55 W/m^{2}K (Liite 6). Asetus rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (A 4/13 2013) kertoo vaadittavan U-arvon. Ulkoseinärakenteen uuden U-arvon tulee olla 0,5 x alkuperäinen U-arvo tai enintään 0,17 W/m^{2}K (A 4/13 2013, 2).

Asetuksen vaatimuksen täyttämiseen riittäisi ulkoseinärakenne, jonka U-arvo on 0,27 W/m^{2}K. Kohteessa haluttiin kuitenkin tutkia rakenne, jonka U-arvo vastaa uudisrakennusten U-arvon vertailuarvoa oli 0,17 W/m^{2}K (A 2/11 2012, 13).

Kuvio 14. Rintamamiestalon alkuperäinen ulkoseinärakenne.

4.2 Uusi ulkoseinärakenne

Puuverhoillun rintamamiestalon ulkoverhous on tullut tiensä päähän. Lisälämöneristys voidaan toteuttaa samassa yhteydessä ulkoverhouksen uusimisen kanssa.

Rakenteen U-arvon parantaminen on mahdollista toteuttaa lisäämällä eristettä nykyiseen eristeeseen tai korvaamalla olemassa oleva kutterilastu esimerkiksi mineraalivilla ja lisäämällä eristeen määrää alkuperäiseen nähden.

Vanhan eristeen säilyttävä vaihtoehdon laskennallinen kosteustekninen toiminta on kuvattu kuviossa 15. Kuviossa 15, oikeanpuoleinen kuvaaja esittää vesihöyryn osapaineen ja kastepisteen käyttäytymistä rakenteessa. Kuvaajassa viivat eivät kohtaa mistä voidaan päätellä, ettei rakenteessa tapahdu kosteuden tiivistymistä.

Kuviossa 15, vasemmanpuoleisen kuvaajan punainen viiva kertoo lämpötilan rakenteessa. Kuvaaja esittää lämpötilan rakenteessa tilanteessa, jossa sisälämpötila on +20 °C ja ulkolämpötila -20 °C.

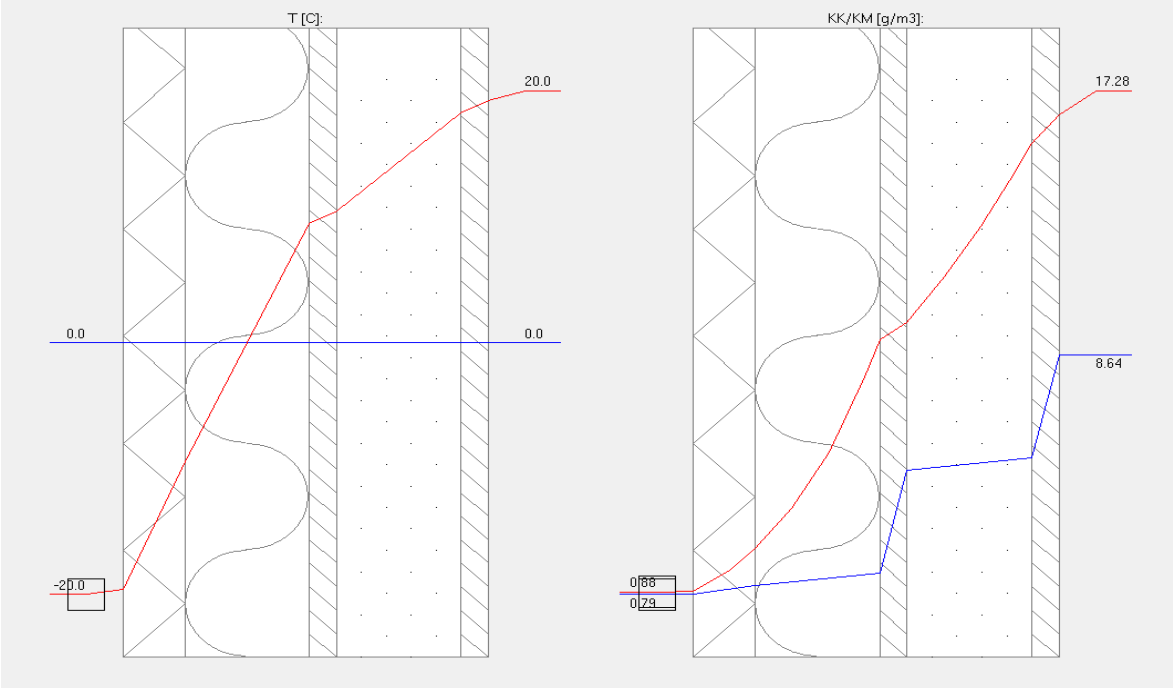
Vaihtoehto, jossa alkuperäinen eriste korvataan uudella, tutkittiin laskennallisin keinoin. Kuviossa 16, oikeanpuoleinen kuvaaja esittää vesihöyryn osapaineen ja kastepisteen käyttäytymistä rakenteessa. Kuvaajassa viivat eivät kohtaa, mistä voidaan päätellä, ettei rakenteessa tapahdu kosteuden tiivistymistä.

Kuviossa 16, vasemmanpuoleisen kuvaajan punainen viiva kertoo lämpötilan rakenteessa. Kuvaaja esittää lämpötilan rakenteessa tilanteessa, jossa sisälämpötila on +20 °C ja ulkolämpötila -20 °C.

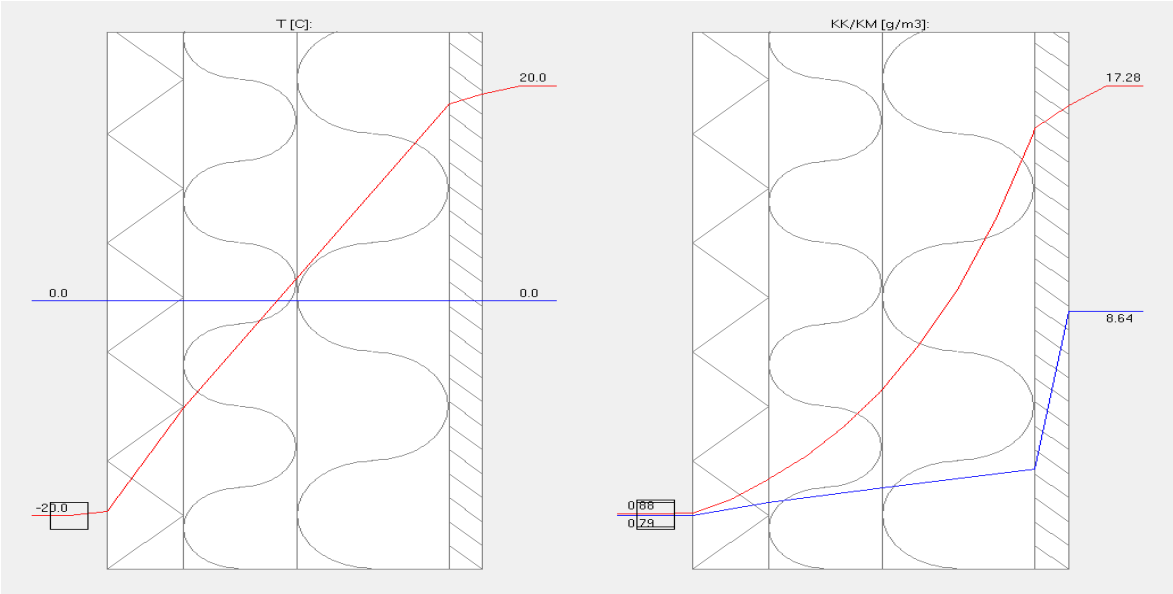
Koska molemmat rakenteet ovat kosteusteknisen tarkastelun suhteen samalla viivalla, toteutustapa valitaan muilla perusteilla. Yksi valintaan vaikuttava asia tämän kohteen kohdalla oli tieto siitä, että kutterinlastueristeen tiedetään painuneen, erityisesti ikkunoiden alta.

Eristeiden mahdolliset painumat ovat löydettävissä esimerkiksi lämpökamerakuvauksen avulla ja korjattavissa lisäämällä uutta kutterilastua vajaisiin kohtiin.

Painuneen eristeen lisäämiseksi vinolaudoitusta voidaan joutua purkamaan paljonkin. Tämän vuoksi kohteessa päädyttiin vanhan kutterilastun poistamiseen ja korvaamiseen nykyaikaisella eristeellä.



Kuvio 15. Lisälämmöneristetyn rakenteen 1, kosteustekninen toiminta.



Kuvio 16. Lisälämmöneristetyn rakenteen 2, kosteustekninen toiminta.

Uuteen ulkoseinärakenteeseen valittiin lämmöneristeet, joiden lämmönjohtavuus on 0,037 W/mK. Lisäksi rakenteeseen suunniteltiin 50 mm paksu tuulensuojaeriste, jonka lämmöneristävyysarvo on 0,031 W/mK. Näillä tuotteilla uusi ulkoseinärakenne saavuttaa tavoitellun, uudisrakennuksilta vaaditun U-arvon ulkoseinärakenteelle 0,17 W/m^{2}K (Liite 7).

Kuvio 7. Rintamamiestalon uusi ulkoseinärakenne.

4.2.1 Kustannukset

Ulkoseinän lisälämmöneristäminen ajoitetaan ulkoverhouksen uusimisen yhteyteen. Ulkoverhouksen vaihtoon liittyviä rakennustöitä ja tarvikkeita ei huomioida lisälämmöneristämisen kustannuksia laskettaessa.

Lisälämmöneristämisen kustannuksia tarkasteltaessa laskelmiin otetaan mukaan eristemateriaalit sekä niiden asennus. Vinolaudoituksen purkamisesta, vanhojen eristeiden poistamisesta ja hävittämisestä aiheutuvat kustannukset huomioidaan myös laskelmassa. Työn tuntihinnaksi laskelmissa arvioidaan 40 euroa. Rakennustarvikkeiden yksikköhinnat saatiin rautakaupasta 6.3.2015.

Ulkoverhouksen pinta-ala on 185,9 m^2, jonka lisälämmöneristämisestä aiheutuvat kustannukset on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Ulkoseinien lisälämmöneristämisen kustannukset.

Työ- ja materiaalikustannukset	Yhteensä euroa
Eristeet	2071 €
Tuulensuojaeriste	2790 €
Asennustyöt	3135 €
Rakennusjätteiden käsittely	500 €
Kustannukset yhteensä	**8496 €**

4.2.2 Takaisinmaksuaika

Uuden ulkoseinärakenteen avulla saavutetaan 0,38 W/m^{2}K parannus ulkoseinän U-arvossa. Rakenteen U-arvon parantuessa lämpövuodot rakenteen läpi pienenevät. Kaavan (1) avulla saadaan laskettua säästyväksi energiahukaksi:

$$Q = \frac{0{,}38\frac{W}{m^2{}^\circ C} * 185{,}9{,}0\ m^2 * 4424^\circ C * 24h}{1000} = 7500\ kWh$$

Energian hinnaksi arvioidaan 13 senttiä kilowattitunnilta. Arvioidulla energian hinnalla vuotuinen säästö on 975 € vuodessa. Lisälämmöneristämisen takaisinmaksuajaksi tulee noin 9 vuotta.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen tulee aina suunnitella jokaiseen rakennukseen erikseen. Lisälämmöneristäminen ei ole paras vaihtoehto kaikkiin rakennuksiin. Suurempi hyöty voidaan saavuttaa pienemmillä kustannuksilla esimerkiksi lämmitysjärjestelmän parannuksilla.

Pelkkä hyvä ja huolellinen suunnittelu ei riitä. Suunnitelmien oikea toteuttaminen on erittäin tärkeää.

5.1 Tiiliverhoiltu omakotitalo

Tiiliverhotun omakotitalon kohteessa tutkittiin ulkoseinärakenteen lisälämmöneristämistä sekä sisä- että ulkopuolelta. Lisäksi kohteessa tutkittiin yläpohjan lisälämmöneristäminen.

Ulkoseinän lisälämmöneristäminen todettiin melko kalliiksi toimenpiteeksi. Riippumatta siitä, lisättiinkö eristettä rungon sisä- tai ulkopuolelle, takaisinmaksuaika molemmissa vaihtoehdoissa venyi lähes sadaksi vuodeksi.

Pitkän takaisinmaksuajan vuoksi kyseisessä kohteessa ei kannata ryhtyä ulkoseinän lisälämmöneristämiseen ilman painavaa syytä. Yksi painava syy voisi olla esimerkiksi valesokkelirakenteen korjaus, jonka yhteydessä ulkoseinien rakennetta joudutaan joka tapauksessa avaamaan.

Yläpohjan lisälämmöneristämisen kustannus taas oli huomattavasti alhaisempi kuin ulkoseinien lisälämmöneristäminen tässä kohteessa. Takaisinmaksuaika jäi alle 15 vuoteen, mitä voidaan pitää kohtuullisena.

5.2 Rintamamiestalo

Rintamamiestalon kohdalla tutkittiin ainoastaan ulkoseinien lisälämmöneristäminen. Takaisinmaksuajalla mitattuna rintamamiestalon ulkoseinien lisälämmöneristäminen on toimenpide, joka kohteeseen kannattaa tehdä. Kyseisen toimenpiteen takaisinmaksuaika tässä kohteessa on alle 10 vuotta.

6 POHDINTA

Lisälämmöneristämisen kustannukset nousivat esimerkkikohteissa vaihtelevan korkeiksi. Etenkin tiiliverhotun rakennuksen ulkoseinän lisälämmöneristäminen osoittautui kalliiksi ja takaisinmaksuaika todella pitkäksi.

Pitkä takaisinmaksuaika kertoo, ettei ulkoseinien lisälämmöneristäminen ole aina taloudellisesti kannattavaa. Ulkoseinän lisälämmöneristäminen kannattaa tehdä vain, mikäli ulkoseiniä joudutaan jostakin muusta syystä avaamaan.

Rintamamiestalon tapauksessa taas ulkoseinän lisälämmöneristämistä voidaan pitää kohtuuhintaisena toimenpiteenä energiatehokuuden parantamiseksi.

Tässä työssä ei huomioitu mahdollista rakennuksen tiiveyden paranemista tehtyjen korjausten aikana. Mikäli lisälämmöneristämisen yhteydessä tiiveyttä parannetaan, saavutetaan lisää energiansäästöä ja siten myös takaisinmaksuaika lyhenee.

Kaikki kohteet ovat erilaisia. On hyvä, että ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä antaa useita eri vaihtoehtoja energiatehokkuuden parantamiseksi. Rakenneosakohtainen energiatehokkuuden parantaminen on vain yksi vaihtoehdoista rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseen.

Tutkituista tapauksista lähes jokaisessa työn osuus muodosti ison osuuden kustannuksista. Hyvällä ennakkosuunnittelulla ja töiden ajoittamisella on mahdollista saada merkittäviä säästöjä lisälämmöneristämisen kustannuksiin.

Kotitalousvähennyksen avulla on mahdollisuus alentaa lisälämmöneristämisestä aiheutuvia työkustannuksia. Kahden hengen taloudessa vaikutus on enimmillään kaksinkertainen ja töiden ajoittuessa useammalle vuodelle tai esimerkiksi vuodenvaihteeseen säästöä saattaa kertyä vieläkin enemmän.

Koska kohteet eivät ole toistensa kopioita, jokaisen rakennuksen pitkän tähtäimen suunnitelman tulisi laatia pätevä henkilön. Suunnitelmat on syytä olla olemassa jo ennen kuin kohteessa on ryhdytty toimenpiteisiin. Tällä voidaan varmistaa se, että

kohteen erityispiirteet otetaan huomioon ja mahdolliset olemassa olevat viat löydetään ja otetaan huomioon korjauksia suunniteltaessa.

Korjausten suunnittelun lisäksi korjausten oikea suorittaminen on erittäin tärkeää. Hyvälläkään suunnittelulla ei ole merkitystä, jos asennustyö suoritetaan suunnitelmien vastaisesti. Korjaustyön aikana väärin asennettu höyrynsulkumuovi saattaa pilata muuten toimivan rakenteen.

Kuntotarkastusten teettäminen ei ole kotitalousvähennykseen oikeuttavaa työtä. Jos se olisi, kuntotarkastusten määrä voisi lisääntyä ja laatu parantua sekä tutkimuksissa että korjausten suunnittelussa ja toteutuksessa.

LÄHTEET

A 4/13. 2013. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjausrakentamisessa.

A 2/11. 2012. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta.

Jylhä, K., Ruosteenoja K., Räisänen J. & Fronzek S. 2012. Miten väistämättömään ilmastonmuutokseen voidaan varautua? - yhteenveto suomalaisesta soputumistutkimuksesta eri toimialoilla. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. [Viitattu 12.2.2015]. Saatavana: http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/julkaisusarja/2012/67Wke725j/MMM_julkaisu_2012_6.pdf

Kauppinen, J. 2013. Perustelumuistio ympäristöministeriön asetukseen *4/13.* Ympäristöministeriö.

KH 90-00495. 2012. Kiinteistön kuntoarvio kuntoluokan määräytyminen. Helsinki: Rakennustieto Oy

RT 05-10710. 1999. Kosteus rakennuksissa. Helsinki: Rakennustieto Oy

Ympäristöministeriön raportteja 28/2007. 2007. *Korjausrakentamisen strategia 2007-2017.* [Verkkojulkaisu]. Helsinki. Ympäristöministeriö. [Viitattu 13.2.2015]. Saatavana: http://www.ym.fi/download/noname/%7B5DA239AD-56B2-4FB8-8662-0E4CABAB6F59%7D/30349

LIITTEET

Liite 1. Tiiliverhotun talon ulkoseinän alkuperäinen U-arvo

Liite 2. Ulkoseinän uusi U-arvo, tiiliverhottu talo

Liite 3. Sisäpuolisen lisälämmöneristämisen kustannukset

Liite 4. Tiiliverhotun talon yläpohjan alkuperäisen U-arvon laskenta

Liite 5. Tiiliverhotun talon yläpohjan uuden U-arvon laskenta

Liite 6. Puuverhotun talon ulkoseinän alkuperäisen U-arvon laskenta

Liite 7. Puuverhotun talon lisälämmöneristetyn ulkoseinärakenteen U-arvon laskenta

LIITE 1. Tiiliverhotun talon ulkoseinän alkuperäinen U-arvo

Ohjelmaversio 1.03

Suunnittelutoimisto	Työn nro		Sivu
Harri Tekoniemi	X		1 / 2
	Päiväys	Tekijä	
	X	X	
Rakennuskohde	Sisältö		
1982 rakennettu OKT	U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)		

RAKENTEEN TIEDOT

Info

TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen ulkoseinä (lämpövirran suunta vaakasuoraan)

RAKENNEKERROKSET

Sisäpinta

1	Lastulevy	
	Kerroksen paksuus [d]	10,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,250 W/mK
2	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	
	Kerroksen paksuus [d]	100,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,040 W/mK
	Koolaussuunta (p / v)	p
3	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	
	Kerroksen paksuus [d]	50,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,040 W/mK
	Koolaussuunta (p / v)	v
4	Lämmöneriste	
	Kerrroksen paksuus [d]	30,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,040 W/mK
5	Ei rakennekerrosta	
6	Ei rakennekerrosta	
7	Ei rakennekerrosta	
8	Ei rakennekerrosta	

Ulkopinta

ILMARAKOJEN TIEDOT

Ulkopuolen tuuletusrako	Hyvin tuulettuva
Ilmarakojen korjaustekij	Korjaustaso 1

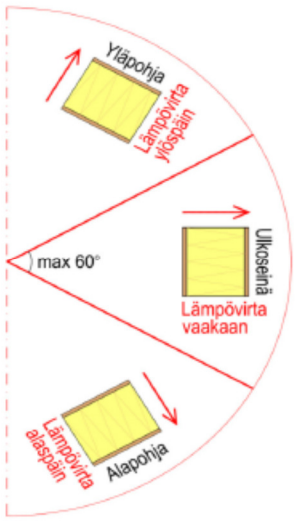
METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT

Muuraussiteiden tyyppi	RST Ø 3 mm, 4 kpl/m2

KOOLAUKSEN TIEDOT

Koolauspuun leveys [b]	48 mm
Koolauspuun lämmönjohtavuus [λ]	0,120 W/mK
Pystykoolauksen k-jako [s]	600 mm
Vaakakoolauksen k-jako [s]	600 mm

RAKENNE / LÄMPÖVIRTA

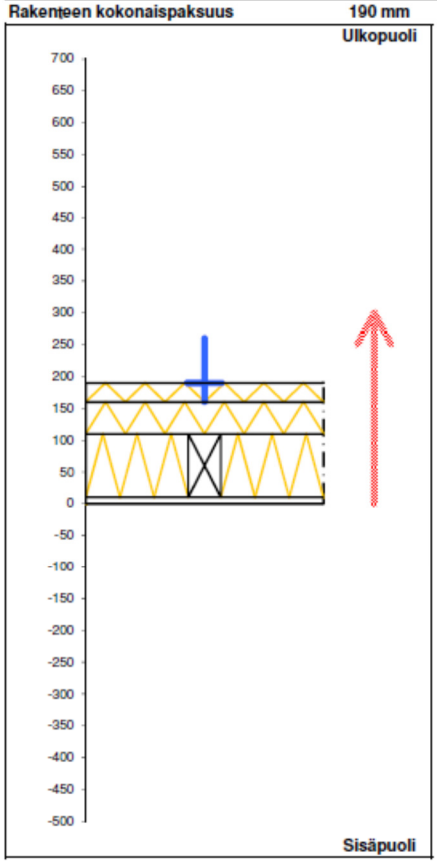


Ohjelmaversio 1.03

Suunnittelutoimisto	Työn nro		Sivu
Harri Tekoniemi	x		2 / 2
	Päiväys	Tekijä	
	x	x	
Rakennuskohde	Sisältö		
1982 rakennettu OKT	U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)		

	Puurakenteinen ulkoseinä	d [mm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	b [mm]	s [mm]
	Sisäpinta			0,1300		
1	Lastulevy	10	0,250	0,0400		
2	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	100	0,040	2,1552	48	600
3	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	50	0,040	1,0776	48	600
4	Lämmöneriste	30	0,040	0,7500		
	Ulkopinta			0,1300		

Rakenteen kokonaispaksuus **190 mm**



MUURAUSSITEET ERISTEEN LÄPI

RST Ø 3 mm, 4 kpl/m2

OSA-ALUEIDEN PINTA-ALAOSUUDET

f_a	0,846	*Eriste*
f_b	0,074	*Pystykoolaus*
f_c	0,074	*Vaakakoolaus*
f_d	0,006	*Koolausristeys*

OSA-ALUEIDEN LÄMMÖNVASTUKSET

R_a	4,800	m²K/W
R_b	3,133	m²K/W
R_c	3,967	m²K/W
R_d	2,300	m²K/W

U-ARVO

R'_T	4,522	m²K/W
R''_T	4,283	m²K/W
U	0,227	W/m²K
ΔU"	0,010	W/m²K
ΔU_g	0,009	W/m²K
ΔU_f	0,000	W/m²K

ULKOSEINÄN U-ARVO

U_c = 0,2363 W/m²K

VIRHEILMOITUKSET

LIITE 2. Ulkoseinän uusi U-arvo, tiiliverhottu talo

Ohjelmaversio 1.03

Suunnittelutoimisto	Työn nro		Sivu
Harri Tekoniemi	X		1 / 2
	Päiväys	Tekijä	
	X	X	
Rakennuskohde	Sisältö		
1982 rakennettu OKT	U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)		

RAKENTEEN TIEDOT

Info

TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen ulkoseinä (lämpövirran suunta vaakasuoraan)

RAKENNEKERROKSET

Sisäpinta

1	Kipsilevy	
	Kerroksen paksuus [d]	13,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,250 W/mK
2	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	
	Kerroksen paksuus [d]	120,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,023 W/mK
	Koolaussuunta (p / v)	p
3	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	
	Kerroksen paksuus [d]	50,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,040 W/mK
	Koolaussuunta (p / v)	v
4	Lämmöneriste	
	Kerrroksen paksuus [d]	30,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,040 W/mK
5	Ei rakennekerrosta	
6	Ei rakennekerrosta	
7	Ei rakennekerrosta	
8	Ei rakennekerrosta	

Ulkopinta

ILMARAKOJEN TIEDOT

Ulkopuolen tuuletusrako	Hyvin tuulettuva
Ilmarakojen korjaustekij	Korjaustaso 1

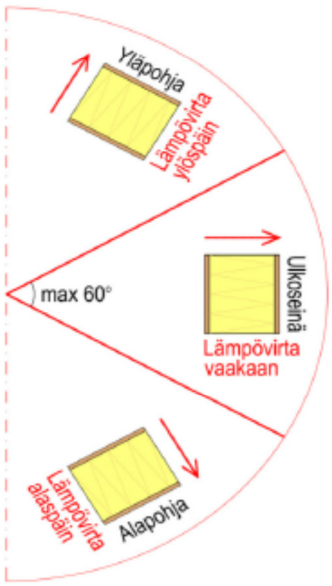
METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT

Muuraussiteiden tyyppi	RST Ø 4 mm, 6 kpl/m2

KOOLAUKSEN TIEDOT

Koolauspuun leveys [b]	48 mm
Koolauspuun lämmönjohtavuus [λ]	0,120 W/mK
Pystykoolauksen k-jako [s]	600 mm
Vaakakoolauksen k-jako [s]	600 mm

RAKENNE / LÄMPÖVIRTA

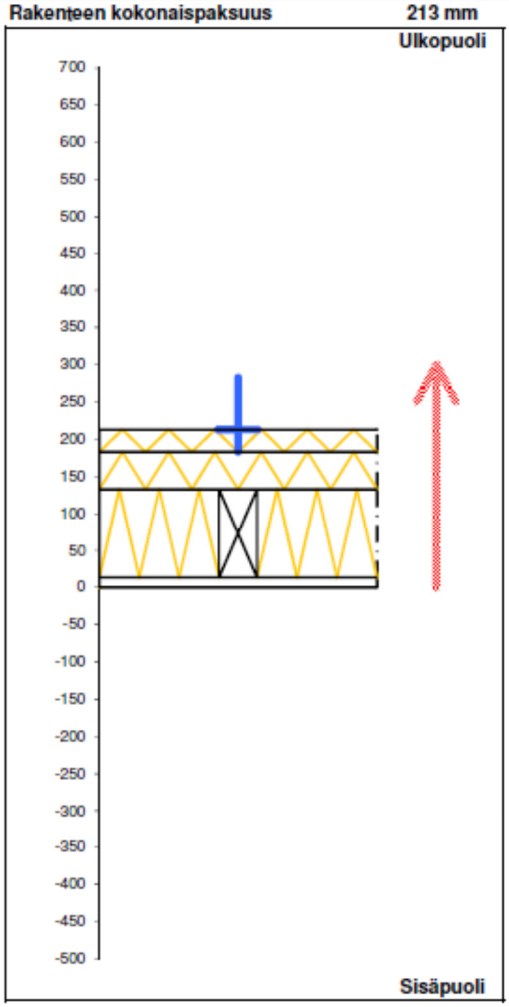


Ohjelmaversio 1.03

Suunnittelutoimisto	Työn nro		Sivu
Harri Tekoniemi	X		2 / 2
	Päiväys: X	Tekijä: X	
Rakennuskohde	Sisältö		
1982 rakennettu OKT	U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)		

	Puurakenteinen ulkoseinä	d [mm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	b [mm]	s [mm]
	Sisäpinta			0,1300		
1	Kipsilevy	13	0,250	0,0520		
2	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	120	0,023	3,9012	48	600
3	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	50	0,040	1,0776	48	600
4	Lämmöneriste	30	0,040	0,7500		
	Ulkopinta			0,1300		

Rakenteen kokonaispaksuus **213 mm**



MUURAUSSITEET ERISTEEN LÄPI

RST Ø 4 mm, 6 kpl/m2

OSA-ALUEIDEN PINTA-ALAOSUUDET

f_a	0,846	*Eriste*
f_b	0,074	*Pystykoolaus*
f_c	0,074	*Vaakakoolaus*
f_d	0,006	*Koolausristeys*

OSA-ALUEIDEN LÄMMÖNVASTUKSET

R_a	7,529	m²K/W
R_b	3,312	m²K/W
R_c	6,696	m²K/W
R_d	2,479	m²K/W

U-ARVO

R'_T	6,747	m²K/W
R''_T	6,041	m²K/W
U	0,156	W/m²K
$\Delta U''$	0,010	W/m²K
ΔU_g	0,009	W/m²K
ΔU_f	0,000	W/m²K

ULKOSEINÄN U-ARVO

U_c = 0,1659 W/m²K

VIRHEILMOITUKSET

LIITE 3. Sisäpuolisen lisälämmöneristämisen kustannukset

	TIILITALON SISÄPUOLISEN LISÄLÄMMÖNERISTÄMISEN KUSTANNUKSET
Ulkoseinä m2, aukot vähennetty	96
Josta kylpyhuoneen ja saunan osuus	16
-suihku	6,8
-sauna	9,5

Seinän levytyksen purku	79,3	0,15 0,05	1,2	1,21	22,9667	Ratu 82-0379
Märkätilojen seinien purkutyöt	20	0,2 0,25	1,2	1,25	13,5	Ratu 82-0379
Lattialaatoituksen purku	15,3	0,35	1,2	1,13	7,2516	Ratu 82-0379
Saunan purku, panelointi, rimoitus -koolaus villoitus purku -purkujätteet	22	0,25 0,2 0,05	1,2	1,2	16,84	Ratu 82-0379
Lauteiden purku		1				
Kevyiden väliseinien purkua	10	0,4 0,05	1,2	1,4	7,56	Ratu 82-0379
Purkutyöt yhteensä, tuntia					**68,1183**	
Eristysten asennus -eristäminen	95,5	0,06	1,3	1,09	8,63157	Rakennustöiden menekit 2015
-lisäkoolaus	95,5	0,04	1,3	1,05	5,23665	Rakennustöiden menekit 2015
Seinälevytys	86	0,14	1,2	1,14	18,1178	Rakennustöiden menekit 2015
Seinien tasoitus	86	0,02 0,02 0,02	1,3	1	7,1552	Rakennustöiden menekit 2015
Seinien maalaus	86	0,02 0,03 0,03	1,2	1,1	8,62752	Rakennustöiden menekit 2015
Pesuhuoneen vedeneristys	35,3	0,01 0,04	1,3	1,1	4,38778	Rakennustöiden menekit 2015

		0,01				
-läpiviennyt, kpl	8	0,04				
-nurkat	6	0,01				
-vahvikenauha, jm	30	0,04				
Pesuhuoneen seinien laatoitus	20	0,02	1,3	1,2	13,104	Rakennustöiden menekit 2015
		0,02				
		0,26				
		0,11				
		0,01				
Lattioiden laatoitus	15,3	0,02	1,3	1,2	23,3906	Rakennustöiden menekit 2015
		0,02				
		0,73				
		0,2				
		0,01				
Saunan panelointi	22	0,1	1,3	1,12	18,1767	Rakennustöiden menekit 2015
		0,45				
		0,02				
Saunan lauteet	1	8	1,2	1,1	10,56	Rakennustöiden menekit 2015
Rakennustyöt yhteensä, tuntia					**117,388**	

SPU AL 120mm	95,5	36,1	3446	Taloon.com, Hinta 24.2.2015
-saumavaahto	10	8	80	Taloon.com, Hinta 24.2.2015
-alumiiniteippi	4	13,5	54	Taloon.com, Hinta 24.2.2015
Kipsilevy EK	79,3	5,1	404	
-tasoite			38,7	
-saumanauha			20	
-pohjamaalit	159		120	
-pintamaalit	159		360	
Saunapaneeli, lämpökäsitelty haapa	22	40	880	Taloon.com, Hinta 24.2.2015
-lauteet				
-koolaus				
Pesuhuoneen seinälaatat	20	30	600	Taloon.com, Hinta 24.2.2015
Pesuhuoneen ja saunan lattialaatat	15,3	30	459	Taloon.com, Hinta 24.2.2015
-kiinnityslaasti	5	21,7	108	Taloon.com, Hinta 24.2.2015
-saumalaasti	2	30,5	61	Taloon.com, Hinta 24.2.2015
-silikonit	5	9,2	46	Taloon.com, Hinta 24.2.2015
-vedeneristeet	2	149	298	Taloon.com, Hinta 24.2.2015
Tarvikkeet yhteensä			**6975**	
Jätelava vuokra + tyhjennys	2		**500**	
Väistöasunnon vuokra			**500**	

LIITE 4. Tiiliverhotun talon yläpohjan alkuperäisen U-arvon laskenta

Ohjelmaversio 1.03

Suunnittelutoimisto	Työn nro		Sivu
Harri Tekoniemi	x		1 / 2
	Päivitys	Tekijä	
	x	x	
Rakennuskohde	Sisältö		
1982 rakennettu OKT	U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)		

RAKENTEEN TIEDOT

Info

TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen yläpohja (lämpövirran suunta ylöspäin)

RAKENNEKERROKSET

Sisäpinta

1 Ilman- ja höyrynsulku

2 Lämmöneriste (sisältää koolauksen)
- Kerroksen paksuus [d] 125,0 mm
- Lämmönjohtavuus [λ] 0,040 W/mK
- Koolaussuunta (p / v) v

3 Lämmöneriste
- Kerroksen paksuus [d] 125,0 mm
- Lämmönjohtavuus [λ] 0,040 W/mK

4 Ei rakennekerrosta

5 Ei rakennekerrosta

6 Ei rakennekerrosta

7 Ei rakennekerrosta

8 Ei rakennekerrosta

Ulkopinta

ILMARAKOJEN TIEDOT

Ulkopuolen tuuletusrako: Hyvin tuulettuva

Ilmarakojen korjaustekij: Korjaustaso 1

METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT

Muuraussiteiden tyyppi: Ei muuraussiteitä

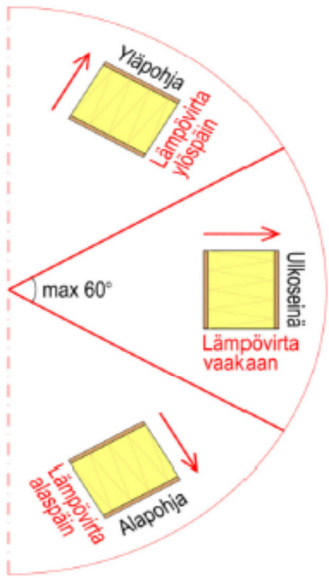
KOOLAUKSEN TIEDOT

Koolauspuun leveys [b]: 48 mm

Koolauspuun lämmönjohtavuus [λ]: 0,120 W/mK

Vaakakoolauksen k-jako [s]: 600 mm

RAKENNE / LÄMPÖVIRTA

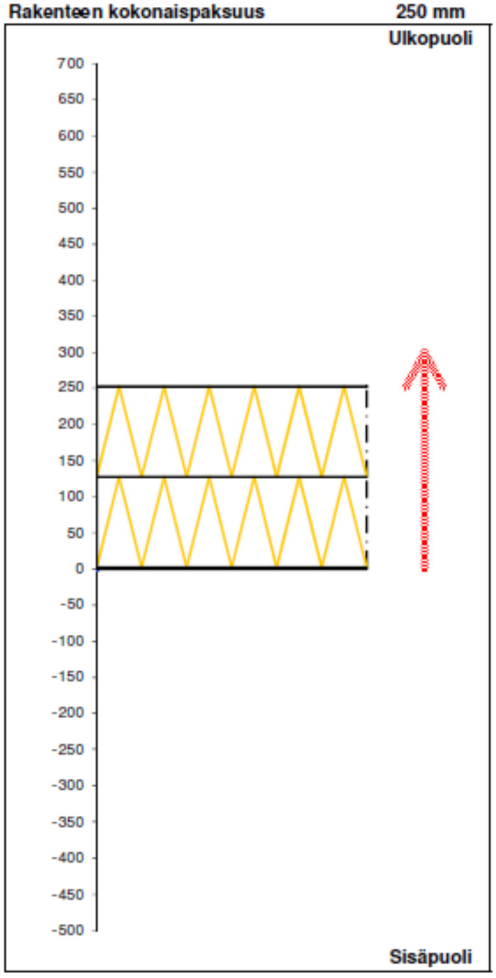


Ohjelmaversio 1.03

Suunnittelutoimisto	Työn nro		Sivu
Harri Tekoniemi	x		2 / 2
	Päivätys: x	Tekijä: x	
Rakennuskohde	Sisältö		
1982 rakennettu OKT	U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)		

	Puurakenteinen yläpohja	d [mm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	b [mm]	s [mm]
	Sisäpinta			0,1000		
1	Ilman- ja höyrynsulku	0,2	0,330	0,0006		
2	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	125	0,040	2,6940	48	600
3	Lämmöneriste	125	0,040	3,1250		
	Ulkopinta			0,1000		

Rakenteen kokonaispaksuus **250 mm**



MUURAUSSITEET ERISTEEN LÄPI

Ei muuraussiteitä

OSA-ALUEIDEN PINTA-ALAOSUUDET

f_a	0,920	*Eriste*
f_b	0,000	*Pystykoolaus*
f_c	0,080	*Vaakakoolaus*
f_d	0,000	*Koolausristeys*

OSA-ALUEIDEN LÄMMÖNVASTUKSET

R_a	6,451	m²K/W
R_b	0,000	m²K/W
R_c	4,367	m²K/W
R_d	0,000	m²K/W

U-ARVO

R'_T	6,213	m²K/W
R''_T	6,020	m²K/W
U	0,163	W/m²K
ΔU"	0,010	W/m²K
ΔU_g	0,009	W/m²K
ΔU_f	0,000	W/m²K

YLÄPOHJAN U-ARVO

U_c = 0,1729 W/m²K

VIRHEILMOITUKSET

LIITE 5. Tiiliverhotun talon yläpohjan uuden U-arvon laskenta

Ohjelmaversio 1.03

Suunnittelutoimisto	Työn nro		Sivu
Harri Tekoniemi	x		1 / 2
	Päiväys	Tekijä	
	x	x	
Rakennuskohde	Sisältö		
1982 rakennettu OKT	U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)		

RAKENTEEN TIEDOT

Info

TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen yläpohja (lämpövirran suunta ylöspäin)

RAKENNEKERROKSET

Sisäpinta

1 Ilman- ja höyrynsulku

2 Lämmöneriste (sisältää koolauksen)

Kerroksen paksuus [d]	125,0 mm
Lämmönjohtavuus [λ]	0,040 W/mK
Koolaussuunta (p / v)	v

3 Lämmöneriste

Kerroksen paksuus [d]	125,0 mm
Lämmönjohtavuus [λ]	0,040 W/mK

4 Lämmöneriste

Kerrroksen paksuus [d]	275,0 mm
Lämmönjohtavuus [λ]	0,041 W/mK

5 Ei rakennekerrosta

6 Ei rakennekerrosta

7 Ei rakennekerrosta

8 Ei rakennekerrosta

Ulkopinta

ILMARAKOJEN TIEDOT

Ulkopuolen tuuletusrako: Hyvin tuulettuva

Ilmarakojen korjaustekij: Korjaustaso 1

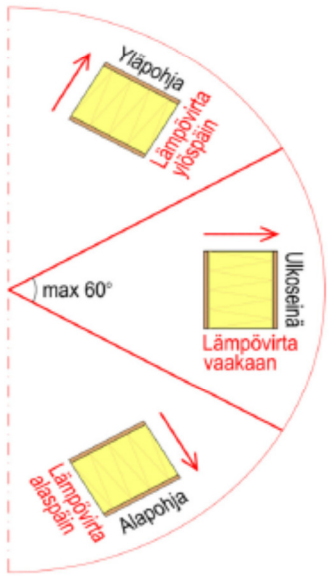
METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT

Muuraussiteiden tyyppi: Ei muuraussiteitä

KOOLAUKSEN TIEDOT

Koolauspuun leveys [b]	48 mm
Koolauspuun lämmönjohtavuus [λ]	0,120 W/mK
Vaakakoolauksen k-jako [s]	600 mm

RAKENNE / LÄMPÖVIRTA

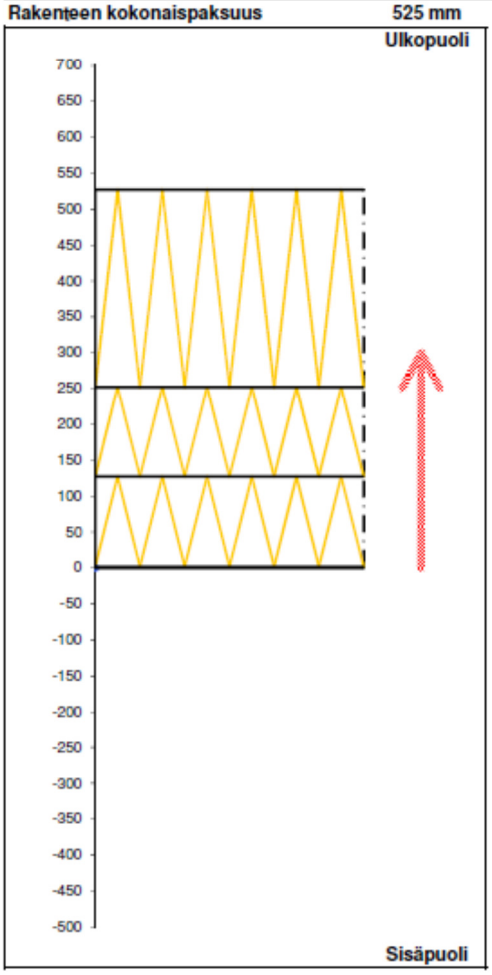


Ohjelmaversio 1.03

Suunnittelutoimisto	Työn nro		Sivu
Harri Tekoniemi	X		2 / 2
	Päivätys X	Tekijä X	
Rakennuskohde	Sisältö		
1982 rakennettu OKT	U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)		

	Puurakenteinen yläpohja	d [mm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	b [mm]	s [mm]
	Sisäpinta			0,1000		
1	Ilman- ja höyrynsulku	0,2	0,330	0,0006		
2	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	125	0,040	2,6940	48	600
3	Lämmöneriste	125	0,040	3,1250		
4	Lämmöneriste	275	0,041	6,7073		
	Ulkopinta			0,1000		

Rakenteen kokonaispaksuus **525 mm**



MUURAUSSITEET ERISTEEN LÄPI

Ei muuraussiteitä

OSA-ALUEIDEN PINTA-ALAOSUUDET

f_a	0,920	*Eriste*
f_b	0,000	*Pystykoolaus*
f_c	0,080	*Vaakakoolaus*
f_d	0,000	*Koolausristeys*

OSA-ALUEIDEN LÄMMÖNVASTUKSET

R_a	13,158	m²K/W
R_b	0,000	m²K/W
R_c	11,075	m²K/W
R_d	0,000	m²K/W

U-ARVO

R'_T	12,963	m²K/W
R''_T	12,727	m²K/W
U	0,078	W/m²K
ΔU"	0,010	W/m²K
ΔU_g	0,010	W/m²K
ΔU_f	0,000	W/m²K

YLÄPOHJAN U-ARVO

U_c = 0,0875 W/m²K

VIRHEILMOITUKSET

LIITE 6. Puuverhotun talon ulkoseinän alkuperäisen U-arvon laskenta

Ohjelmaversio 1.03

Suunnittelutoimisto	Työn nro		Sivu
Harri Tekoniemi	x		1 / 2
	Päiväys	Tekijä	
	x	x	
Rakennuskohde	Sisältö		
1982 rakennettu OKT	U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)		

RAKENTEEN TIEDOT

Info

TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen yläpohja (lämpövirran suunta ylöspäin)

RAKENNEKERROKSET

Sisäpinta

1	Kuitulevy	
	Kerroksen paksuus [d]	5,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,100 W/mK
2	Hirsi	
	Kerroksen paksuus [d]	22,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,120 W/mK
3	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	
	Kerroksen paksuus [d]	100,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,080 W/mK
	Koolaussuunta (p / v)	p
4	Hirsi	
	Kerrroksen paksuus [d]	22,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,120 W/mK
5	Ei rakennekerrosta	
6	Ei rakennekerrosta	
7	Ei rakennekerrosta	
8	Ei rakennekerrosta	

Ulkopinta

ILMARAKOJEN TIEDOT

Ulkopuolen tuuletusrako	Hyvin tuulettuva
Ilmarakojen korjaustekij	Korjaustaso 1

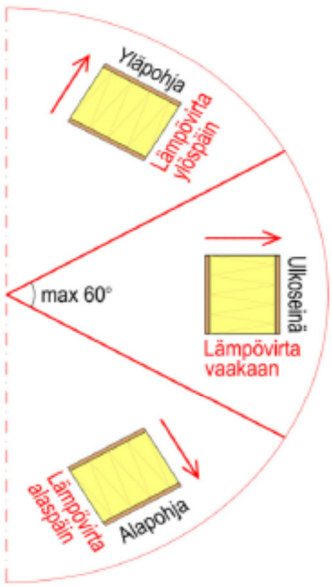
METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT

Muuraussiteiden tyyppi	Ei muuraussiteitä

KOOLAUKSEN TIEDOT

Koolauspuun leveys [b]	48 mm
Koolauspuun lämmönjohtavuus [λ]	0,120 W/mK
Pystykoolauksen k-jako [s]	600 mm

RAKENNE / LÄMPÖVIRTA

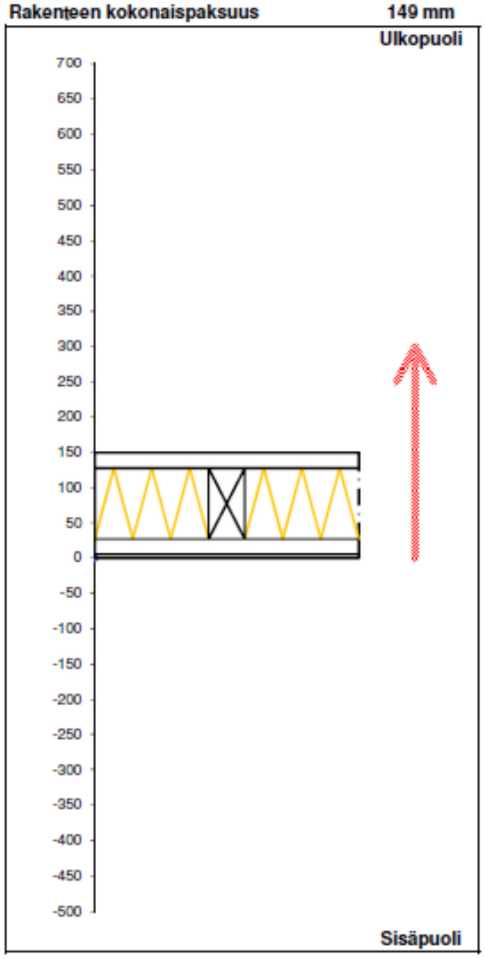


Ohjelmaversio 1.03

Suunnittelutoimisto	Työn nro		Sivu
Harri Tekoniemi	x		2 / 2
	Päiväys	Tekijä	
	x	x	
Rakennuskohde	Sisältö		
1982 rakennettu OKT	U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)		

	Puurakenteinen yläpohja	d [mm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	b [mm]	s [mm]
	Sisäpinta			0,1000		
1	Kuitulevy	5	0,100	0,0500		
2	Hirsi	22	0,120	0,1833		
3	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	100	0,080	1,2019	48	600
4	Hirsi	22	0,120	0,1833		
	Ulkopinta			0,1000		

Rakenteen kokonaispaksuus **149 mm**



MUURAUSSITEET ERISTEEN LÄPI

Ei muuraussiteitä

OSA-ALUEIDEN PINTA-ALAOSUUDET

f_a	0,920	*Eriste*
f_b	0,080	*Pystykoolaus*
f_c	0,000	*Vaakakoolaus*
f_d	0,000	*Koolausristeys*

OSA-ALUEIDEN LÄMMÖNVASTUKSET

R_a	1,867	m²K/W
R_b	1,450	m²K/W
R_c	0,000	m²K/W
R_d	0,000	m²K/W

U-ARVO

R'_T	1,825	m²K/W
R''_T	1,819	m²K/W
U	0,549	W/m²K
$\Delta U''$	0,010	W/m²K
ΔU_g	0,000	W/m²K
ΔU_f	0,000	W/m²K

Korjauksia ei tarvitse huomioida

YLÄPOHJAN U-ARVO

U_c = 0,5490 W/m²K

VIRHEILMOITUKSET

.
.
.
.
.
.

LIITE 7. Puuverhotun talon lisäLÄMMÖNeristetyn ulkoseinärakenteen U-arvon laskenta

Ohjelmaversio 1.03

Suunnittelutoimisto	Työn nro		Sivu
Harri Tekoniemi	x		1 / 2
	Päiväys	Tekijä	
	x	x	
Rakennuskohde	Sisältö		
1982 rakennettu OKT	U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)		

RAKENTEEN TIEDOT

Info

TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen yläpohja (lämpövirran suunta ylöspäin)

RAKENNEKERROKSET

Sisäpinta

1	Kuitulevy	
	Kerroksen paksuus [d]	5,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,100 W/mK
2	Hirsi	
	Kerroksen paksuus [d]	22,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,120 W/mK
3	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	
	Kerroksen paksuus [d]	100,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,037 W/mK
	Koolaussuunta (p / v)	p
4	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	
	Kerrroksen paksuus [d]	75,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,037 W/mK
	Koolaussuunta (p / v)	v
5	Lämmöneriste	
	Kerroksen paksuus [d]	50,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,031 W/mK
6	Ei rakennekerrosta	
7	Ei rakennekerrosta	
8	Ei rakennekerrosta	

Ulkopinta

ILMARAKOJEN TIEDOT

Ulkopuolen tuuletusrako	Hyvin tuulettuva
Ilmarakojen korjaustekij	Korjaustaso 1

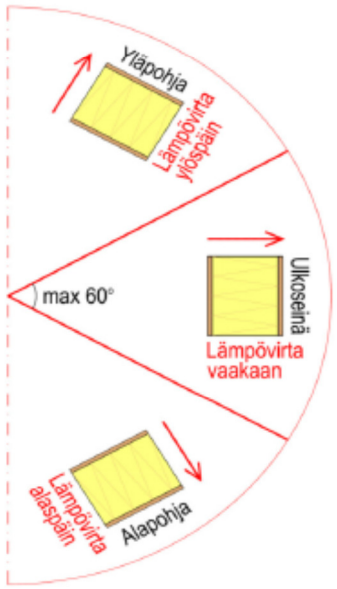
METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT

Muuraussiteiden tyyppi	Ei muuraussiteitä

KOOLAUKSEN TIEDOT

Koolauspuun leveys [b]	48 mm
Koolauspuun lämmönjohtavuus [λ]	0,120 W/mK
Pystykoolauksen k-jako [s]	600 mm
Vaakakoolauksen k-jako [s]	600 mm

RAKENNE / LÄMPÖVIRTA

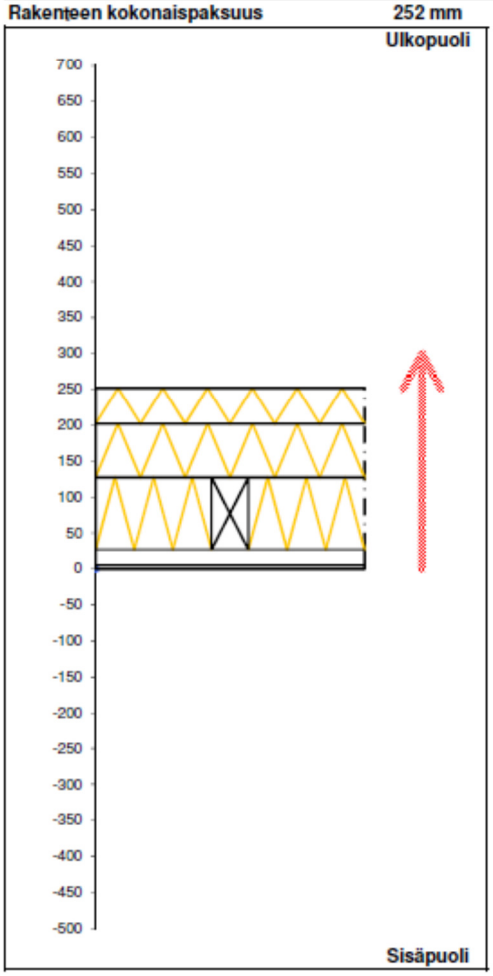


Ohjelmaversio 1.03

Suunnittelutoimisto	Työn nro		Sivu
Harri Tekoniemi	X		2 / 2
	Päivätys	Tekijä	
	X	X	
Rakennuskohde	Sisältö		
1982 rakennettu OKT	U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)		

	Puurakenteinen yläpohja	d [mm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	b [mm]	s [mm]
	Sisäpinta			0,1000		
1	Kuitulevy	5	0,100	0,0500		
2	Hirsi	22	0,120	0,1833		
3	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	100	0,037	2,2915	48	600
4	Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	75	0,037	1,7186	48	600
5	Lämmöneriste	50	0,031	1,6129		
	Ulkopinta			0,1000		

Rakenteen kokonaispaksuus **252 mm**



MUURAUSSITEET ERISTEEN LÄPI

Ei muuraussiteitä

OSA-ALUEIDEN PINTA-ALAOSUUDET

f_a	0,846	*Eriste*
f_b	0,074	*Pystykoolaus*
f_c	0,074	*Vaakakoolaus*
f_d	0,006	*Koolausristeys*

OSA-ALUEIDEN LÄMMÖNVASTUKSET

R_a	6,776	m²K/W
R_b	4,907	m²K/W
R_c	5,374	m²K/W
R_d	3,505	m²K/W

U-ARVO

R'_T	6,434	m²K/W
R''_T	6,056	m²K/W
U	0,160	W/m²K
ΔU"	0,010	W/m²K
ΔU_g	0,009	W/m²K
ΔU_f	0,000	W/m²K

YLÄPOHJAN U-ARVO

U_c = 0,1689 W/m²K

VIRHEILMOITUKSET