



TERMA-PROJEKTI: ENERGIANSÄÄSTÖÄ TERMISTÄ MASSAA AKTIIVISESTI HYÖDYNTÄMÄLLÄ

Jouni Punkki, tekniikan tohtori,
elinkaari-insinööri, Parma Oy

Parma kehittää rakenteiden termisen massan hyödyntämistä käynnissä olevassa Terma-projektissa. Projekti on jatkoa kehityshankkeille, joissa talotekniikkaa on integroitu ontelolaatastoon. Aikaisemmissa projekteissa ontelolaatastoa on hyödynnetty pääsääntöisesti asennustilana tai kanavana, mutta Terma-projektissa tavoitellaan merkittävää säästöä energiankulutukseen. Lisäksi talotekniikkaa yksinkertaistamalla saavutetaan säästöjä rakentamisvaiheessa ja lisäksi rakennuksen muuntojoustavuus- sekä esteettiset ominaisuudet paranevat.

Terma-projektin lähtökohtana on rakenteiden termisen massan aktiivinen hyödyntäminen. Massiiviset rakenteet varaavat luonnostaan lämpöä tai viileyttä ja tätä kutsutaan termisen massan passiiviseksi hyödyntämiseksi. Aktiiviseksi hyödyntäminen muuttuu silloin, kun ylimääräistä lämpöä tai viileyttä siirretään ja varastoidaan tarkoituksenmukaiseen paikkaan. Aktiivisella hyödyntämisellä saavutetaan selkeästi passiivista vaihtoehtoa suurempi hyöty.

TERMISEN MASSA PASSIIVINEN VAIKUTUS

Vaikka Terma-projekti tähtää termisen massan aktiiviseen hyödyntämiseen, tutkittiin projektissa myös termisen massan passiivisen hyödyntämisen vaikutus energian kulutukseen. Samalla tutkittiin myös vaipan ilmatiiveyden sekä vaipan lämmöneristävyyden vaikutukset. Laskelmat teki Insinööri-toimisto *Olof Granlund Oy*.

Laskenta suoritettiin RIUSKA-energiasimulointiohjelmalla määrittämällä ensin tilojen tarvittavat jäähdytystehot ja tämän jälkeen määrittämällä rakennuksen lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukset ja tarvittavat tehot Helsingin ilmasto-olosuhteissa esimerkkitoimistorakennukselle (LVIS-2000 tyyppitoimistorakennus). Laskenta suoritettiin kahdeksalletoista eri laskentatapaukselle kolmella massiivisuustasolla (kevyt, keskiraskas ja raskas) ja kolmella eri ilmanvuotoluovulla ($n_{50}=1$ 1/h, $n_{50}=2,5$ 1/h ja $n_{50}=5$ 1/h) normaalille ja matalaenergiatoimistorakennukselle. Toimistorakennuksen ollessa tarkasteltavana on ymmärrettävää, etteivät kovin kevytrakenteiset ratkaisut tule kysymykseen. Massiivisuuden vaikutus energiankulutukseen on esitetty taulukossa 1 ja vaipan tiiveyden vaikutus taulukossa 2.

Termisen massan passiivisella hyödyntämisellä saavutetaan laskelmien mukaan 4...7% säästö lämmitysenergian kulutuksessa riippuen hieman vaipan lämmöneristävyydestä sekä vaipan ilmatiiveydestä. Tämä on varsin hyvin sopusoinnussa kirjallisuudessa esitettyjen arvojen kanssa. Jatkossa termisen mas-

Taulukko 1. Vaikutukset energiankulutuksessa siirryttäessä kevyestä raskaaseen rakennukseen.

Rakennus	Ilmanvuotoluku	Lämmitysenergia	Puhallinenergia	Jäähdytysenergia
Normaali tsto-rak.	$n_{50} = 1,0$	-5%	+3%	-45%
	$n_{50} = 2,5$	-5%	+3%	-44%
	$n_{50} = 5,0$	-4%	+3%	-42%
Matala-energia tsto-rak.	$n_{50} = 1,0$	-7%	+3%	-52%
	$n_{50} = 2,5$	-6%	+4%	-51%
	$n_{50} = 5,0$	-5%	+3%	-46%

Taulukko 2. Vaikutukset energiankulutuksessa siirryttäessä tiiviistä ($n_{50} = 1,0$) "harvaan" ($n_{50} = 5,0$) rakennukseen.

Rakennus	Massiivisuus	Lämmitysenergia	Puhallinenergia	Jäähdytysenergia
Normaali tsto-rak.	kevyt	27%	-1%	-12%
	keskiraskas	26%	-2%	-11%
	raskas	28%	-2%	-11%
Matala-energia tsto-rak.	kevyt	32%	-1%	-21%
	keskiraskas	33%	-2%	-16%
	raskas	33%	-2%	-16%

san hyöty edelleen korostuu vaipan lämmöneristävyyden parantuessa. Jäähdytysenergian kulutusta termisen massa vähentää laskelmien mukaan 42...52%. Lämmitys- ja jäähdytysenergiankulutuksia verrattaessa on kuitenkin otettava huomioon jäähdytysenergian pieni osuus kokonaisenergian kulutuksesta (alle 10%). Siten euromääräinen säästö lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutuksissa oli samaa suuruusluokkaa. Laskentaesimerkkien kokonaisenergiankulutukset vaihtelivat välillä 13800...23500 €/a (6715 m²). Kokonaisenergiankulutus ei sisällä valaistusta eikä muita sähkölaitteita. Jäähdytysenergian osuuteen vaikuttaa olennaisesti julkisivurakenteet sekä rakennuksen sisäiset lämpökuormat. Pahimmillaan jäähdytysenergian kulutus voi Suomessakin ylittää lämmitysenergian kulutuksen.

Vaipan ilmatiiveydellä on jopa massiivisuutta suurempi vaikutus rakennuksen energiankulutukseen. Siirryttäessä "harvasta" tiiviiseen rakennukseen saavutetaan noin 30%:n säästö lämmitysenergian kulutuksessa. Alhaisimpaan energian kulutukseen päästään massiivisilla, ilmatiiveillä ja hyvin eristetyillä rakenteilla.

TERMISEN MASSAN AKTIIVINEN HYÖDYNTÄMINEN

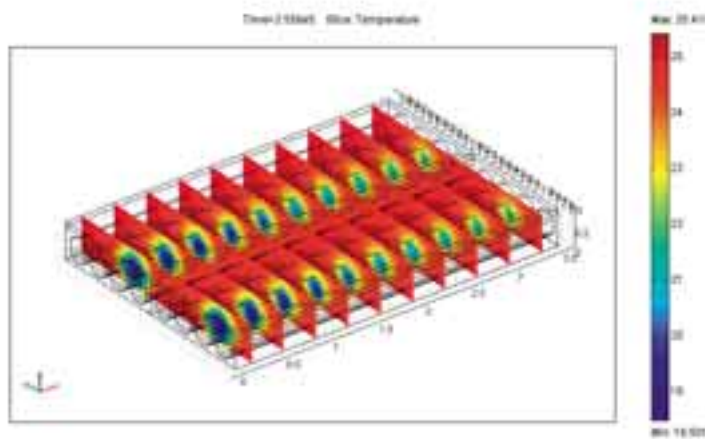
Ontelolaatta on erinomainen tuote rakenteiden ter-

misen massan aktiivisessa hyödyntämisessä. Hyödyntämällä onteloita ilmanvaihtokanavana voidaan ontelolaatasta jäähdyttää yöaikaan yöilmaa ja siten olennaisesti vähentää rakennuksen jäähdytystarvetta. Ilmanvaihtoputkien jäädessä pois alakatosta paranevat samalla tilan esteettiset ominaisuudet sekä myös rakennuksen muuntojoustavuus.

Terma-projektissa on tutkittu ontelolaatan lämpöteknistä käyttäytymistä sekä laskennallisesti että kokeellisesti. Insinööri-toimisto *Olof Granlund Oy* on tehnyt laskentaa dynaamisesti FEMLAB-multifysiikkaohjelmalla mallintamalla ontelolaatan lämpötilajakaamaa. Kokeelliset täysmittakaavaiset mittaukset on tehty *VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan* toimesta. Kuvassa 1 on esitetty esimerkki ontelolaatan lämpötilajakaumasta johdottaessa ontelolaattaan viileää yöilmaa.

FEMLAB-analyysejä käyttäen on laskettu myös sisäilman lämpötilat eri olosuhteissa. Laskelmat on tehty LVIS-2000 tyyppitoimistorakennuksen etelän- ja pohjoisen puoleisille toimistohuoneille (3,5 * 2,6 = 9,1 m²). Sisäiset ja ulkoiset lämpökuormat on laskettu RIUSKA-energiasimulointiohjelmalla käyttäen lähtötietoina tyyppillisiä toimistohuoneen käyttötapoja. Laskennassa muuttujina ovat olleet mm.:

- huoneen ilmasuunta (etelä / pohjoinen)
- tuloilmakanavana hyödynnettävien onteloiden



1

lukumäärä (0-2 kpl / ontelolaatta)

– tuloilmavirta (2...8 dm³/s m²)

– tuloilman jäähdytys (ei jäädytystä / jäähdytys päivällä 18 °C:een / jäähdytys päivällä 20 °C:een).

Kuvassa 2 on esitetty sisäilman lämpötilajakauma neljällä eri laskentavaihtoehdolla. Laskenta-ajan kohtana on kesäajan maksimilämpötila.

Tuloilman johtaminen ontelolaataston kautta alentaa sisäilman lämpötilaa 1...3 °C riippuen tuloilmavirran määrästä. Maksimisisälämpötila alenee edelleen, mikäli päiväsaikaan tuloilma tarvittaessa jäähdytetään +18 °C:een. Kolmessa ensimmäisessä tapauksessa ei käytetä laisinkaan koneellista jäähdytystä, viimeksi mainitussa tapauksessa jäähdytysenergiankulutus vähenee verrattuna nykykäytäntöön. Kulutuslaskelmat lämmitys- ja jäähdytysenergian osalta valmistuvat lopullisesti kesän 2006 aikana.

TERMISEN MASSAN HYÖDYNTÄMINEN

Terma-projektin lähtökohtana on ollut alentaa rakennusten energiankulutusta erityisesti jäähdytysenergian osalta. Samalla vähennetään rakentamiskustannuksia nimenomaan jäähdytyslaitteiston osalta. Lisäksi parannetaan sisäilmaston laatua taasaamalla lämpötilahuippuja. Merkittäviä ovat myös muutokset esteettisiin sekä muuntojoustavuusominaisuuksiin ilmanvaihtokanavien jäädessä tarpeettomiksi.

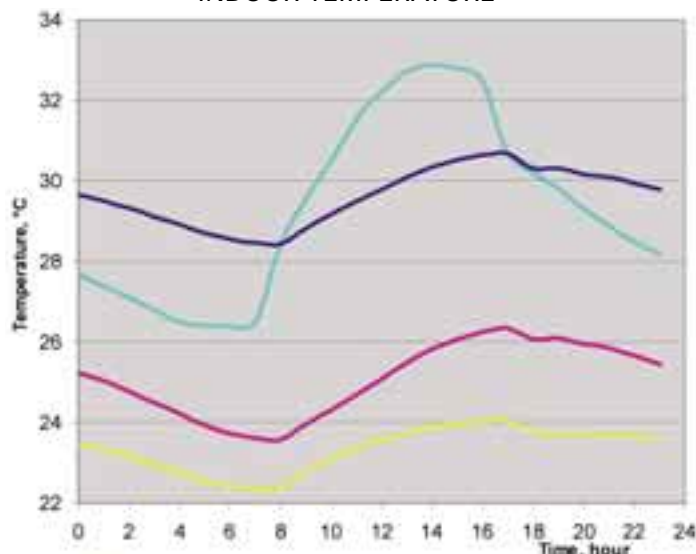
Laskentatulosten perusteella voidaan arvioida, että Sisäilmaston termiseen laatuluokkaan S2...S3 päästään kokonaan ilman koneellista jäähdytystä. Ilmastointi hoidetaan tällöin pelkällä ilmalla, toimistohuoneiden ilmanvaihto on kaksinkertainen raitisilmatarpeeseen verrattuna.

Sisäilmaston termiseen laatuluokkaan S1...S2 päästään käyttämällä koneellista jäähdytystä tuloilmassa. Normaali tilanteeseen verrattuna tarvitaan pienempitehoinen jäähdytyskone. Myös tässä tapauksessa ilmastointi hoidetaan pelkällä ilmalla käyttäen kaksinkertaista ilmanvaihtoa verrattuna raitisilmatarpeeseen.

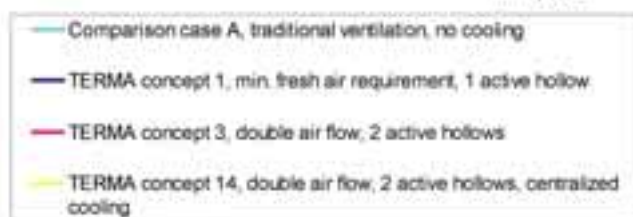
Sisäilmaston terminen laatuluokka S1 varmistetaan koneellisella jäähdytyksellä tuloilmassa sekä lisäksi tilakohtaisella jäähdytyksellä. Toimistohuoneissa lisäjäähdytys on n. 20 W/m².

Ontelolaataston hyödyntäminen tuloilmakanavana antaa runsaasti vaihtoehtoja termisen massan aktiiviseen hyödyntämiseen. Parhaimmillaan voidaan koneellisesta jäähdytyksestä luopua kokonaan ja siten säästöt sekä rakentamis- että käyttö-

INDOOR TEMPERATURE



2



3

vaiheessa ovat huomattavat. Näin voidaan päästä sisäilmaston termisiin laatuluokkiin S3 ja jopa S2 riippuen hieman rakennuksen käytöstä ja kuormituksesta. S1 luokka vaatii koneellista jäähdytystä, mutta tällöinkin rakenteiden termistä massaa hyödyntämällä saavutetaan merkittäviä säästöjä sekä rakentamis- että käyttövaiheessa. Kaiken kaikkiaan rakenteiden termisen massan hyödyntäminen on erittäin kustannustehokas tapa vähentää rakennusten lämmitys- ja jäähdytysenergiankulutusta.

1 FEMLAB-analyysin avulla laskettu ontelolaatan lämpötilajakauma jäädytettäessä ontelolaatosta yöllä.

2 Toimistohuoneen kesäajan maksimi sisälämpötilat eri laskentatapauksissa.

3 Hyödyntämällä ontelolaatosta ilmanvaihtokanavana päästään eroon näkyvistä ilmastointiputkista. Terma-järjestelmä mahdollistaa myös lämmityspattereista luopumisen.