

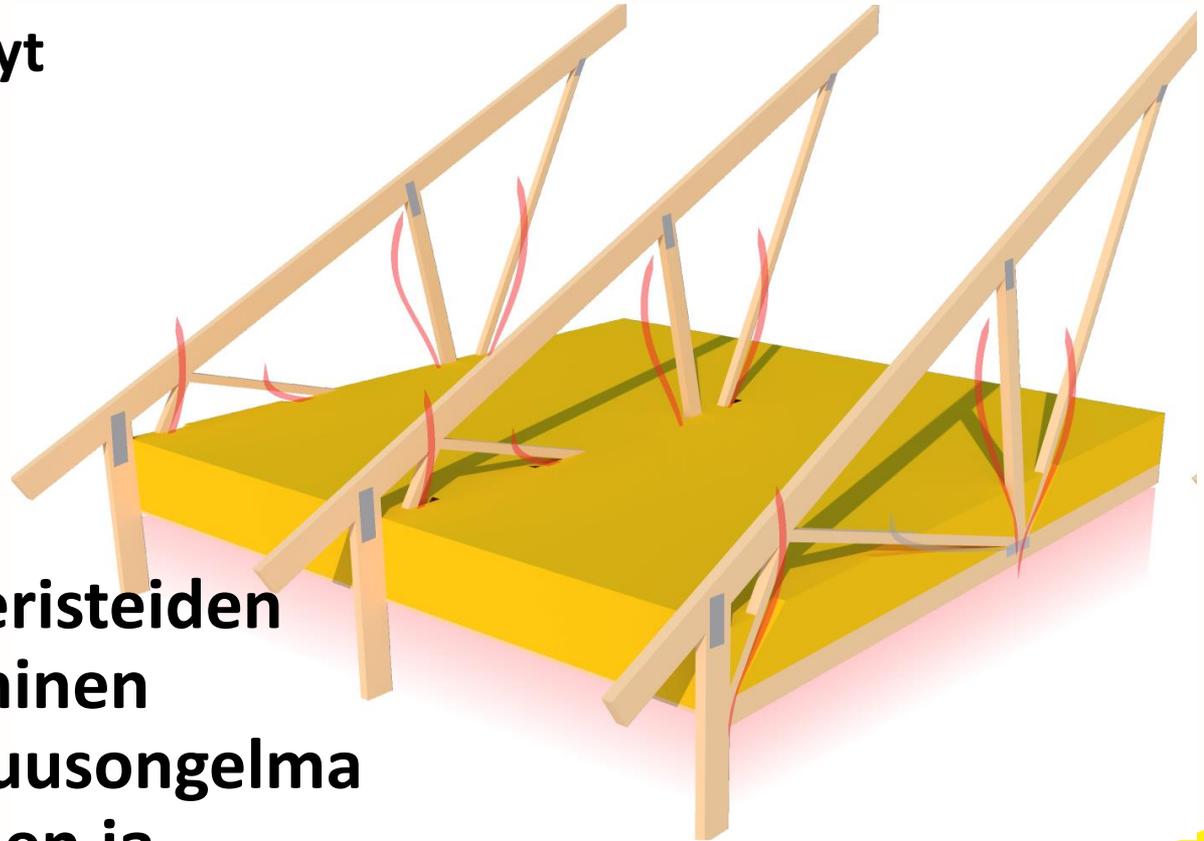
# **LÄSÄ**

*lämmönsäästäjät kattotuoleihin*

***WWW.LASAT.FI***

**Rakentaminen Suomessa on huippuluokkaa,  
kotimaiset kattotuolit ja käytettävät eristeet  
ovat korkealaatuisia, mutta...**

**Yksi asia on jäänyt  
turhan vähälle  
huomiolle**



**Yläpohjan eristeiden  
painuminen  
- yhteensopivuusongelma  
eristeiden ja  
kattoristikoiden välillä**

***WWW.LASAT.FI***

# Puhallusvilla painuu merkistä riippuen jopa 20%

*Esimerkkikuvassa puhalletun eristeen vahvuus 56 cm  
jossa painuma 11 cm, keltaisella painunut eriste 45 cm.*



**Eristeen painuminen muodostaa kiilamaisia kylmäsiltoja. Tavanomaisessa OK-talossa kylmäsiltoja muodostuu n. 150 kpl.**

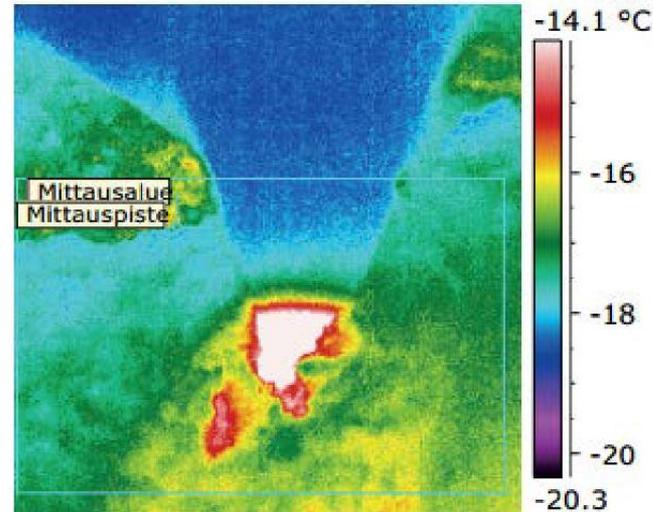


**Kuva vuoden ikäisen rivitalon yläpohjasta.**

**Suurin osa painumasta tapahtuu ensimmäisen vuoden aikana.**

# Kylmäsilta aiheuttaa luonnollisesti energiahukkaa

*Kuvat pientalokohteesta Rovaniemeltä, rakennusvuosi 2004,  
50 cm puukuitueriste, vinosauvat 40 asteen kulmassa ja tunneli 5 cm korkea.*



Puhalluseristeen painuman aiheuttama kiilamainen tunneli vinosauvan alapuolella (vasen kuva) ja lämpökameran osoittama lämpövuoto tarkastelukohdasta (oikea kuva).

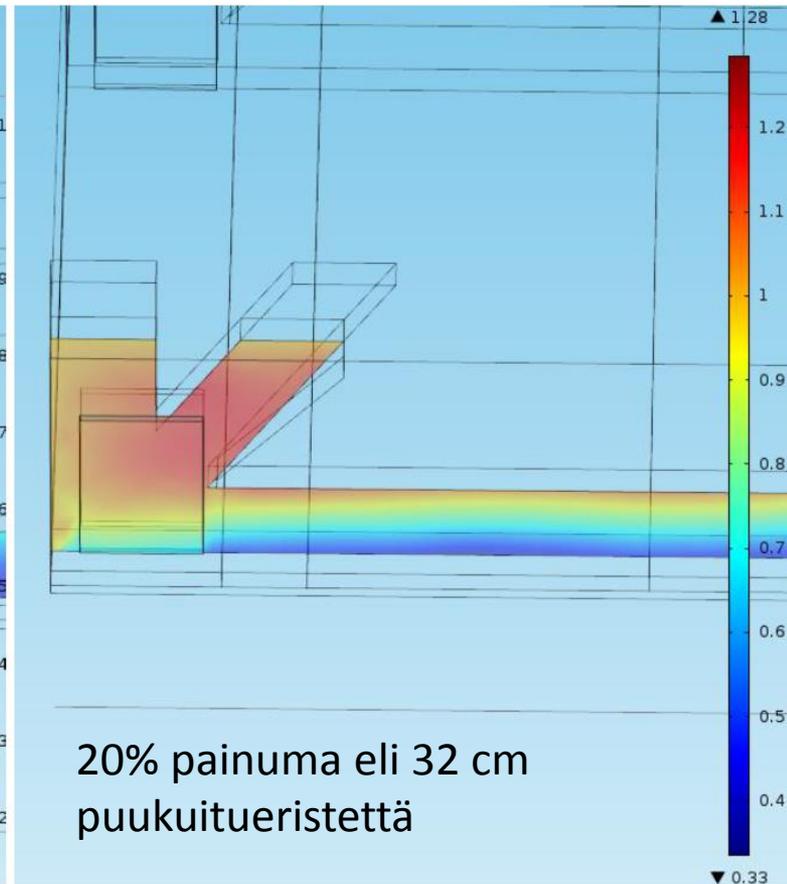
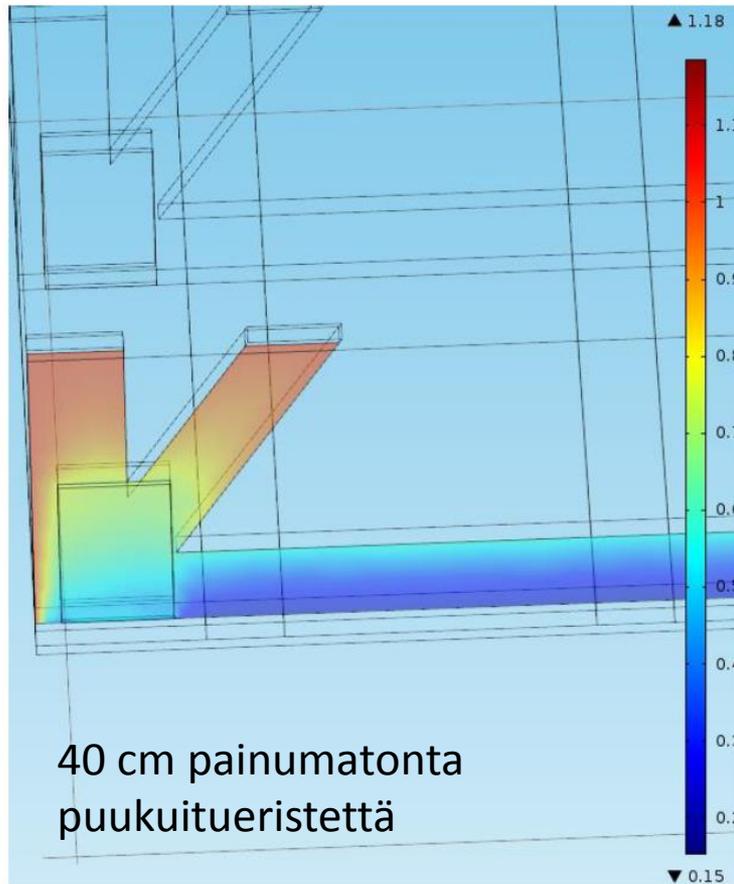
Lämpökamerakuvassa mitatut pistemäiset lämpötilat olivat seuraavat:

- mittauspisteen lämpötila: -17,4 °C
- mittausalueen maksimilämpötila (ilmatunnelin kohdalla): -1,1 °C
- mittausalueen minimilämpötila: -18,6 °C

# Kylmäsillat lisäävät yläpohjan kondensoitumisriskiä

Kondensoitumisriski lämmöneristys ei painunut

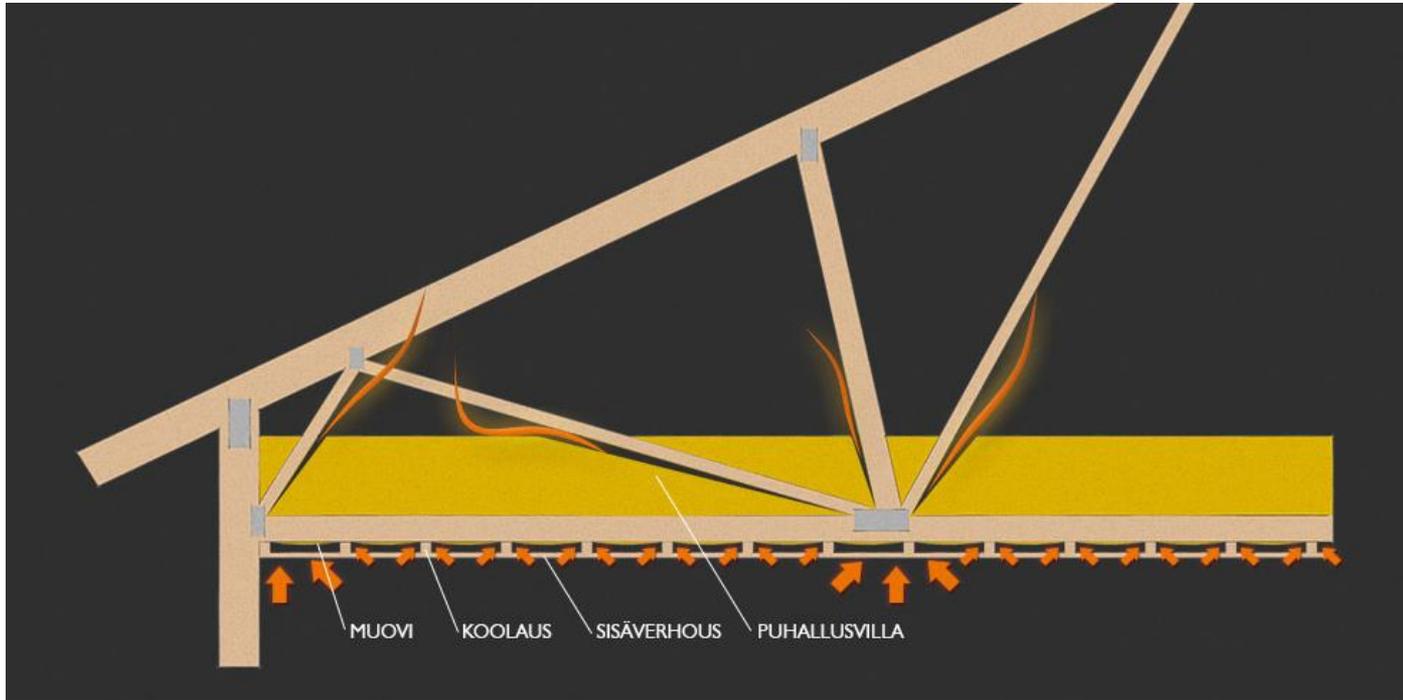
Kondensoitumisriski lämmöneristys painunut



*Finnmap Consulting:  
Yläpohjan sellukuitulämmöneristysten painumisen vaikutus rakenteen kokonaislämmönläpäisyyteen.*

**WWW.LASAT.FI**

# Lämpövuodot yläpohjan höyrynsulussa lisäävät merkittävästi kosteusongelmien riskiä



Nykyisen rakennustavan mukaan asennetaan kattotuolien alapintaan muovin päälle 2 x 2" ristikoolaus 25 cm jaolla, johon kiinnitetään sisäverhous. Puhallusvilla painaa muovin koolausten välistä notkolleen jolloin niitit joilla muovi on kiinnitetty, painuvat muovista läpi. Syntyy reikiä naulan- ym. reikien lisäksi, joista lämmin ilma pääsee yläpohjaan tai kylmä ilma sisälle jos talo on voimakkaasti alipaineinen.

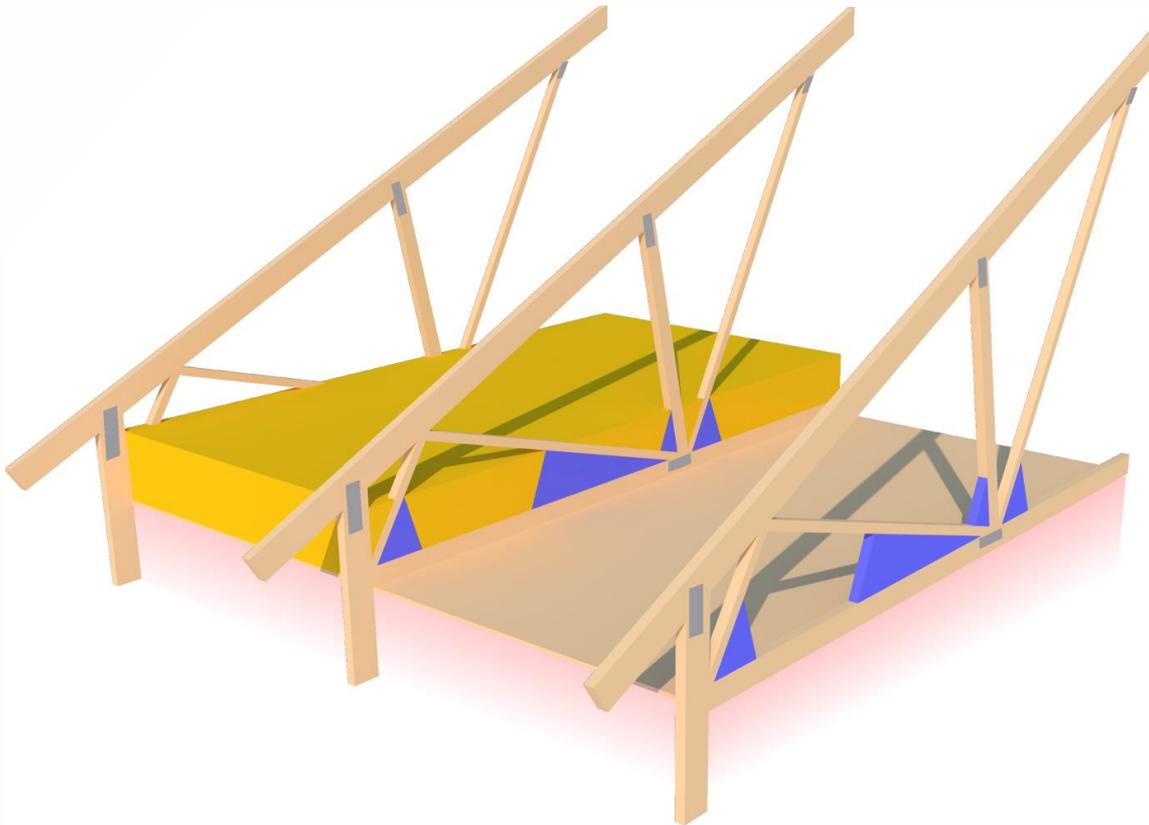
# Pahimmillaan voi käydä näin



*Yläpohjan vuotokohtien läpi tapahtuvat ilmavirtaukset pyrkivät keskittymään vinosauvojen alapuolella olevien ilmatunnelien kohdalle, jolloin ilman mukana siirtyvä kosteus muodostaa vinosauvojen pintaan tunnelin yläosassa jäätä ja kuuraa (kuva: Pertti Heikkinen).*



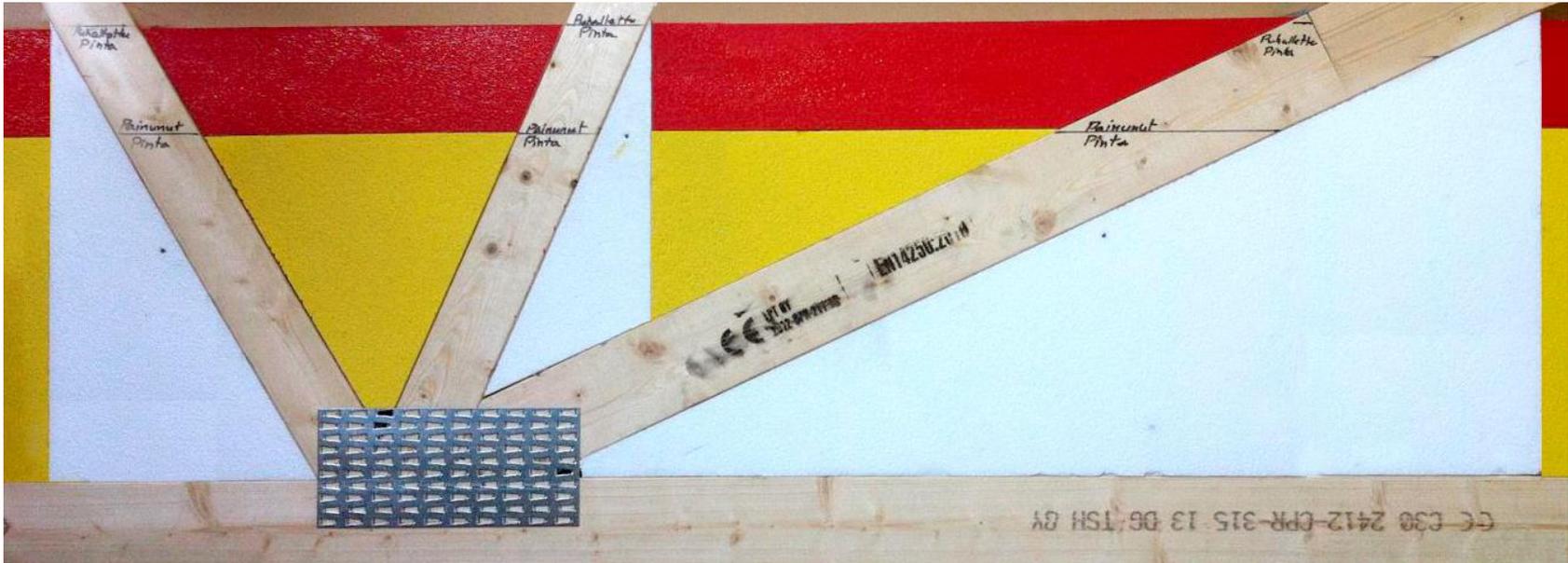
**Eristeen painumisesta aiheutuvat riskit ovat ennalta-  
ehkäistävissä helposti ja kustannustehokkaasti.**



**Ratkaisu on  
LÄSÄ-  
lämmönsäästäjät-  
järjestelmä**

***WWW.LASAT.FI***

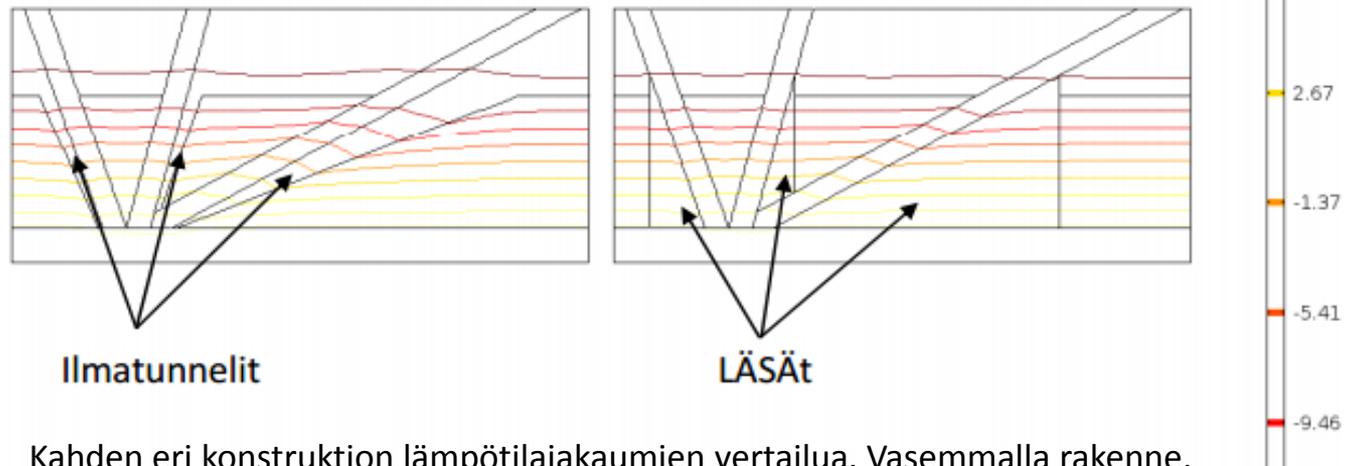
# LÄSÄ-järjestelmässä kattoristikoihin asennetaan palosuojatusta S EPS-levystä valmistetut, kiilamaiset eristepalat.



Eristeen painuma tapahtuu, mutta eriste painuu LÄSIEN pystysuoria pintoja vasten kylmäsiltoja muodostamatta.  
LÄSÄT optimoivat yläpohjan lämmöneristyksen.

***WWW.LASAT.FI***

**Eristeen painuman ollessa 20% saavutetaan  
Läsien avulla 25% energiasäästö kattoristikoiden alueella.**



Kahden eri konstruktion lämpötilajakaumien vertailua. Vasemmalla rakenne, jossa villa on painunut, oikealla LÄSÄt asennettu.

*”Lämpöhäviö rakenteessa, jossa on LÄSÄ-lämmönsäästäjät asennettu, on 2 % pienempi kuin rakenteessa, jossa villa on painunut ja ilmatunnelit muodostuneet. Energiasäästö on suhteeltaan sama riippumatta ulkoilman lämpötilasta. Säästö lämmityskustannuksissa sähkölämmitteisessä talossa, jossa lämmitykseen käytetään vuodessa 10 000 kWh sähkön hinnan ollessa 0,15 €/kWh, on 30 €/vuosi.”*

Comsol Oy  
**LÄSÄ-lämmönsäästäjillä varustettujen  
kattotuolirakenteiden lämpöhäviön simulointi  
(13.11.2015)**

**WWW.LASAT.FI**

## **RIL 249-2015**

Energiatehokas asuinrakennus  
– kohti lähes nollaenergiarakentamista



*”Yläpohjan lämmöneristysten suunnittelussa tulee ottaa huomioon eristeen painumisen aiheuttamat riskit. Esimerkiksi naulalevyristikoissa voi puhalluseristeen painumisen takia syntyä onkaloita vinojen diagonaalien alle ja näistä syntyy kylmäsiltoja, jotka taas voivat aiheuttaa rakennusfysikaalisia ongelmia ja lämmönhukkaa. Tällaiset ongelmat voidaan ennaltaehkäistä esimerkiksi eristämällä ko. kohdat ristikoissa jo tehtaalla tai rakennuspaikalla painumattomalla eristeellä ennen puhallusvillan asennusta.”*

Suomen Rakennusinsinöörien  
Liiton RIL:n julkaisu:

***”RIL 249-2015 Energiatehokas asuinrakennus  
– kohti lähes nollaenergiarakentamista”***

***WWW.LASAT.FI***



Janne Määttä  
Pujottelijantie 15  
FI-96600 Rovaniemi, Finland  
puhelin +358 50 597 8490  
janne.maatta@lampokuva.com  
www.lampokuva.com  
Y-tunnus 1790518-7

Lämpökuvausraportti  
20.1.2015

## Finnmap Consulting

### Yläpohjan sellukuitulämmöneristykseen painumisen vaikutuksen kokonaislämmönläpäisyyn

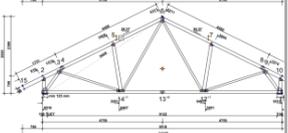
Asiakas: Pahtataide Oy

#### Työn sisältö

Selvityksessä tarkasteltiin kosteuden tiivistymisen riskiä yläpohjan kattotuolien lämmöneristykseen 20 % painumisen vaikutusta energiatehokkuuteen. Laskettiin mallilla mutta tarkastelut alue on määritelty alakaton alapinnan ja eristeen välillä oleva kuva, punainen alue)

#### Lähtötiedot

Tarkasteltavan yläpohjarakenteen kattotuolin mitat ovat kuvassa 1. Rakenteen ominaisuudet ovat taulukossa 1. Laskennassa käytetty rakenne on kuvassa 1.



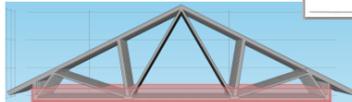
Kuva 1: Kattotuolien suunnitelma

Taulukko 1. Yläpohjarakenteen materiaalien ominaisuudet

Materiaali	Lämmönjohtavuus [W/mK]	Vesihöyrynläpäisy Vv [(kg/m <sup>2</sup> s Pa) <sup>-1</sup> · 10 <sup>3</sup> ]
Puu	0,14	2
Naualevyt	1,2	0,02
Eriste	0,039 (Ekovilla)	
Eriste (painunut)	0,030	
Höyrynsulkuri	[-]	20 (K-EL 60/2200 AI)
Ilma	0,13	2

Ilman lämmönjohtavuus lämmöneristykseen painumisesta johtuvissa kattotuolien muodoissa on otettu huomioon 5-kertainen kerroin. Ilman lämmönjohtavuudessa on konvektio otettu huomioon. Sisä- ja ulkoilman olosuhteet ovat:

- Ulkona (T = -20 °C) ilman kosteussisältö 0,88 g/m<sup>3</sup> ja suhteellinen kosteus 60 %
- Sisällä (T = 21 °C) ilman kosteussisältö 5,88 g/m<sup>3</sup> ja suhteellinen kosteus 60 %



Kuva 2: Kattotuolien malli, punainen alue = tarkastelutalue

## Kattoristikoiden vaikutus puhallusväliin



Sertifikaatti: lämpökuvauksen nro. V

Janne Määttä

LAUSUNTO 15.4.2015

LÄSÄ-Lämmönsäästäjät/  
Pahtataide Oy  
Sulunperäntie 21  
40800 Jyväskylä

## LAUSUNTO KATTORISTIKOIDEN VAIKUTUKSISTA YLÄPOHJAAN

Kattoristikoiden ja ilmavuotojen kosteutekseen toimintaan

Kattoristikoilla toteutetuissa puhalluseristetyissä, jolla saadaan täytettyä helpommin ja tarkemmin kuitenkin ajan kuluessa, jolloin viirrossa viinosaavojen alapinnalla lämmöneristykseen läpi ja heikentävät myös tiivisteiden toimintaa.

Energiatehokkuusvaatimusten yläpohjissa on kasvanut merkittävästi iän mukana tapahtuva painuminen eristekerroksen välissä. Tämä vaikutus on suurempi nykyisissä yläpohjissa kuin aiemmin.

Paksujen puhalluseristekerrosten ilmavirtauksia enemmän kuin viinosaavojen yhteyteen muodostuu syntymistä ja heikentävät myös tiivisteiden toimintaa.

Viinosaavojen alapuolelle muodostuu kosteutekseen toimintaa siinä yläpohjan ilman/höyrynsulussa näihin ilmatunneleihin. Rakennus siirtyä kosteus voi nostaa suhteellisen kosteuden yläpohjan alapinnalla.

Viinosaavojen alapuolelle muodostuu kosteutekseen toimintaa siinä yläpohjan ilman/höyrynsulussa näihin ilmatunneleihin. Rakennus siirtyä kosteus voi nostaa suhteellisen kosteuden yläpohjan alapinnalla.

Viinosaavojen alapuolelle muodostuu kosteutekseen toimintaa siinä yläpohjan ilman/höyrynsulussa näihin ilmatunneleihin. Rakennus siirtyä kosteus voi nostaa suhteellisen kosteuden yläpohjan alapinnalla.

Viinosaavojen alapuolelle muodostuu kosteutekseen toimintaa siinä yläpohjan ilman/höyrynsulussa näihin ilmatunneleihin. Rakennus siirtyä kosteus voi nostaa suhteellisen kosteuden yläpohjan alapinnalla.

Viinosaavojen alapuolelle muodostuu kosteutekseen toimintaa siinä yläpohjan ilman/höyrynsulussa näihin ilmatunneleihin. Rakennus siirtyä kosteus voi nostaa suhteellisen kosteuden yläpohjan alapinnalla.

Viinosaavojen alapuolelle muodostuu kosteutekseen toimintaa siinä yläpohjan ilman/höyrynsulussa näihin ilmatunneleihin. Rakennus siirtyä kosteus voi nostaa suhteellisen kosteuden yläpohjan alapinnalla.

Viinosaavojen alapuolelle muodostuu kosteutekseen toimintaa siinä yläpohjan ilman/höyrynsulussa näihin ilmatunneleihin. Rakennus siirtyä kosteus voi nostaa suhteellisen kosteuden yläpohjan alapinnalla.

Viinosaavojen alapuolelle muodostuu kosteutekseen toimintaa siinä yläpohjan ilman/höyrynsulussa näihin ilmatunneleihin. Rakennus siirtyä kosteus voi nostaa suhteellisen kosteuden yläpohjan alapinnalla.

Viinosaavojen alapuolelle muodostuu kosteutekseen toimintaa siinä yläpohjan ilman/höyrynsulussa näihin ilmatunneleihin. Rakennus siirtyä kosteus voi nostaa suhteellisen kosteuden yläpohjan alapinnalla.

Viinosaavojen alapuolelle muodostuu kosteutekseen toimintaa siinä yläpohjan ilman/höyrynsulussa näihin ilmatunneleihin. Rakennus siirtyä kosteus voi nostaa suhteellisen kosteuden yläpohjan alapinnalla.

Viinosaavojen alapuolelle muodostuu kosteutekseen toimintaa siinä yläpohjan ilman/höyrynsulussa näihin ilmatunneleihin. Rakennus siirtyä kosteus voi nostaa suhteellisen kosteuden yläpohjan alapinnalla.

Viinosaavojen alapuolelle muodostuu kosteutekseen toimintaa siinä yläpohjan ilman/höyrynsulussa näihin ilmatunneleihin. Rakennus siirtyä kosteus voi nostaa suhteellisen kosteuden yläpohjan alapinnalla.

## LÄSÄ-lämmönsäästäjillä varustettujen kattotuolirakenteiden lämpöviivien simulointi

13.11.2015

TKT Timo Karvinen

Comsol Oy

### Johdanto

Raportissa esitetään lämpösimulointi kattotuolirakenteille, joihin on asennettu LÄSÄ-lämmönsäästäjät. LÄSÄ-lämmönsäästäjillä varustetun yläpohjan lämpöviivästä on verrattu tapaukseen, jossa mineraalivilla on painunut ja viinosaavojen alle on syntynyt tunneleita, joista pääsee vuotamaan ilmaa yläpohjaan.

### Simulointimalli

LÄSÄ-lämmönsäästäjien lämpöteknisen toiminnan arvioimiseksi tehtiin simulointimalli, jossa tarkasteltiin lämmön siirtymistä sisä- ja ulkoilman kanssa kosketuksessa olevien rakenteiden välillä. Laskentamallin geometria, johon on asennettu LÄSÄ-lämmönsäästäjät, on esitetty kuvassa 1. Laskentamallista päädyttiin rakentamaan yhden metrin levyinen suikaale, mikä oletettiin kattotuolien väliseksi etäisyydeksi. Koko talon yläpohjaa ei ole tarpeen mallintaa lämpöviivien simulointia varten, vaan erilaisten suunnitteluratkaisujen vertailemiseksi vaan siihen riittää edustava kokonaisuus yläpohjasta, jossa merkittävimmät ilmiöt on huomioitu. Koko talon lämpöviivä saataisiin summaamalla yhteen näiden yksinkertaistettujen elementtien kontribuutiot ja sen lisäksi reunoilla tulisivat mukaan vielä reunavaikutukset.

Laskentamallin alaosassa (y-koordinaatti) on annettu reunaehdot konvektiivinen lämpövirta sisäilman olosuhteilla ja mallin yläreunassa lämpövirta ulkoilman olosuhteilla (talvi, T = -20 °C). Kaikkia yläpohjan rakenteita ei ole mallinnettu em. systä, koska niillä ei olisi merkitystä vertailtaessa erilaisia konstruktioita, siis lämpöviivä ilman ja LÄSÄ-lämmönsäästäjien kanssa. Laskentamallin geometria, jossa mineraalivilla on painunut ja viinosaavojen alle on muodostunut tunneleita on esitetty kuvassa 2.

Simuloinnissa esintyville materiaaleille käytettiin yleisesti saatavilla olevia materiaaliominaisuuksia. Materiaalit olivat mänty, EPS 60 (Thermisol), mineraalivilla ja ilma.

Konvektio ilmatilassa simuloitiin yksinkertaistettuna siten, että ilman lämmönjohtavuus annettiin viisinkertainen lukuarvo kuvaamaan tehollista lämmönsiirtymistä ja virtausta sekä lämmönsiirtöytälän advektiivista ja sisällytetty simulointiin. Menetelmä on todettu erittäin tarkaksi tämän tyypissä soveltuksissa. Myös ilman virtauksen vaikutus lämmönsiirtoon mineraalivillan huokosissa on useissa tutkimuksissa osoitettu merkittömäksi näin matalissa rakenteissa, joten tämänkin ilmiön jättäminen huomiotta laskentamallissa on sallittua.

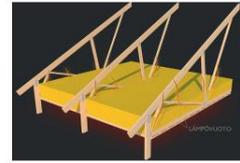
Simulointi tehtiin COMSOL Multiphysics -ohjelman versioilla 5.1.

## RT®

tuotelehti  
huhtikuu 2015

1 (2)

### LÄSÄ-lämmönsäästäjät kattotuoleihin LÄSÄ-lämmönsäästäjät



#### Ongelma

Kotimaiset kattotuolit ja käytetyt eristykset ovat korkealaatuisia. Ajan myötä puhalluseristössä tapahtuu kuitenkin luonnollista painumaa - jopa 20 % merkistä riippuen. 20 % painuma 450 mm eristävyydellä tarkoittaa 90 mm. Viinosaavojen alle jää näin kääntämättä tunneleita, josta vuotaa lämpöä yläpohjaan aiheuttaen energiahäviöitä. Jos höyrynsulussa on reikiä niin myös kosteus ja homeongelman riski kasvaa.

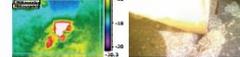
#### LÄSÄ vähentää lämpövuotoja

Viinosaavojen alapuolelle syntyy tunneleita puhalluseristeen painumisen seurauksena. Lämmönsäästäjät poistavat tuon ongelman kokonaan. Uusissa rakennuksissa heti puhalluseristeen asennuksen jälkeen energiansäästö on vielä vähäinen, mutta ajan kuluessa ja puhalluseristeen painumisen säästö alkaa syntyä yhä enemmän.

Lämpökuvaukseen -käsittelyä lämpökuvauksista ja kylmätila-kuvausten verkkosivustilla.

Kohdetta: Rakennusvuosi 2004, yläpohjan eristeenä selluvilla 500 mm

Yläpohjan viinosaavot olivat n. 40 astetta kuumassa, jolloin puhalluseristeen painuminen aiheuttama tunnele oli n. 50 mm korkea



Lämpökuvauksen avulla havaittu lämpöviivä

Käytetty lämpökuvauksen välikuvassa

Mittausasteen lämpötila: -17,4 °C  
Mittausalue maks. lämpötila: -1,1 °C  
Mittausalue min. lämpötila: -18,6 °C  
Kattotuolien viinosaavojen alapuolella sijaitsevat viinosaavot on havaittavissa lämpökuvauksessa.

#### Ratkaisu

Tunneleita ei synny, kun mat täyteen LÄSÄ-lämmönsäästäjät. Tämä takaa toteutuksen modernien puoli pohjasta sivuiltaan ja huokosien tiivistämistä yläpohjan eristykseen. LÄSÄ-tuotteiden avulla voidaan säästää myös lämpöä.

#### LÄSÄ vähentää kosteuden lämmönsäästäjät

Lämmönsäästäjät parantavat lämpöteknistä toimintaa vähentävät lämpöviivien syntyä eristämisen avulla. Jos yläpohjan höyrynsulusta on reikiä, niin myös kosteus ja homeongelman riski kasvaa.

Lämmönsäästäjät parantavat lämpöteknistä toimintaa vähentävät lämpöviivien syntyä eristämisen avulla.

Lämmönsäästäjät parantavat lämpöteknistä toimintaa vähentävät lämpöviivien syntyä eristämisen avulla.

Lämmönsäästäjät parantavat lämpöteknistä toimintaa vähentävät lämpöviivien syntyä eristämisen avulla.

Lämmönsäästäjät parantavat lämpöteknistä toimintaa vähentävät lämpöviivien syntyä eristämisen avulla.

Lämmönsäästäjät parantavat lämpöteknistä toimintaa vähentävät lämpöviivien syntyä eristämisen avulla.

Lämmönsäästäjät parantavat lämpöteknistä toimintaa vähentävät lämpöviivien syntyä eristämisen avulla.

Lämmönsäästäjät parantavat lämpöteknistä toimintaa vähentävät lämpöviivien syntyä eristämisen avulla.

Lämmönsäästäjät parantavat lämpöteknistä toimintaa vähentävät lämpöviivien syntyä eristämisen avulla.

- LÄMPÖKUVAUSRAPORTTI
- KYLMÄSILTATUTKIMUS
- RAKENNUSFYSIKAN PROFESSORI JUHA VINHAN LAUSUNTO
- RT-KORTTI