



1

RAKENNUKSEN MASSAN VAIKUTUS ENERGIATEHOKKUUTEEN

*Timo Kalema, professori
Tampereen teknillinen yliopisto*

TAUSTAA

Rakennusten energiatehokkuus on energiatehokkuusdirektiivin mukana tullut käsite. Sitä ei ole määritelty tarkasti direktiivissä vaan se voidaan määrittää kansallisesti. Yleensä sillä tarkoitetaan rakennuksen lämmityksen ja jäähdytyksen kokonaisenergian kulutusta laskettuna lattia-pinta-alaa kohti ottaen huomioon myös lämmityksen ja jäähdytyksen apulaitteiden sähkönkulutus. Rakennusten lämmöneristystason paraneminen ja järjestelmien tulo monimutkaisemmiksi ovat aiheuttaneet sen, että energiatehokkuudessa myös jäähdytys ja sähkönkulutus ovat merkittäviä tekijöitä.

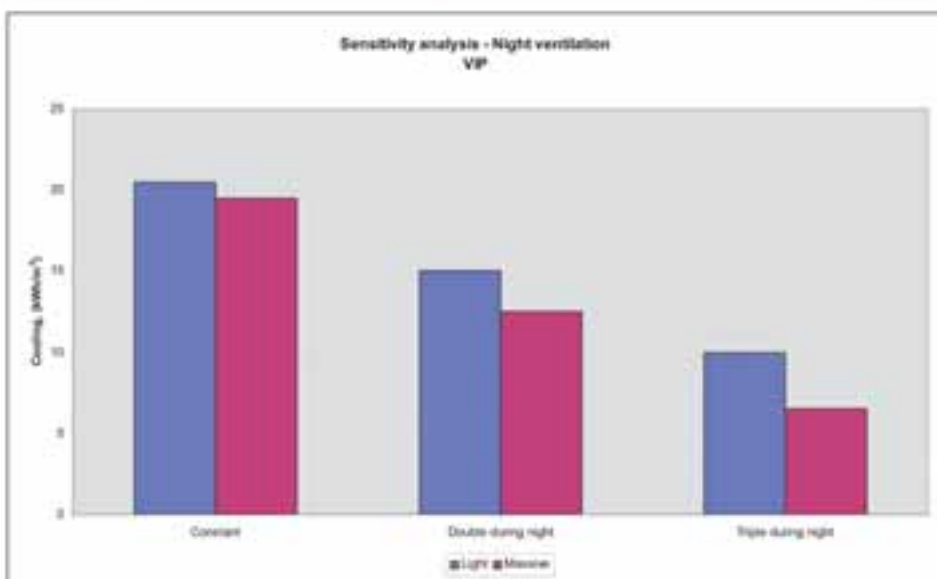
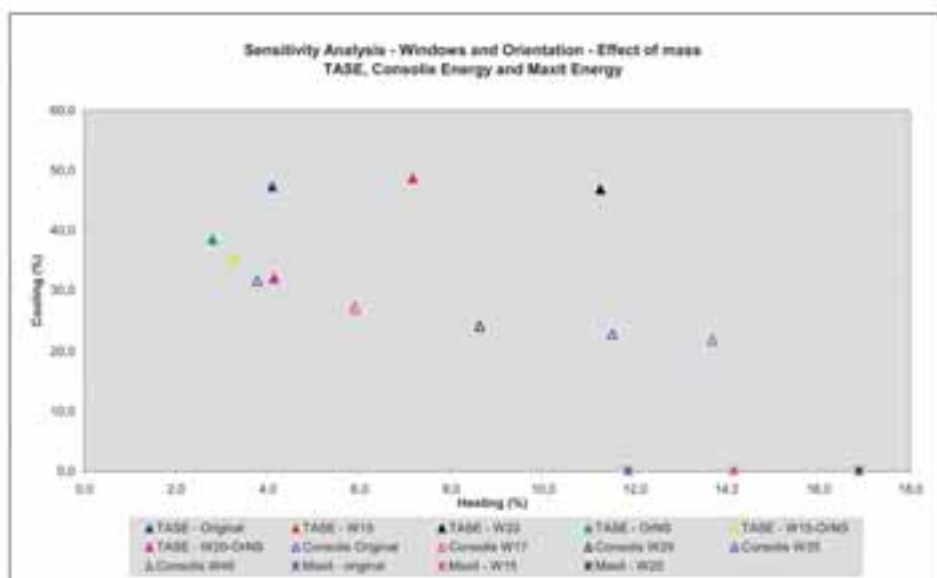
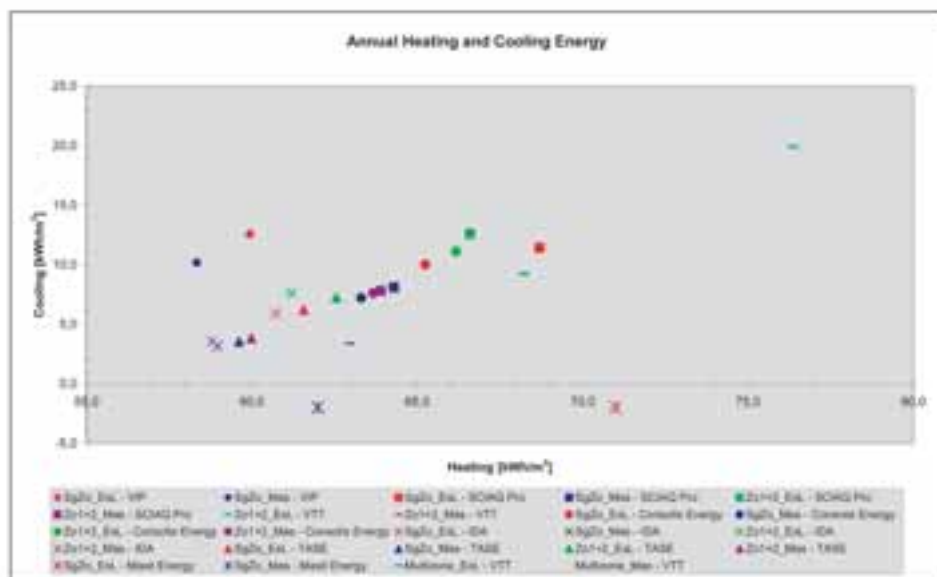
Rakennusten lämpökapasiteetin eli massan vaikutusta alettiin tutkia 1970-luvulla, kun rakennusten lämpöteknisiä simulointimalleja tuli käyttöön.

Silloin kiinnostus oli lähinnä siinä, miten paljon lämpökapasiteetin avulla voidaan säästää lämmitysenergiaa. Lämpökapasiteetin merkitys on nousut uudelleen esille siksi, että rakennusten energiatehokkuusdirektiivi vaatii energiankulutuksen laskemisen. Energiankulutus lasketaan sekä rakennuksen suunnitteluvaiheessa että myös rakennuksen energiatodistusta varten. Kun tällainen viranomaisen vaatima laskelma joudutaan tekemään, on tietysti mielenkiintoista ja tärkeää, mitä tekijöitä ja millä tavalla laskennassa otetaan huomioon. Ne tekijät, jotka otetaan suunnittelulaskennassa huomioon, ohjaavat osaltaan rakennuksen suunnittelua.

Rakennusten lämpökapasiteetin merkitys energiankulutukseen on tunnettu jo kauan. Aiemmin massiivisten rakenteiden energiansäästökyky otettiin

1

Kun tutkimuksessa verrattiin keveintä ja raskainta pientalovaihtoehtoa, massiivisuus pienensi lämmitysenergian kulutusta noin 4 % ja jäähdytysenergiankulutusta noin 40 %, kun ikkuna-pinta-ala on suhteellisen pieni, noin 12 % lattia-alasta. Jos ikkunapinta-ala on suuri, esimerkiksi 20 % lattia-alasta, massan vaikutus lämmitysenergiaan on yli 10 %.



2 Pientalon lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutus lattiala- alaa kohti laskettuina eri ohjelmissa, kun lämmityksen asetusarvolämpötila on 21 °C ja jäähdytyksen 25 °C.

3 Massan suhteellinen vaikutus lämmitys- ja jäähdytys- energian kulutukseen, kun ikkunapinta-ala/lattia-ala on 12 – 45 %.

4 Yötuuletuksen vaikutus jäähdytysenergian kulutukseen. Laskelma VIP-ohjelmalla.

huomioon ulkoseinien ja yläpohjien U-arvovaatimuk- sissa. Esimerkiksi vuoden 1976 lämmöneristysmäärä- yksissä (RakMK C3) raskaan ulkoseinän lämmönläpäi- sykertoimen sallittu maksimiarvo oli 0,70 W/Km² ja ke- vyen 0,40 W/Km². Vuoden 1978 määräyksissä vastaa- vat arvot olivat 0,35 ja 0,29 W/Km². Vuodesta 1985 eteenpäin kevyen ja raskaan ulkoseinän U-arvovaati- mus on ollut sama.

1970-luvulla rakennusten massalla pyrittiin pienen- tämään lämmitysenergian kulutusta. 2000-luvulla ra- kennusten lämmöneristystason, erityisesti ikkunoiden, paraneminen, lämmön talteenoton käyttöön otto ja sisäisten lämpöenergioiden kasvu sähkön kulutuksen lii- sääntyessä ovat johtaneet siihen, että nykyajan raken- nuksissa massiivisuudella saatavat edut näkyvät myös viihtyisämpänä sisäilmastona (alemmat kevyen ja ke- sän sisälämpötilat) ja pienempänä jäähdytystarpeena.

Standardi ISO DIS 13 790, Thermal Performance of Buildings – Calculation of Energy Use for Space Heating and Cooling, on Euroopassa paljon käytetty ja mm. rakennusten energiatehokkuusdirektiivissä mainittu kuukausitason laskentamenetelmä. Tämän laskenta- menetelmän keskeinen asia on ns. sisäisten energioiden hyväksikäyttöaste (utilisation factor), joka riippuu mm. rakennuksen lämpökapasiteetista ja joka vaikut- taa siihen, miten paljon sisäiset lämpöenergiat pienen- tävät talvella lämmitysenergian kulutusta ja toisaalta suurentavat kesällä jäähdytysenergiankulutusta. Hy- väksikäyttöaste on tietokonesimulointeihin pohjautuva korrelaatiokerroin, jonka pätevyyttä on joskus epäilty. Utilisation factor-kertoimen oikeellisuus on olennaista laskennan luotettavuuden kannalta.

TUTKIMUS

Rakennusmateriaaliteollisuuden rahoituksella tehdys- sä pohjoismaisessa tutkimuksessa haluttiin selvittää, mikä vaikutus rakennuksen lämpökapasiteetilla on lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukseen ja sisä- lämpötiloihin. Hyvin yksinkertaiseksikin analysointia varten pelkistetyin rakennuksen energiankulutuksen laskenta on melkoinen epätarkkaa. Laskennan lopputu- los riippuu paljon siitä, miten laskija tulkitsee todelli- suuden laskentamalliin ja tietysti myös käytetystä las- kentaohjelmasta. Tästä syystä lämpökapasiteetin vai- kutusta haluttiin tutkia kuudella simulointiohjelmalla (Consolis Energy, Ida Climate and Energy, SciaQPro, Tase, VIP, VTT Talomalli) ja standardin ISO DIS 13 790:n edeltäjään EN 832 perustuvalla, vielä kehittävyvaihees- sa olevalla ohjelmalla maxit energy. Kaikilla ohjelmissa oli käyttäjinä eri henkilöt. Tutkijoita oli mukana Suo- mesta, Ruotsista ja Norjasta sekä yliopistoista, tutki-

muslaitoksista että yrityksistä.

Laskelmia tehtiin nykyiset lämmöneristysmääräykset täyttävälle pientalolle ja asuinkerrostalolle. Kumpikin rakennus kuvattiin pelkistettynä yksi- tai kaksihuone-mallina ja tulokset esitettiin energiankulutuksena lattiapinta-alaa kohti. VTT Talomallilla laskettiin myös todellisen huonejärjestyksen mukainen talo. Rakennusvaihtoehtoja oli hyvin kevyestä rakennuksesta, jossa ei ollut lainkaan massiivisia pintoja, rakennukseen, jossa kaikki pinnat olivat massiivisia. Herkkystarkasteluilla tutkittiin mm. ikkunoiden koon vaikutusta asiaan. Pääosin laskelmat tehtiin käyttäen Helsingin säätiöitä.

Tutkimuksessa haluttiin selvittää seuraavia asioita:

- Mikä on lämpökapasiteetin vaikutus lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukseen ja sisälämpötiloihin
- Onko lämpökapasiteetti sellainen suure, joka tulisi ottaa huomioon rakennuksen suunnitteluvaiheessa
- Onko monissa Euroopan maissa käytössä oleva laskentamenetelmä ISO DIS 13 790 pätevä Suomen olosuhteissa.

LASKENNAN TARKKUUS ON SUHTEELLISTA

Pientalon lämmitysenergian kulutus lattiapinta-alaa kohti on noin 60 – 70 kWh/m²/a ja jäähdytysenergian 4 – 14 kWh/m²/a eri ohjelmilla ja eri ihmisten laskemina (kuva 2). Sekä lämmitys- että jäähdytysenergian absoluuttisen kulutuksen laskentaepävarmuus on noin 10 kWh/m²/a. Jos sisälämpötila halutaan pitää kesälläkin alle arvon 25 °C, jäähdytysenergian kulutus on pientalossa noin 10 % lämmitysenergian kulutuksesta. Asuinkerrostalossa jäähdytysenergian kulutus on huomattavasti suurempi, noin 30 kWh/m²/a, mikä on jo noin puolet vuotuisesta lämmitysenergiasta. Todellisuudessa ei näin suurta jäähdytysenergiaa tarvita tuuletuksen vuoksi, jonka vaikutuksesta on esimerkki kuvassa 4.

Kuvasta 2 voidaan vetää se johtopäätös, että energiatehokkuusvaatimuksen antaminen pelkkänä kulutuksena lattiapinta-alaa kohti voisi johtaa hyvin erilaisiin käytännön ratkaisuihin riippuen siitä kuka energiankulutuksen laskee ja millä ohjelmalla. Toinen johtopäätös on se, että kuukausitason laskentamenetelmä maxit energy antaa simulointiohjelmien kanssa täysin vertailukelpoisia tuloksia lämmitysenergian osalta. ISO DIS 13790:lla on mahdollisuus laskea myös jäähdytysenergian kulutus, mutta tätä ominaisuutta ei ole maxit energy-ohjelmassa.

Vaikka energiankulutuksen absoluuttisen tason laskeminen oikein suunnittelutietojen perusteella on vaikeaa, eri ohjelmilla pystytään luotettavasti ja hyvin samansuuntaisesti arvioimaan eri suunnitteluparametri-

en suhteellinen vaikutus energiankulutukseen. Tällaisia parametreja ovat rakennuksen massan ohella mm. rakennuksen muoto ja ikkunoiden koko, rakenne ja suuntaus.

MASSA PIENENTÄÄ ENERGIANKULUTUSTA

Kun verrataan keveintä (lämpökapasiteetti/lattia-ala 50 kJ/m²K ja aikavakio 17 h) ja raskainta (lämpökapasiteetti/lattia-ala 610 kJ/m²K ja aikavakio 210 h) pientalovaihtoehtoa, massiivisuus pienentää lämmitysenergian kulutusta noin 4 % ja jäähdytysenergiankulutusta noin 40 %, kun ikkuna-pinta-ala on suhteellisen pieni, noin 12 % lattia-alasta. Jos ikkunapinta-ala on suuri, esimerkiksi 20 % lattia-alasta, massan vaikutus lämmitysenergiaan on yli 10 % (kuva 3). Toisaalta jos verrataan käytännössä esiintyviä rakenteita, joissa esimerkiksi pientaloissa on yleensä massiivinen lattia, kevyen ja raskaan rakennuksen energiankulutusten ero on pienempi.

Rakennuksen massan vaikutus tulee parhaiten esille, kun pystytään hyödyntämään vuorokauden sisäisiä lämpötilan ja auringon säteilyn vaihteluita. Kuvassa 4 on esimerkki miten luonnollinen yötuuletus kesäaikana pienentää huomattavasti enemmän massiivisen talon jäähdytysenergian kulutusta kuin kevyen.

ENERGIATEHOKKUUDEN LASKENTA

Tämän tutkimuksen perusteella näyttää siltä, että standardiin ISO DIS 13790 (tai sen edeltäjään EN 832) perustuva laskenta antaa vuotuisen lämmitysenergian kulutuksen tyyppilliselle suomalaiselle asuinrakennukselle hyvinkin luotettavasti. Lämmityksen osalta energiatehokkuuden laskenta simulointimallilla ei tuo lisäarvoa. Standardiin ISO DIS 13790 sisältyvä hyväksikäyttöaste (utilisation factor) on riittävän oikea Suomen ilmastossa ja suomalaisille rakennuksille lukuun ottamatta äärimmäisen keveitä rakennuksia.

Kuvissa 2 ja 3 maxit energy:n jäähdytysenergia on fiktiivinen luku, koska ohjelma ei laske jäähdytysenergiasta.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Massa vaikuttaa sekä lämmitys- että jäähdytysenergian kulutukseen että kevyt- ja kesäajan sisälämpötiloihin. Massan vaikutus riippuu monista tekijöistä, mm. rakennuksen tyyppistä ja muodosta, ikkunoiden koosta ja suuntauksesta, sisälämpötilojen asetusarvoista, paikallisesta säästä ja ympäristön varjostuksista. Siksi sen vaikutusta ei pysty ilmoittamaan yleispätevästi. Parasta olisi, jos massan vaikutus arvioitaisiin aina suunnitteluvaiheessa kullekin tapaukselle ja pyrittäisiin hyödyntämään massan positiivista vaikutusta pienentää lämmitys- ja jääh-

dytysenergian kulutusta ja alentaa kesäajan sisälämpötiloja. Lämmitysenergian kulutuksen laskennassa standardi ISO DIS 13790 antaa luotettavia tuloksia, koska sen hyväksikäyttöaste (utilisation factor) on oikea lukuun ottamatta hyvin kevyitä rakenteita.

LÄHTEET

- T. Kalema, P. Pylsy, P. Hagengran, G. Jóhannesson, M. Airaksinen, T. H. Dokka, M. Öberg, M. Pöysti, K. Rapp & J. Keski-Opas, Nordic Thermal Mass – Effect on Energy and Indoor Climate, Tampere University of Technology, Institute of Energy and Process Engineering. Report 184. Tampere 2006. 105 pp.
- Thermal Performance of Buildings – Calculation of Energy Use for Space Heating and Cooling. ISO/DIS 13790. ISO TC 163/SC 2. 15.2.2005.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/ /EY Rakennusten energiatehokkuudesta. Bryssel 2002. 23 s.

INFLUENCE OF BUILDING MASS ON ENERGY EFFICIENCY

The building material industry funded a Nordic research project to establish the influence that the thermal capacity of the building has on the consumption of heating energy and cooling energy, as well as on indoor temperatures. The calculation of energy consumption is relatively inaccurate, even for quite straightforward buildings. The result of the calculation is to a large extent dependent on how the actual conditions are interpreted into the calculation model, and naturally also on the calculation program used. For this reason, the influence of the thermal capacity was studied using six simulation programs (Consolis Energy, Ida Climate and Energy, SciaQPro, Tase, VIP, VTT Talomalli) and the "maxit energy" program, still under development, which is based on EN 832, the predecessor of the ISO DIS 13 790 standard. The project was implemented by researchers from Finnish, Swedish and Norwegian universities, research institutes and from the business sector.

The building mass influences both the consumption of heating energy and cooling energy, and the indoor temperatures in the spring and summer months. The influence of the building mass is dependent on many factors, such as the type and shape of the building, the size and orientation of the windows, the set values of indoor temperature, local weather and sources of shade near the building. Thus, it is impossible to give a universally valid indication of its influence. In the ideal situation the influence of the building mass should be evaluated separately in each case at the design stage, in order to take advantage of the positive influence of the mass so as to reduce the consumption of heating energy and cooling energy and to lower indoor temperatures in summer months. ISO DIS 13790 produces quite reliable results in the calculation of heating energy consumption, as its utilisation factor is correct except for extremely light structures.