



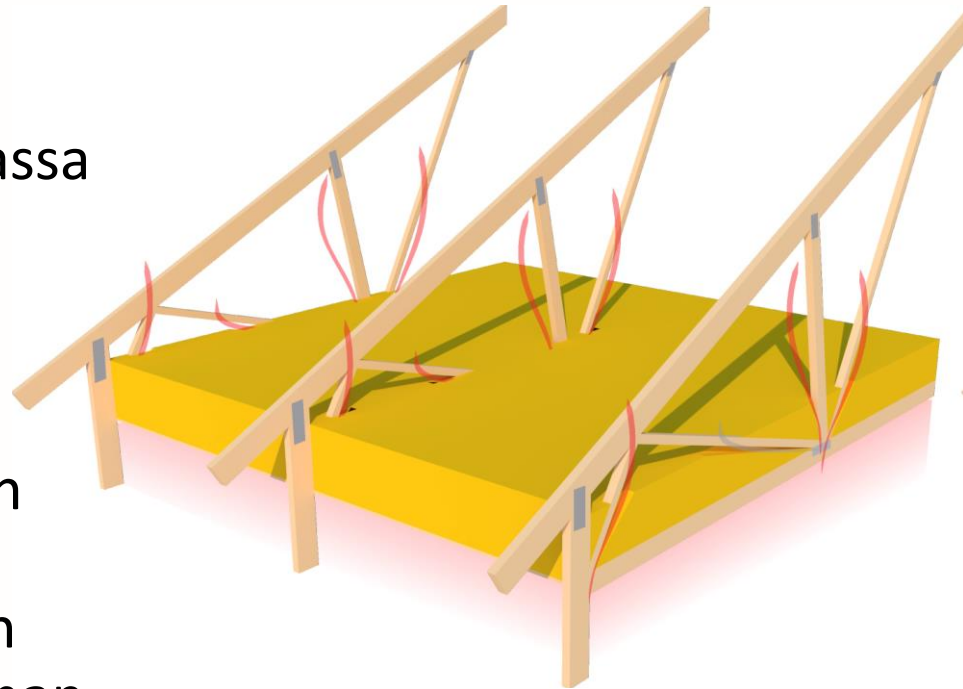
Uusi energiaoptimoitu kattoristikko –
vastaus yläpohjan rakennusfysikaaliseen
ongelmaan

WWW.LASAT.FI

Yläpohjassa on yhteensopivuusongelma

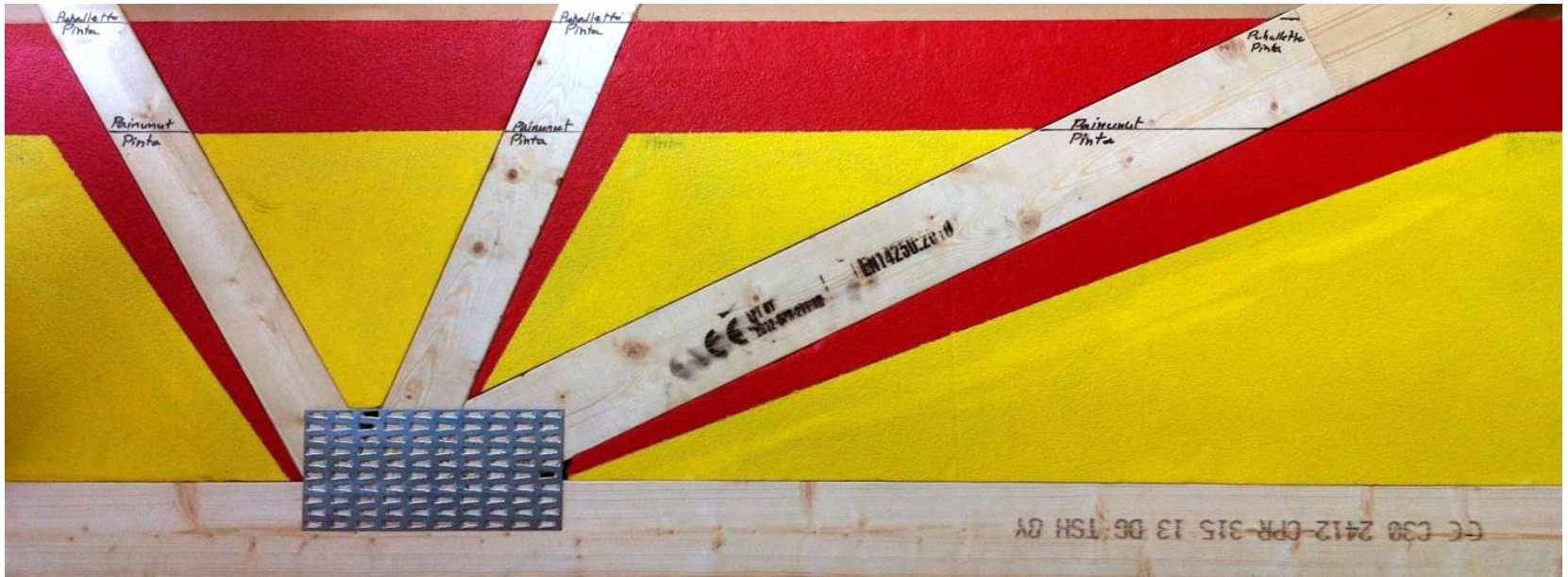
Suomalainen rakentaminen on huippuluokkaa, kotimaiset kattotuolit ja yläpohjassa käytettävät eristeet ovat korkealaatuisia, mutta....

...yläpohjan eristeen luonnollinen painuminen yhdistettynä kattoristikon vinoihin rakenteisiin aiheuttaa yhteensopivuusongelman.



Puhallusvilla painuu 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.



Suurin osa puhallusvillan
painumasta tapahtuu
ensimmäisen vuoden
aikana.

Kuva vuoden ikäisen rivitalon yläpohjasta.

WWW.LASAT.FI

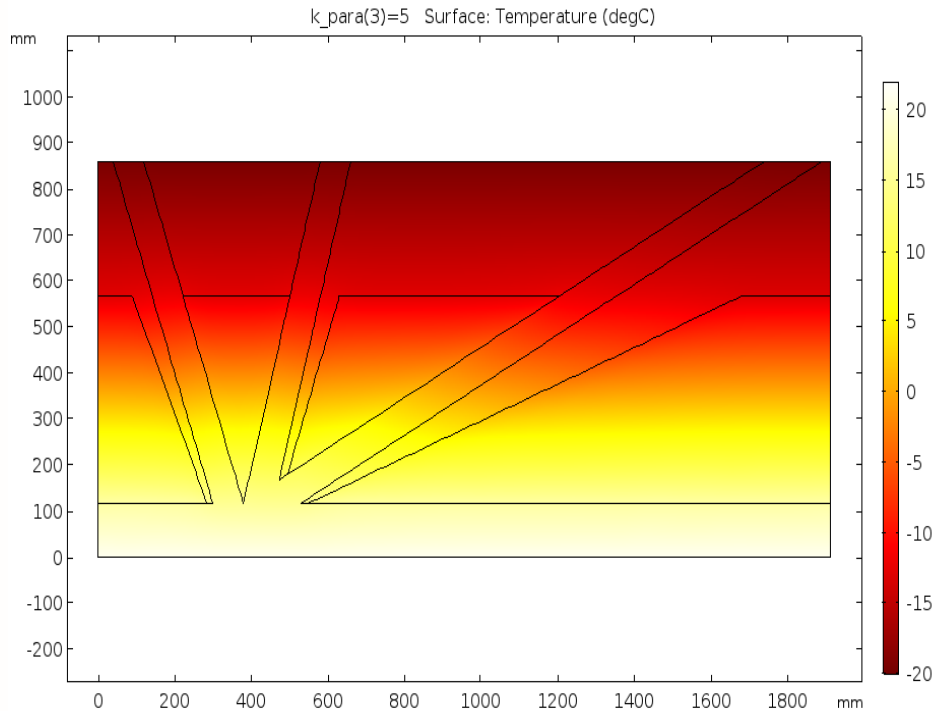
Kylmäsillat aiheuttavat ongelmia

- Jopa 25 %:n energianhukka kattotuolien kohdalle.
- Lisääntynyt riski kosteus- ja homevaurioille.
- Lisääntynyt kondensoitumisriski yläpohjassa.

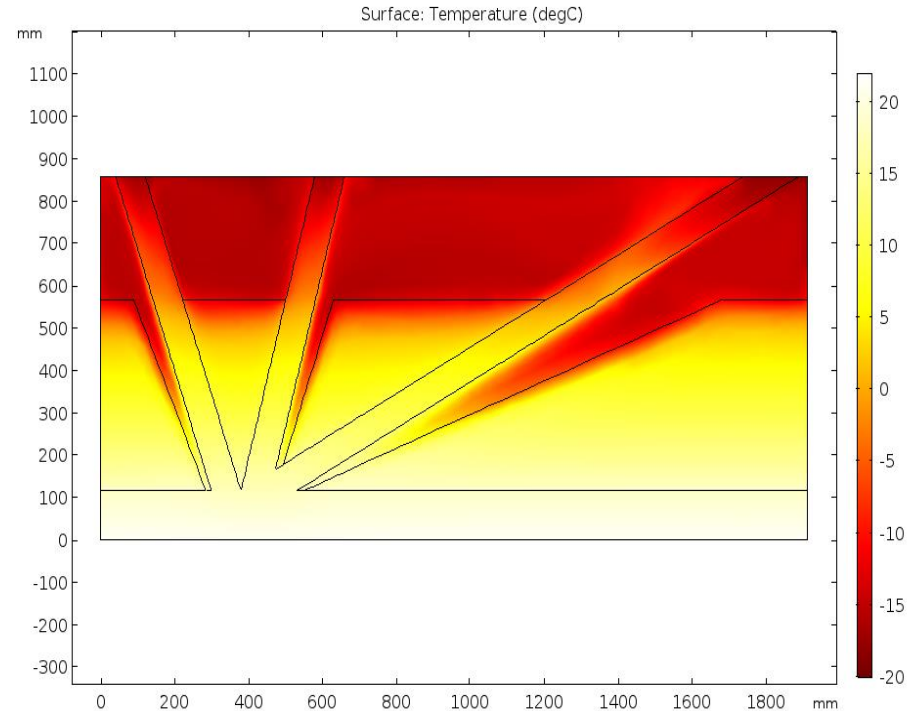
Tutkimukset ja lausunnot

- Comsol Oy: **Puhallusvillan painumisen vaikutus rakennuksen yläpohjan lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan (24.11.2017)**
- Comsol Oy: **LÄSÄ-lämmönsäätäjillä varustettujen kattotuolirakenteiden lämpöhäviön simulointi (13.11.2015)**
- Finnmap Consulting Oy (nyk. Sweco AB): **Yläpohjan sellukuitulämmöneristysten painumisen vaikutus rakenteen kokonaislämmönläpäisyyteen (4.4.2014)**
- Pohjois-Suomen Lämpökuvaus: **Kattoristikoiden vinosauvojen alle muodostuneiden puhallusvilla tunneleiden lämpökuvaus (20.1.2015)**
- Rakennusfysiikan professori, tekniikan tohtori Juha Vinhan lausunto (Tampereen yliopisto, rakennustekniikan laitos).

Lämpötilajakauma

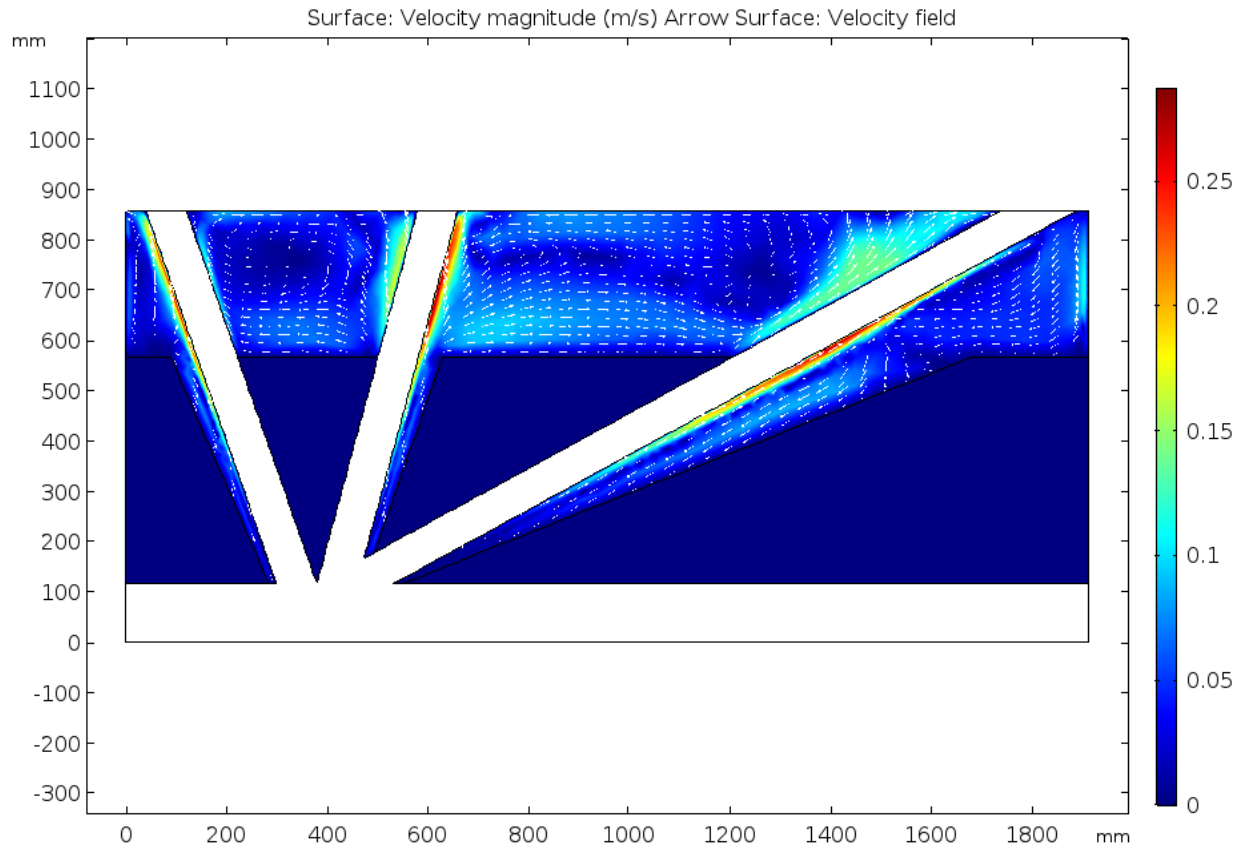


Lämpötilakenttä, kun pelkästään lämmönjohtuminen on huomioitu efektiivisen lämmönsiirtokertoimen avulla.



Lämpötilakenttä, kun konvektio ilmatilassa sekä villassa on laskettu käyttäen virtausyhtälöitä.

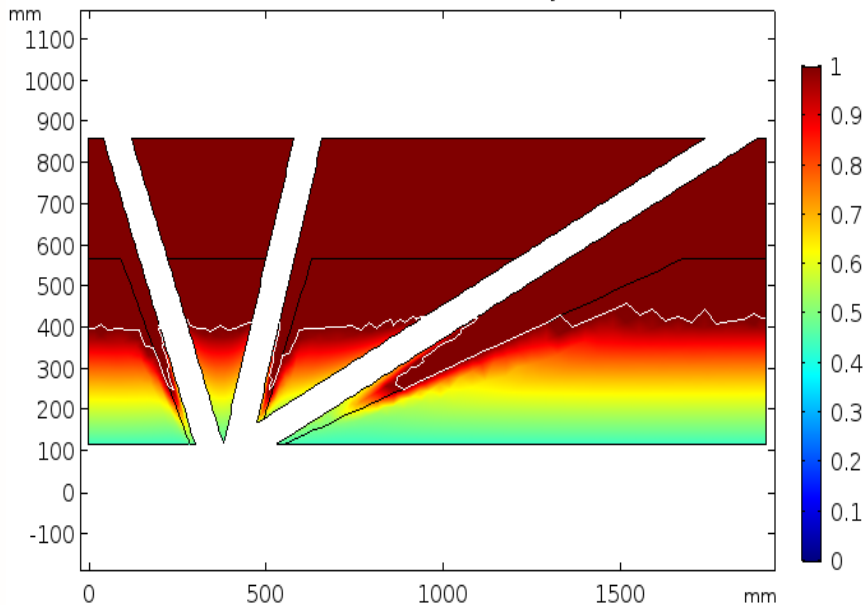
Virtauskenttä



Vinosauvojen alapinnoilla kulkee virtauksia ylöspäin ja paluuvirtaus on kanavan vastakkaisella sivulla.

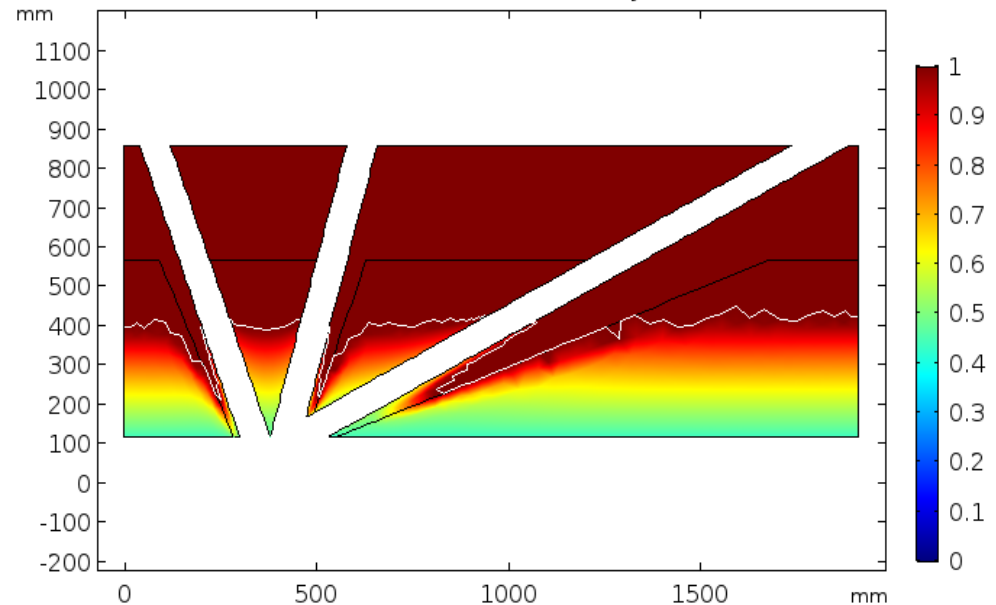
Suhteellinen kosteus

Surface: Relative humidity (1)



Ilma on saturoitunutta eli suhteellinen kosteus on 100 % kaikkialla yläosassa johtuen sen alhaisesta lämpötilasta → jään kasvu vinosauvoihin on mahdollista.

Surface: Relative humidity (1)



Kun sisäilmasta vuotaa lämmintä ilmaa, saturaatiopiste siirtyy hieman alemmaksi, jolloin jään muodostumisriski kasvaa.

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 jätää ja kuuraa (kuva: Pertti Heikkinen).

Rakentajan vastuu kasvaa

Puhallusvillan painumisen aiheuttamat ongelmat ovat olleet tähän saakka talon omistajan vastuulla. Tilanne on kuitenkin muuttumassa.

Yläpohjan rakennusfysikaalisen ongelman mainitsemisesta on menossa ehdotus tulevaan RunkoRYL-julkaisuun. Lisäksi asiaan liittyen on menossa esitys ympäristöministeriön uusiin energiatehokkaan rakentamisen ohjeistuksiin.

Näin ollen vastuu ongelmasta ja sen korjaamisesta tulee siirtymään kuluttajalta rakentajalle. Tämä voi tarkoittaa kalliita lisäpuhalluksia.

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

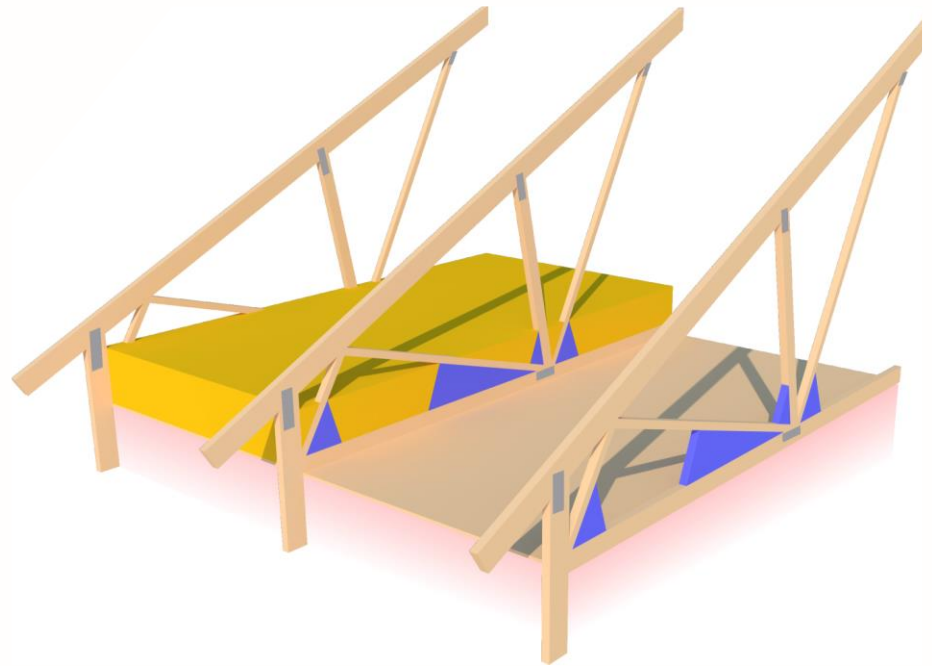
Liiton RIL:n julkaisu:

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

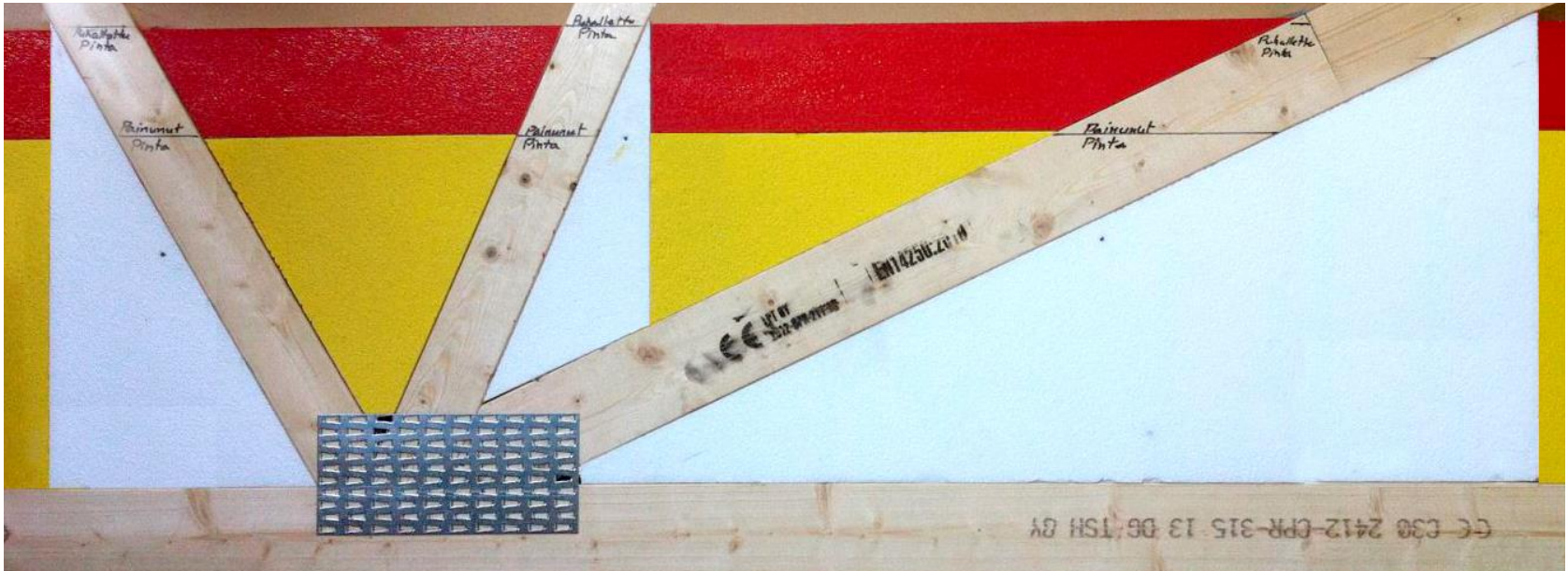
WWW.LASAT.FI

Ratkaisu: energiaoptimoitu kattoristikko

Eristeen painumisesta aiheutuvat riskit ovat ennalta-ehkäistävissä helposti ja kustannustehokkaasti LÄSÄ-lämmönsäästäjäjärjestelmällä eli energiaoptimoiduilla kattoristikkoilla.

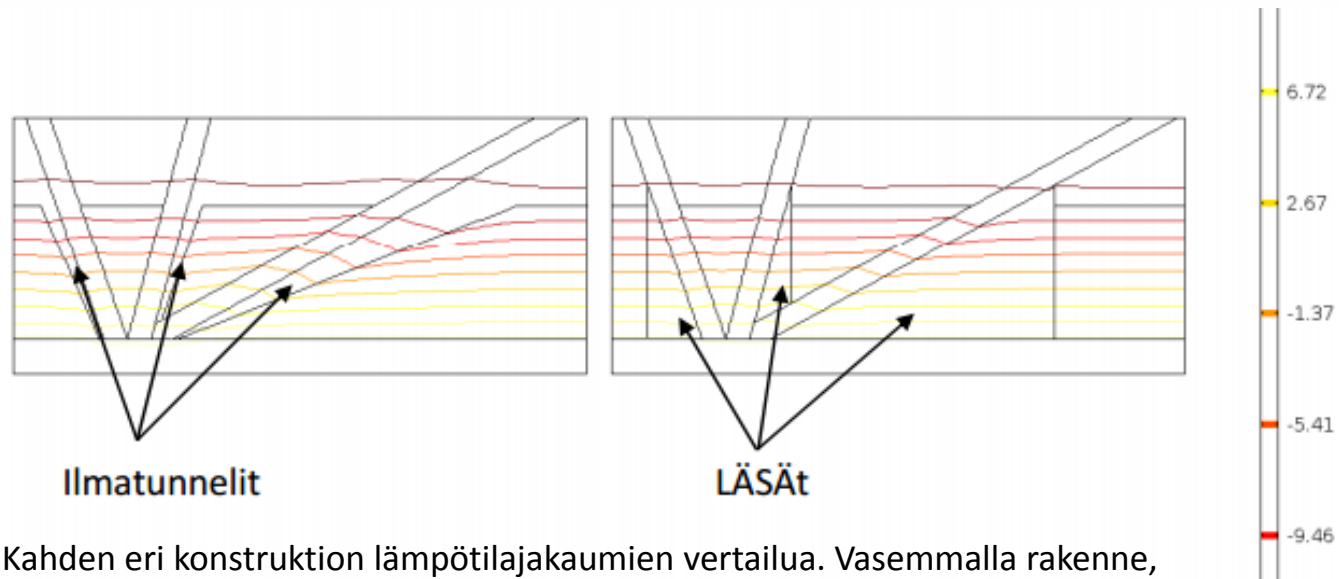


LÄSÄ-järjestelmässä kattoristikoihin asennetaan palosuojatusta S EPS-levystä valmistetut, kiilamaiset eristepalat.



Eristeen painumaa tapahtuu edelleen, mutta nyt eriste painuu LÄSÄ-elementtien pystysuoria pintoja vasten → ei kylmäsiltoja.

**Eristeen painuman ollessa 20 %, saavutetaan
LÄSÄ-järjestelmän avulla 25 %:n energiansäästö kattoristikoiden alueella.**



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

”Lämpöhäviö rakenteessa, jossa on LÄSÄ-lämmönsäästäjät asennettu, on 2 % pienempi kuin rakenteessa, jossa villa on painunut ja ilmatunnelit muodostuneet. Energiansäästö 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

Kattoristikoiden puhallusvii

Finnmap Consulting

Yläpohjan sellukuitulämmönieristuksen painumisen vaiko- konaislämmönläpäsyy

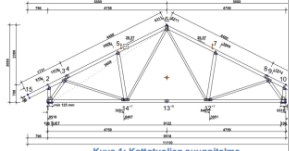
Asiakas: Pahtalaide Oy

Työn sisältö

Selvityksessä tarkasteltiin kosteuden tiivistymisen riskiä yläpohjan kattotuolelle lämmönieristuksen 20 % painumisen vaikutusta energiatehokkuuteen. Laskennalla mitattiin tarkastelualue on määritetty 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 2.



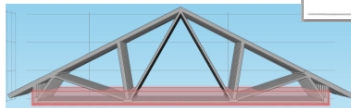
Kuva 1: Kattotuolin suunnitelma

Taulukko 1. Yläpohjarakenteen materiaalien ominaisuudet

Materiaalit	Lämmönjohtavuus W/(mK)	Vesihöyryntäisyys W _v [(kg/m s Pa) * 10 ⁻⁹]
Puu	0,14	2
Naulelevyt	1,2	0,02
Eriste	0,039 (Ekovilla)	
Eriste (painunut)	0,039	
Höyrynsulkuri	1	20 (K-EL 60/2200 Al)
Ilma	0,13	2

Ilman lämmönjohtavuus lämmönieristuksen painumista johtavissa kattotuolimuodoissa on 5-kertainen ilman lämmönjohtavuudessa on konvektio olosuhteissa. Sisa- ja ulkoilman olosuhteet ovat:

- Ulkona (T = -20 °C) ilman kosteussisältö 0,88 g/m³ ja suhteellinen kosteus 60 %
- Sisällä (T = 21 °C) ilman kosteussisältö 5,88 g/m³ ja suhteellinen kosteus 60 %



Kuva 2: Kattotuolin malli, punainen alue = tarkastelualue

LÄSÄ-Lämmönsäätäjät/
Pahkakaide Oy
Sulunperäntie 21
40800 Jyväskylä

LAUSUNTO KATTORISTIKOIN VAIKUTUKSISTA YLÄPOHJAN

Kattoristikoiden ja ilmapuotojen
kosteustekniikan toimintaa

Kattoristikoilla toteutetuissa
puhallusieristetyissä, joilla saadaan
täytettyä helpommin ja tarkem-
min aikojen kuluessa, jolloin vi-
lroissa viinosauvojen alapin-
lämmönieristekerroksen läpi ja hi-

Energiatehokkuusvaatimusten
ilman kasan tapahtuva painuminen
eristekerroksen yläosassa. Tämä
vaikutus on suurempi nykyisissä

Paksujen puhallusieristekerrosten
ilmavirtauksia enemmän kuin
viinosauvojen yhteyteen muod-
syntymistä ja heikentävät myös

Viinosauvojen alapuolelle muodo-
kosteustekniikan toimintaa siinä t
yläpohjan ilman- / höyrynsulussa
näihin ilmatunneleihin. Rakennus-
siirtyä kosteus voi nostaa suht-
alustalle viinosauvojen kohdalla
tunnelin yläosassa ja sulassaasta
Kattoristikoiden reunalla kosteust-
koska nämä liitokset ovat v
lämmönieristuksen vuoksi.

1 (2)
15.4.2015

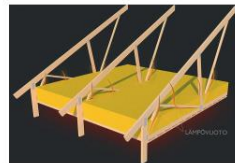
LAUSUNTO 15.4.2015

RT®

Kuuntelija
huhtikuu 2015

1 (2)

LÄSÄ-lämmönsäätäjät kattotuoleihin LÄSÄ-lämmönsäätäjät



ongelma

Kotimaiset kattotuolit ja käytettävät eristeen ovat korkealaatuisia.
Ajon myötä puhallusieristettyä tapaus kuitenkin luonnollista
painumaa - jopa 20 % merkittävästi riippuen. 20 % painuma 450 mm
eristeväluvuonella tarkoittaa 90 mm. Viinosauvojen alle jää näin
kylmät tunnelit, joista vuotaa lämpöä yläpohjan alhaaltaan
energiatappioksi. Jos höyrynsulkuomissa on reikiä niin myös kos-
teus- ja homeongelmien riski kasvaa.

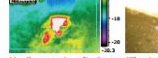
LÄSÄ vähentää lämpövuotoja

Viinosauvan alapuolelle syntyy tunneli puhallusieristeen painu-
nuessa kokoon asennuksen jälkeisinä vuosina. Lämmönsäätäjät
poistavat tuon ongelman kokonaan. Uusia rakennuksia heit
puhallusieristys asennuksen jälkeen energiansäästö on vielä vähä-
nen, mutta ajan kuluessa ja puhallusieristeen painumista säästä
alkaa syntyä yhä enemmän.

Lämpökuvaus -lisätietoa lämpökuvausraportista ja kylmäsi-
lta kouvasta www.lasat.fi

• Kokeen tiedot: Rakennusvuosi 2004, yläpohjan eristeenä sul-
vulla 500 mm

• Yläpohjan viinosauvat olivat n. 40 astetta kuumassa, jolloin pu-
hallusieristeen painumista aiheuttamien tunnelien oli n. 50 mm korkeus



Lämpökuvausraportista lämpökuvausraportista ja kylmäsi-
lta kouvasta www.lasat.fi

• Mittausalueen lämpötila: -17,4 °C

• Mittausalue maks. lämpötila: -1,1 °C

• Mittausalue min. lämpötila: -18,6 °C

Kattotuolin viinosauvan alapuolella viitatuissa tunnelissa on havait-
tasi lämpövuotoja.

LÄSÄ-lämmönsäätäjillä varustettujen kattotuolirakenteiden lämpöhäviön simulointi

13.11.2015

TKT Timo Karvinen

Comsol Oy

Johdanto

Raportissa esitetään lämpösimulointi kattotuolirakenteille, joihin on asennettu LÄSÄ-
lämmönsäätäjät. LÄSÄ-lämmönsäätäjillä varustettujen yläpohjan lämpöhäviöitä on verrattu
tapaukseen, jossa mineraalvilla on painunut ja viinosauvojen alle on syntynyt tunnelia, joista pääsee
vuotamaan ilmaa yläpohjaan.

Simulointimalli

LÄSÄ-lämmönsäätäjien lämpöteknisen toiminnan arvioimiseksi tehtiin simulointimalli, jossa
tarkasteltiin lämmön siirtymistä ssa- ja ulkoilman kanssa kosketuksessa olevien rakenteiden välillä.
Laskentamalli geometria, johon on asennettu LÄSÄ-lämmönsäätäjät, on esitetty kuvassa 1.
Laskentamallista päädyttiin rakentamaan yhden metrin levyinen suike, mikä oletettiin kattotuolin
väliseksi etäisyydeksi. Koko talon yläpohjaa ei ole tarpeen mallintaa lämpöhäviön simuloinnissa ja
erilaisten suunnitteluratkaisujen vertailemiseksi vaan siihen riittää edustava kokonaisuus yläpohjasta,
jossa merkittävimmät ilmiöt on huomioitu. Koko talon lämpöhäviö saataisiin summaamalla yhteen
näiden yksinkertaistettujen elementtien kontribuutiot ja sen lisäksi reunoilta tulisivat mukaan vielä
reunavaikutukset.

Laskentamallin alaosassa (y-koordinaatti) on annettu reunaehtona konvektiivinen lämpövirta
sisäilman olosuhteilla ja mallin yläreunassa lämpövirta ulkoilman olosuhteilla (tulvi, T = -20 °C).
Kaikkia yläpohjan rakenteita ei ole mallinnettu em. syistä, koska niillä ei olisi merkitystä vertailussa
erilaisten konstruktioiden, siis lämpöhäviöä ilman ja LÄSÄ-lämmönsäätäjien kanssa. Laskentamallin
geometria, jossa mineraalvilla on painunut ja viinosauvojen alle on muodostunut tunnelia on esitetty
kuvassa 2.

Simuloinnissa esiintyvälle materiaalille käytettiin yleisesti saatavilla olevia
materiaaliominaisuuksia. Materiaalit olivat mänty, EPS 60 (Thermisol), mineraalvilla ja ilma.

Konvektio ilmatilassa simulointi yksinkertaistettuna siten, että ilman lämmönjohtavuudeksi annettiin
viisikertainen lukuarvo kuvaamaan tehollista lämmönsiirtymistä ja virtausta sekä
lämmönsiirtöyhtälön advektiotermiä ei sisällytetty simulointiin. Menetelmä on todettu erittäin
tarkaksi tämän tyyppisissä sovelluksissa. Myös ilman virtauksen vaikutus lämmönsiirtoon
mineraalivillan huokosissa on useissa tutkimuksissa osoitettu merkitykselliseksi näin matalissa
rakenteissa, joten tämäkin ilmiö jätettiin huomioimatta laskentamallissa.

Simulointi tehtiin COMSOL Multiphysics -ohjelman versioilla 5.1.

1

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

WWW.LASAT.FI

Energiaoptimoidun kattoristikon tutkitut hyödyt

- Talon yläpohjan lämmöneristys optimoidaan eli energiahukka pienenee.
- Kallista eristevillan lisäpuhallusta ei enää tarvita.
- Kosteus- ja homevaurioriski pienenee.
- Edullinen toteuttaa (eriste-elementit maksavat kattotuoleihin asennettuna n. 500–600 €).
- 10 vuodessa saadaan n. 2 000 € säästöt (energiasäästö, lisäpuhallus).

Esimerkki: hirsitaloteollisuus

Hirsitaloteollisuudessa on onnistuttu kehittämään ratkaisuja, joilla seinien energianhukka on saatu minimoitua.

Tämä tarkoittaa sitä, että energiatehokkuutta täytyy hakea sieltä mistä sitä vielä irtoaa: ala- ja yläpohjasta.

Uudella energiaoptimoidulla kattoristikolla on helppo saavuttaa n. 2 %:n energiansäästö koko yläpohjassa.

Uusi energiaoptimoitu kattoristikko käytännössä

- Talotehdas tarjoaa kuluttajalle energiatehokkaampaa ja turvallisempaa talopakettia.
- Talotehdas tilaa kattotuolivalmistajalta energiaoptimoidut kattoristikot kuluttajan tilauksen mukaan.
- Kattotuolivalmistaja toimittaa ristikot rakennuspaikalle kuten ennenkin.

→ Kuluttajilla on ensimmäistä kertaa mahdollisuus päättää, että haluavatko he talonsa yläpohjaan rakennusfysikaalisen ongelman vai ennaltaehkäistäänkö ongelma energioptimoidulla ristikolla.

”Laitetaanko teille nämä uudet energioptimoidut ristikot, joilla ennaltaehkäistään kosteus- ja homevaurioriskiä sekä lämmönhukkaa? Ne säästävät hintansa takaisin muutamassa vuodessa.”

Kiitos ajastanne!

Lasse Laulainen

lasse@lasat.fi

0400 589603

LÄSÄ Lämmönsäästäjät Oy

WWW.LASAT.FI