

LÄSÄ-lämmönsäästäjillä varustettujen kattotuolirakenteiden lämpöhäviön simulointi

13.11.2015

TkT Timo Karvinen

Comsol Oy

Johdanto

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

Simulointimalli

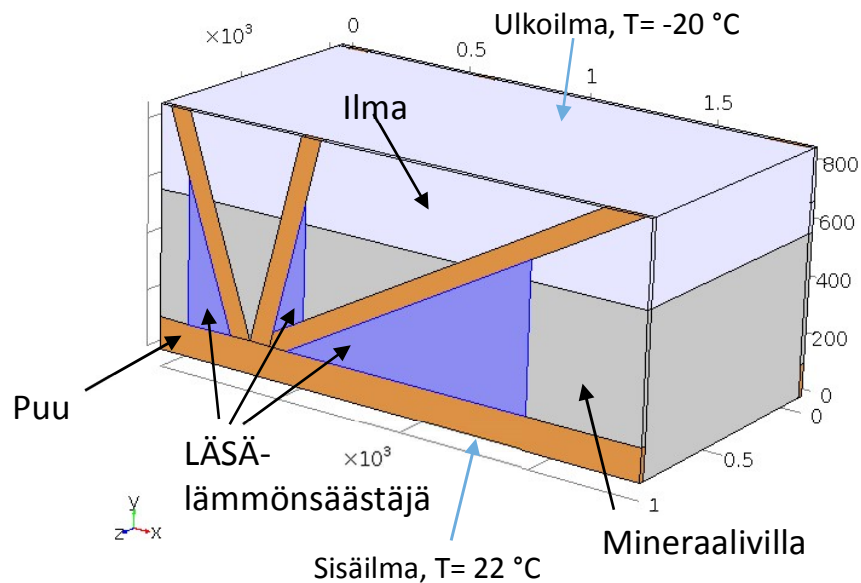
LÄSÄ-lämmönsäästäjien lämpötekni- sen toiminnan arvioimiseksi tehtiin simulointimalli, jossa tarkasteltiin lämmön siirtymistä sisä- ja ulkoilman kanssa kosketuksissa olevien rakenteiden välillä. Laskentamallin geometria, johon on asennettu LÄSÄ-lämmönsäästäjät, on esitetty kuvassa 1. Laskentamallista päädyttiin rakentamaan yhden metrin levyinen suikale, mikä oletettiin kattotuolien väliseksi etäisyydeksi. Koko talon yläpohjaa ei ole tarpeen mallintaa lämpöhäviön simuloimiseksi 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 reunoilla tulisivat mukaan vielä reunavaikutukset.

Laskentamallin alaosassa (y-koordinaatti) on annettu reunaehtona konvektiivinen lämpövirta sisäilman olosuhteilla ja mallin yläreunassa lämpövirta ulkoilman olosuhteilla (talvi, $T = -20\text{ °C}$). Kaikkia yläpohjan rakenteita ei ole mallinnettu em. syistä, koska niillä ei olisi merkitystä vertailtaessa erilaisia konstruktioita, siis lämpöhäviötä ilman ja LÄSÄ-lämmönsäästäjien kanssa. Laskentamallin geometria, jossa mineraalivilla on painunut ja vinosauvojen alle on muodustunut tunneleita on esitetty kuvassa 2.

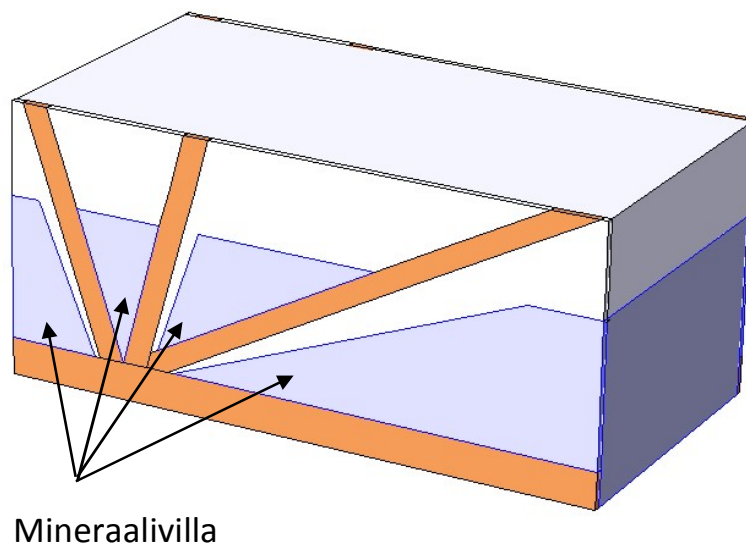
Simuloinnissa esiintyville materiaaleille käytettiin yleisesti saatavilla olevia materiaaliominaisuuksia. Materiaalit olivat mänty, EPS 60 (Thermisol), mineraalivilla ja ilma.

Konvektio ilmatilassa simuloitiin yksinkertaistettuna siten, että ilman lämmönjohtavuudeksi annettiin viisinkertainen lukuarvo kuvaamaan tehollista lämmönsiirtymistä ja virtausta sekä lämmönsiirtoyhtälön advektio-termiä ei sisällytetty simulointiin. Menetelmä on todettu erittäin tarkaksi tämän tyyppisissä sovelluksissa. Myös ilman virtauksen vaikutus lämmönsiirtoon mineraalivillan huokosissa on useissa tutkimuksissa osoitettu merkityksettömäksi näin matalissa rakenteissa, joten tämäkin ilmiö jätettiin huomioimatta laskentamallissa.

Simulointi tehtiin COMSOL Multiphysics –ohjelman versiolla 5.1.



Kuva 1. Laskentamallin geometria, jossa LÄSÄ-lämmönsäästäjät (sininen väri) on asennettu vinosauvojen alle. Kuvan mitat millimetreinä.

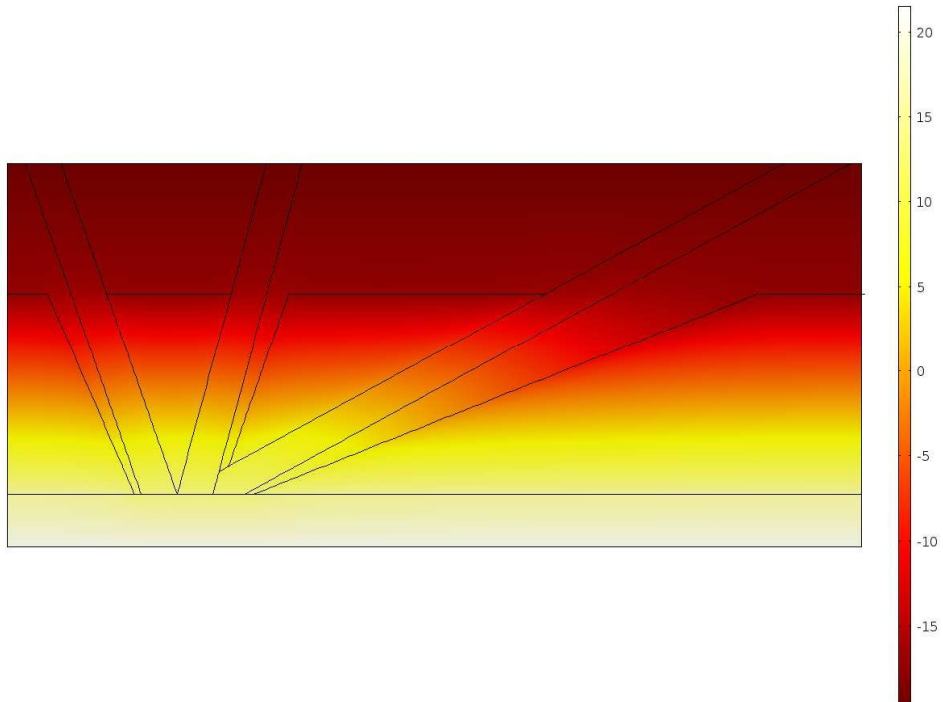


Kuva 2. Laskentamallin geometria, jossa näkyvät villan painumisen seurauksena syntyneet ilmatunnelit.

Tulokset

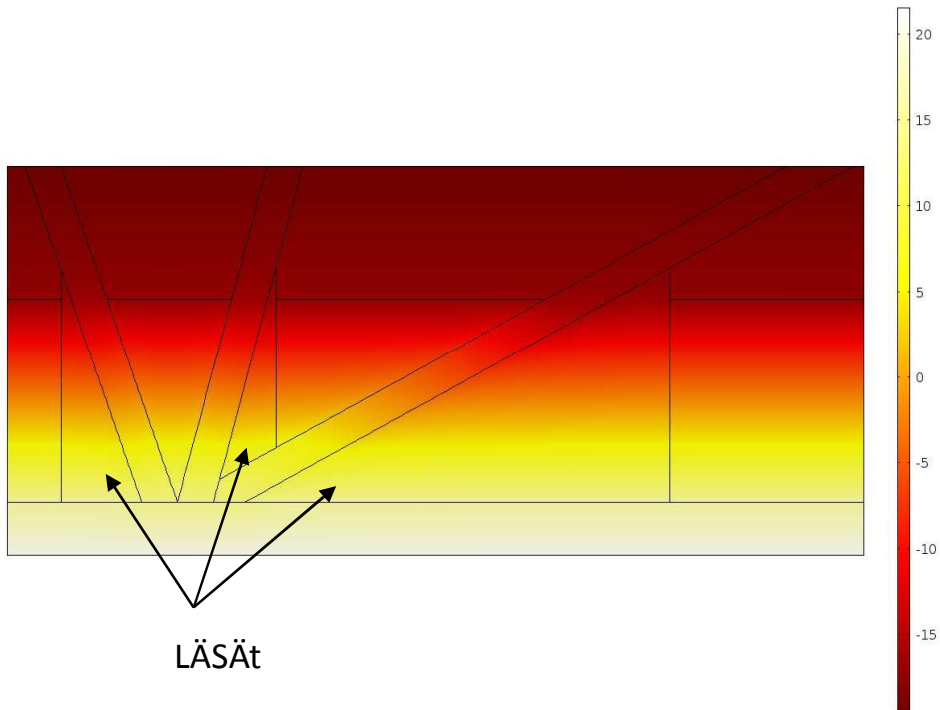
Kuvissa 3-4 on esitetty lämpötilajakaumat. Kuvassa 5 on verrattu kahden eri konstruktion tuloksia käyttäen isotermejä. Kuvasta nähdään miten ilmatunneleissa matalamman lämpötilan isotermit tunkeutuvat sisemmälle (alemmas) rakenteessa mikä on merkki lämpövuodosta.

Surface: Temperature (degC)

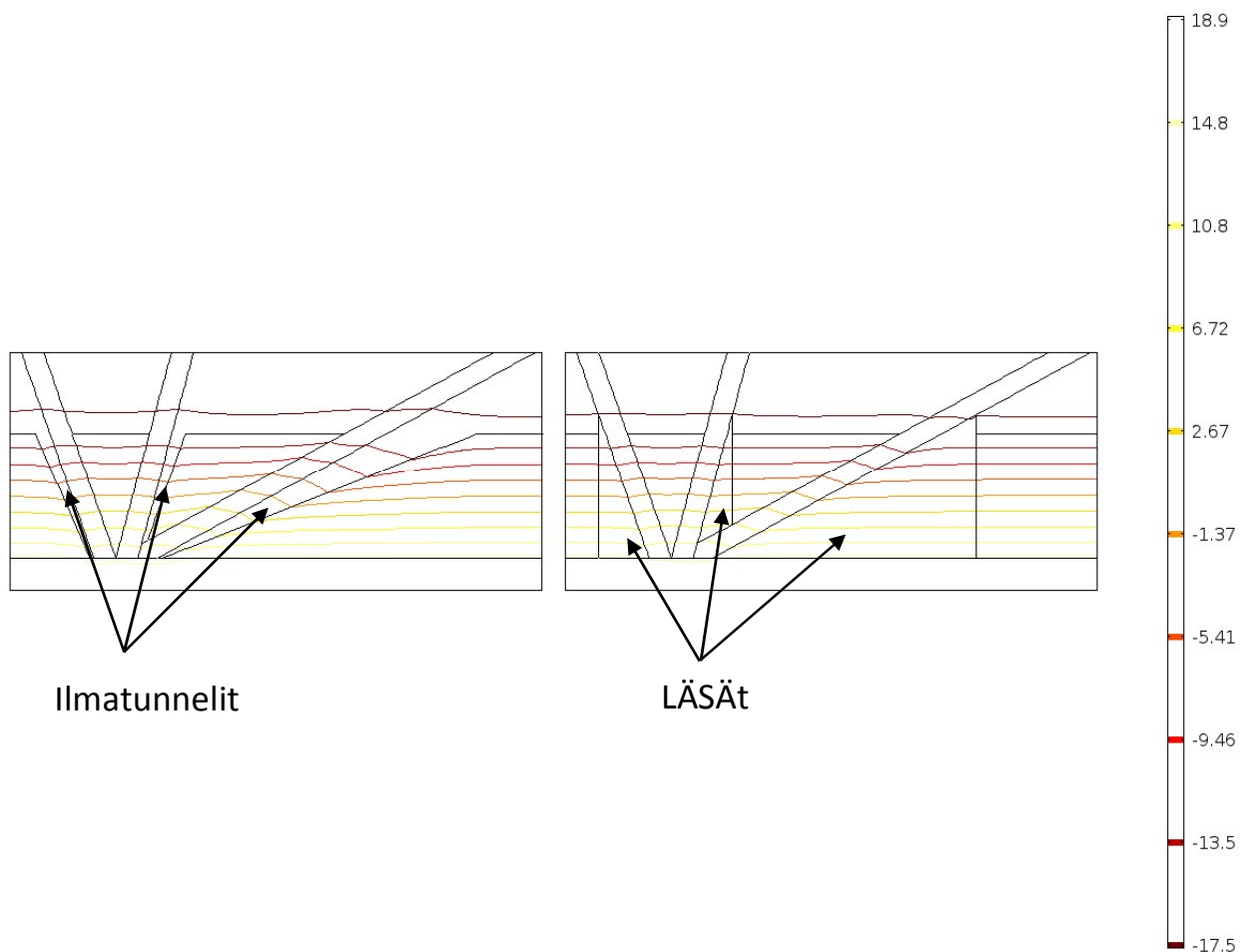


Kuva 3. Lämpötilajakauma, ilmatunnelit.

Surface: Temperature (degC)



Kuva 4. Lämpötilajakauma, LÄSÄ-lämmönsäästäjät.



Kuva 5. Kahden eri konstruktion lämpötilajakaumien vertailua. Vasemmalla rakenne, jossa villa on painunut, oikealla LÄSÄt asennettu.

Lämpöhäviö rakenteissa

Ilmatunnelit 5.47 W

LÄSÄ-lämmönsäästäjät 5.36 W

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.

Jos tarkastellaan pelkkää kaksiulotteista poikkileikkausta (missä pintaa vastaan kohtisuora dimensio on äärettömän levyinen), lämpöhäviö rakenteen läpi, jossa on ilmatunnelit, on 9.12 W/m. LÄSÄ-lämmönsäästäjät asennettuna lämpövirta on 7.30 W/m. LÄSÄ-lämmönsäästäjillä saavutettava

energiansäästö olisi paikallisesti 25 %. Talossa, jossa on 20 kpl kattotuoleja (leveys 42 mm), lämpöhäviö kattotuolien kohdalta olisi 153 W tilanteessa, missä on ilmatunnelit. LÄSÄlämmönsäästäjät asennettuna lämpöhäviö on 123 W.

Kattotuolirakenteet ovat kuitenkin ohuita verrattuna koko rakenteeseen ja kattotuolien välissä olevan ehjän villapatjan vaikutus dominioi koko yläpohjan läpi menevää lämpövirtaa, mistä aiheutuu koko rakenteessa saavutettava 2 % energiansäästö.

Yhteenveto

Raportissa esitettiin lämmönsiirtoanalyysi rakennuksen yläpohjan kattotuolirakenteille. Vertailtavina oli kaksi tapausta. Ensimmäisenä oli konstruktio, jossa vinosauvojen alapintoihin on syntynyt ilmatunneleita. Toisena tapauksena simuloitiin konstruktio, jossa vinosauvojen alle on asetettu LÄSÄ-lämmönsäästäjäelementit. Laskentatulosten perusteella voidaan todeta, että LÄSÄlämmönsäästäjiä käyttämällä lämpöhäviö yläpohjan läpi pienenee 2 %, mikä tarkoittaa rahallista säästöä lämmityskuluissa.